

**EVALUACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)
PROCEDENTES DE LA ADOPCIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE FORMACIÓN
VIRTUAL PARA LA APROPIACIÓN PEDAGÓGICA DE LAS TIC DE
COMPUTADORES PARA EDUCAR**

MARÍA FERNANDA ASTAÍZA ORTÍZ

Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES**

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

BOGOTÁ

2012

**EVALUACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)
PROCEDENTES DE LA ADOPCIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE FORMACIÓN
VIRTUAL PARA LA APROPIACIÓN PEDAGÓGICA DE LAS TIC DE
COMPUTADORES PARA EDUCAR**

MARÍA FERNANDA ASTAÍZA ORTÍZ

Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones

Trabajo de Grado para Optar al Título de Magíster en Gestión Ambiental

**Director
ÁNGEL EDUARDO CAMACHO L.
Ingeniero Electricista**

Candidato a Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES
MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

BOGOTÁ

2012

Nota de aceptación

Firma Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá D.C, Noviembre de 2012.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi gratitud a todas las personas que me apoyaron de una u otra forma en la realización del presente estudio. Un agradecimiento especial para:

Ángel Eduardo Camacho por su valiosa experiencia y conocimientos, fue una guía idónea para la culminación de este estudio.

La Pontificia Universidad Javeriana por brindarme la oportunidad de crecer como persona y profundizar mis conocimientos como profesional.

Martha P. Castellanos, Andrés Muñoz, Ismael Jiménez, Eder Pedraza y Magdalena Fandiño del Programa Computadores para Educar, Luis Fernando Lozano y Sandra Escallón del Programa Compartel por suministrarme la información necesaria para realizar el presente estudio y resolver algunas inquietudes.

Fabio Toquica Montaña del Departamento para la Prosperidad Social (DPS), Ricardo Castañeda de Movistar Colombia y José Pacheco del CIIA (Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental) de la Universidad de los Andes por su buena voluntad para resolver mis inquietudes.

Mis padres, mi esposo y mi hijo, por su apoyo y amor incondicional para alcanzar esta meta.

CONTENIDO

	pág.
1. ANTECEDENTES.....	19
2. JUSTIFICACIÓN.....	22
3. OBJETIVOS.....	25
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	25
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
4. MARCO REFERENCIAL.....	26
4.1 MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL.....	26
4.1.1 Cambio Climatico.....	26
4.1.2 Las TIC y la sostenibilidad.....	28
4.1.3 Elementos y Efectos Potenciales por la Adopción de Soluciones TIC que Sustituyen Sistemas BAU.....	32
4.1.3.1 Sistemas.....	33
4.1.3.2 Efectos potenciales.....	34
4.1.3.3 Elementos de un TNS.....	36
4.1.3.4 Etapas del ciclo de vida de un TNS.....	37
4.1.4 Métodos para Calcular Emisiones de GEI de un TNS.....	40
4.2 MARCO POLÍTICO.....	43
4.2.1 Las TIC y el Cambio Climático en Colombia.....	43
5. EVALUACIÓN DE EMISIONES DE GEI POR LA IMPLMENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN TIC QUE SUSTITUYE ACTIVIDADES DE TRANSPORTE.....	45
5.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA NACIONAL DE FORMACIÓN Y ACCESO PARA LA APROPIACIÓN PEDAGÓGICA DE LAS TIC DE CPE.....	45
5.2 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO DE CASO.....	47
5.2.1 Escenario de Formación Presencial.....	48
5.2.2 Escenario de Formación Virtual.....	48

5.3 METODOLOGÍAS PARA EVALUAR EMISIONES DE GEI POR LA IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES DE TIC QUE SUSTITUYEN ACTIVIDADES DE TRANSPORTE.....	49
5.4 MARCO METODOLOGICO PARA EVALUAR LAS EMISIONES DE GEI DEL ESTUDIO DE CASO.....	50
5.4.1 Paso 1: Definición del Objetivo y Alcance del Estudio.....	51
5.4.1.1 Paso 1a: Definición del objetivo del estudio.....	51
5.4.1.2 Paso 1b: Definición del Alcance del Estudio.....	52
5.4.2 Paso 2: Cálculo de Emisiones del Sistema BAU y TIC.....	52
5.4.2.1 Paso 2a: Cálculo de Emisiones del Sistema BAU	52
5.4.2.2 Paso 2b: Cálculo de Emisiones del Sistema TIC	53
5.4.3 Paso 3: Evaluación e Interpretación de Resultados.....	57
5.4.3.1 Paso 3a: Efecto Habilitante Neto	57
5.4.3.2 Paso 3b. Interpretación de Resultados	57
5.5 APLICACIÓN DEL MARCO METODOLÓGICO PARA EVALUAR LAS EMISIONES DE GEI DEL ESTUDIO DE CASO.....	58
5.5.1 Paso 1: Definición del Objetivo y Alcance del Estudio.....	58
5.5.1.1 Paso 1a: Definición del Objetivo del Estudio.....	58
5.5.1.2 Paso 1b. Definición del Alcance del Estudio.....	59
5.5.2 Paso 2: Cálculo de Emisiones del Sistema BAU y TIC.....	62
5.5.2.1 Paso 2a: Cálculo de Emisiones del Sistema BAU	62
5.5.2.2 Paso 2b: Cálculo de Emisiones del Sistema TIC	67
5.5.3 Paso 3: Evaluación e Interpretación de Resultados.....	85
5.5.3.1 Paso 3a. Efecto Habilitante Neto	85
5.5.3.2 Paso 3b. Interpretación de Resultados	87
6. CONCLUSIONES	90
7. RECOMENDACIONES.....	94
BIBLIOGRAFÍA.....	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principales tipos de emisiones que se reportan bajo cada alcance	28
Figura 2. Modelo esquemático para la evaluación ambiental de Equipos, redes y servicios de las TIC.....	32
Figura 3. Comparación entre un sistema BAU y TIC	33
Figura 4. Elementos de un servicio de telecomunicaciones	36
Figura 5. Etapas del ciclo de vida de un TNS	38
Figura 6. Sedes educativas beneficiadas por Compartel y CPE.....	46
Figura 7. Resumen del marco metodológico cuantitativo del estudio de caso.....	51
Figura 8. Cálculo del efecto habilitante neto	57
Figura 9. Red de Acceso satelital en sedes educativas Fase I Compartel	70
Figura 10. Sistema de Acceso Satelital VSAT Surfbeam.....	76
Figura 11. Interconexión a internet y al NAP Colombia	77

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de efectos potenciales por la introducción de TIC.....	34
Tabla 2. Relación entre efectos habilitantes primarios y secundarios.....	35
Tabla 3. Definición de los elementos de un TNS	37
Tabla 4. Elementos de un TNS, considerados en la evaluación de emisiones de GEI.....	39
Tabla 5. Distribución por Región de la cantidad sedes beneficiadas por la Estrategia de CPE	47
Tabla 6. Sistema BAU, sistema TIC y sus componentes para el estudio de caso .	59
Tabla 7. Efectos potenciales de la implementación del servicio de videoconferencia	60
Tabla 8. Total Distancias Intermunicipales (incluye todos los viajes de ida/regreso)	65
Tabla 9. Emisiones del transporte en bus público durante la formación presencial	66
Tabla 10. Resumen de emisiones del servicio de videoconferencia, según el tipo de elemento del servicio	84

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Distribución porcentual del tipo de transporte utilizado en la formación presencial	65
Gráfica 2. Distribución por Región de emisiones del transporte en bus público – Formación presencial.....	67
Gráfica 3. Resumen de indicadores de categoría de impacto ambiental para un equipo TIC	74
Gráfica 4. Distribución de emisiones según elementos y etapas del ciclo de vida del servicio de videoconferencia	85
Gráfica 5. Impacto estimado por la implementación del servicio de videoconferencia.....	86

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Cálculo de emisiones del Sistema BAU (Archivo de Excel, incluido en CD)	100
ANEXO B. Ecuaciones para calcular de No. de viajes/trayecto recorridos por gestores durante la Estrategia de CPE	100
ANEXO C. Cálculo de emisiones del Transporte en Bus público (Archivo de Excel incluido en CD)	103
ANEXO D. Cálculo del factor de emisiones de CO ₂ e por KWhr de electricidad para Colombia, según inventario de emisiones del 2007 de la EIA	103
ANEXO E. Cálculo de emisiones de los equipos del dominio del cliente en la etapa de uso e incorporada – Proyección de módems satelitales remotos, switches, servidores	104
ANEXO F. Características de Hardware para estimación LCA usando el método de Relación de etapa LCA.	105
ANEXO G. Cálculo de emisiones del módem satelital remoto durante la etapa incorporada	106
ANEXO H. Cálculo de emisiones del traslado de equipos del dominio del cliente desde las fábricas hasta el puerto de Buenaventura	108
ANEXO I. Cálculo de emisiones del cable UTP usado en el dominio del cliente.	110
ANEXO J. Cálculo de emisiones de los equipos de la plataforma de servicios en la etapa de uso e incorporada – Proyección del Sistema de Acceso Satelital VSAT Surfbeam y equipos de red Core para la Interconexión a internet y al NAP Colombia.....	112
ANEXO K. Ecuaciones para calcular No. de viajes/trayecto recorridos durante actividades de soporte	115
ANEXO L. Cálculo de emisiones de actividades de soporte para el servicio de videoconferencia.....	117

LISTA DE SIGLAS

BAU: *Bussiness as usual*- Sistema usual de negocio

BT: *British Telecom*

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

CPE: Computadores para Educar

CO₂e: Dióxido de carbono equivalente

CH₄: Metano

Ce: Porcentaje de emisiones de GEI en la etapa incorporada del equipo

Cu: Porcentaje de emisiones de GEI en la etapa de uso del equipo

DECC: *Deparment of Energy and Climate Change* - Departamento de Energía y Cambio Climático

DEFRA: *Department for Environment, Food and Rural Affairs* - Departamento de Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales

ECDBC: Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono

EIA: *Energy Information Administration* -Administración de Información de Energía

ETSI: *European Telecommunications Standards Institute* - Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo

GEI: Gases de Efecto Invernadero

GeSI: *Global eSustainability Initiative*

GWP: *Global Warming Potential* - Potencial de Calentamiento Global

ICP: Instituto Colombiano del Petróleo

IGAC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi

INVÍAS: Instituto Nacional de Vías

IPCC: *Intergovernmental Panel on Climate Change* - Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

IEA: *International Energy Agency* - Agencia de Energía Internacional

ITS: *Intelligent Transport Systems* - Sistemas de Transporte Inteligente

ITU: *International Telecommunication Union* – Unión Internacional de Telecomunicaciones

KWh: Kilo vatio hora

LCA: *Life-Cycle Assessment* – Evaluación del ciclo de vida

Mbps: Mega bits por segundo

MPLS: *Multiprotcol Label Switching* – Conmutación de etiquetas Multiprotocolo

N₂O: Óxido Nitroso

PDDAB: Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá

PUE: *Power Usage Effectiveness* - Eficiencia en el Uso de Energía

SDH: *Synchronous Digital Hierarchy* - Jerarquía Digital Síncrona

TIC: Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

TNS: *Telecommunications Network Services* - Servicios de Redes de Telecomunicaciones

UPS: *Uninterruptible Power Supply* - Equipo de suministro de energía ininterrumpida

UTP: *Unshielded Twisted Pair* – Par trenzado sin blindaje

VSAT: *Very Small Aperture Terminal* - Terminal de Apertura Muy pequeña

WLAN: *Wireless Local Area Network* – Red de Área Local Inalámbrica

WRI: *World Resources Institute* - Instituto de Recursos del Mundo

WBCSD: *World Business Council for Sustainable Development* - Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible

RESUMEN

Título: EVALUACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) PROCEDENTES DE LA ADOPCIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE FORMACIÓN VIRTUAL PARA LA APROPIACIÓN PEDAGÓGICA DE LAS TIC DE COMPUTADORES PARA EDUCAR

María Fernanda Astaíza O.**

Palabras clave: formación presencial, videoconferencia, efecto habilitante, efecto rebote, sostenibilidad.

CONTENIDO

El presente documento toma como estudio de caso la Estrategia Nacional de Formación y Acceso para la Apropiación Pedagógica de las TIC del Programa Computadores para Educar con el objetivo de determinar si la formación virtual a través de la implementación de un Servicio de Redes de Telecomunicaciones como la videoconferencia efectivamente implica la reducción de emisiones en actividades que pueden sustituir, como el transporte de gestores requerido para realizar la formación presencial en TIC a docentes en sedes educativas públicas del país. Estos gestores se desplazan desde las ciudades capitales donde residen hasta las sedes de penetración, beneficiadas por primera vez por el Programa, con computadores y formación pedagógica en el uso de las TIC. Estas sedes se encuentran en 714 municipios, distribuidas en todos los departamentos del país (incluido el Distrito Capital) y se estima que el 90% de estas sedes están ubicadas en zona rural de difícil acceso y el resto en zona urbana. Este estudio cuantifica las emisiones de la formación presencial y virtual haciendo uso de la herramienta de GHG Protocol para combustión móvil y la Guía para Evaluar las Emisiones de GEI de Servicios de Redes de Telecomunicaciones de GHG Protocol respectivamente. Estas dos metodologías se articulan a través de un marco metodológico cuantitativo, que se construye a partir de la adaptación de la

Metodología Habilitante de las TIC de Global eSustainability Initiative (GeSI), para comparar las emisiones de los dos escenarios y obtener los resultados finales. Estos resultados permiten constatar que efectivamente la aplicación TIC de videoconferencia se constituye en un mecanismo de gestión ambiental para la reducción de emisiones, que contribuye con la mitigación del cambio climático, ocasionado por actividades antropogénicas.

** Estudiante de Maestría en Gestión Ambiental. Pontificia Universidad Javeriana. Director, Ángel Eduardo Camacho L.

INTRODUCCIÓN

Los impactos del cambio climático causado por la actividad humana son evidentes en el ámbito mundial y algunos de los efectos se acentuarán en el futuro debido a las concentraciones de GEI que ya se encuentran depositadas en la atmósfera y son emitidas por los diferentes sectores de la economía.

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) estimó que los GEI en todo el planeta se han incrementado en más del 70% desde 1970, afectando la cantidad y ritmo del cambio climático, cuyos efectos sobre el ambiente son una severa escasez de agua, fuertes precipitaciones, inundaciones, sequías, desertificación, erosión del suelo, ciclones tropicales (huracanes y tifones), riesgo de extinción de hábitats y especies.

También se tienen efectos sobre la salud humana como distribución de vectores de enfermedades como la malaria y el dengue, enfermedades respiratorias y pulmonares, enfermedades del estómago y el intestino, intoxicación alimentaria por salmonella y otras bacterias que crecen rápidamente en ambientes cálidos. Así mismo puede presentarse un impacto en la salud mental, como la depresión y el trastorno por estrés postraumático.

Esta amenaza potencial, ha traído como consecuencia pérdidas económicas y de competitividad, así como un incremento en la vulnerabilidad de los países y una baja capacidad de respuesta frente a fenómenos climáticos extremos. Para enfrentar esta situación, se requiere de una respuesta global que involucre políticas estatales innovadoras de reducción de emisiones de GEI¹, incentivos para los diferentes sectores económicos, así como la participación activa de todos los actores involucrados, que conlleve a una sociedad con niveles bajos de emisiones.

¹ Debido a que en la literatura de cambio climático se utilizan diferentes términos para referirse a las emisiones de GEI como emisiones, emisiones de carbono, emisiones de CO₂e (son las emisiones de GEI calculadas en CO₂e). Para efectos de unificación de términos utilizados en este documento, se empleará el término emisiones o emisiones de GEI.

A pesar de que Colombia aprobó el Protocolo de Kioto², mediante la Ley 629 de 2000, no cuenta con compromisos de reducción de emisiones en este periodo, sin embargo el país le ha dado gran relevancia al problema del cambio climático, pues reconoce que el Protocolo fortalece los lazos de cooperación e integración con la comunidad internacional y contribuye con un crecimiento económico sostenible. Por otra parte, el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 contempla la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC) que impulsa el desarrollo económico carbono-eficiente, para reducir el crecimiento de emisiones por sector, sin afectar el desarrollo económico.

Según el inventario de emisiones de GEI de Estados Unidos elaborado en abril de 2011 por la Administración de Información de Energía (EIA), los seis sectores que producen las mayores emisiones son en su orden, el sector de energía eléctrica, transporte, industria, agricultura, comercio y residencial. Con respecto a Colombia, en junio de 2010, a través de la Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), se reportó que las emisiones del sector transporte representan el 12,1% dentro del total de gases de sectores como agricultura, energía, uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura, residuos sólidos y procesos industriales.

En relación con el sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC³), es un sector transversal a los anteriores y ofrece soluciones TIC, como redes de infraestructura, servicios y equipos, que ofrecen fabricantes, operadores y proveedores. Estas soluciones presentan un doble carácter, por un lado tienen efectos positivos llamados efectos habilitantes, que reducen emisiones en los sistemas BAU que pueden sustituir. Por otro lado, generan emisiones debido a su implementación y uso.

Para el año 2020 se espera que se generen alrededor de 51,9 GtCO₂e⁴ a nivel mundial y el sector de las TIC aporte solo el 3%. Sin embargo, si se incorporan las TIC en los distintos sectores económicos, es viable conseguir ahorros de

² Protocolo de Kioto exige a los países industrializados, reducir sus emisiones en un 5% con respecto a los niveles de 1990 en el transcurso del 2008-2012.

³ Las Tecnologías de la Información definidas como las industrias combinadas de hardware para máquinas de oficina, equipos de procesamiento y comunicaciones de datos, software y servicios. Por su parte las comunicaciones definidas como equipos y servicios, capturan, transmiten y muestran electrónicamente datos e información.

⁴ Corresponde a 51,9 millones de toneladas de CO₂e, la cual es una unidad de medida universal que permite comparar el potencial de calentamiento atmosférico (GWP) de distintos GEI.

emisiones de 7,8 GtCO₂e, lo que representaría el 15% de las emisiones que se predicen para el 2020⁵. En términos económicos, teniendo en cuenta las conversiones de divisas a dólares de Junio de 2008, la eficiencia energética proporcionada por las TIC representa un ahorro económico de 600.000 millones de euros (946.500 millones de dólares) aproximadamente.⁶

Una de las mejoras potenciales de eficiencia de energía se puede conseguir a través de la desmaterialización o el remplazo de productos y actividades que demandan grandes cantidades de emisiones por equivalentes virtuales. Con respecto al remplazo de actividades, se tiene la sustitución de desplazamientos y viajes innecesarios de personas por soluciones como el teletrabajo, la videoconferencia o la telepresencia. Estas dos últimas, permiten que grupos de personas ubicadas en diferentes lugares se reúnan de manera virtual, sin necesidad de realizar viajes. Este tipo de soluciones podrían sustituir entre el 5% y el 20%⁷ de los viajes por negocios.

Desde el ámbito de la gestión ambiental⁸, para que los diferentes sectores del país adopten estas soluciones TIC como mecanismos de reducción de emisiones, es necesario contar con estudios de caso que así lo demuestren, y formular y poner en marcha políticas públicas claras que promuevan la implementación de las TIC, bajo una perspectiva social, económica y ambiental.

Es por eso que este trabajo, presenta la evaluación de emisiones de GEI procedentes de la adopción de una estrategia de formación virtual en TIC a docentes de sedes educativas públicas, sustituyendo el acompañamiento presencial de gestores-formadores de la Estrategia Nacional de Formación y Acceso para la Apropriación Pedagógica de las TIC de Computadores para Educar.

En este orden de ideas, este documento está dividido en seis capítulos para brindar una clara y detallada ilustración del presente trabajo de investigación. En el

⁵ Global Sustainability Initiative (GeSI). Informe Smart 2020: Hacia una economía con niveles bajos de emisiones de carbono en la era de la información. Pag 9. (2008). Recuperado el 15 de Abril de 2012), de <http://www.gesi.org/LinkClick.aspx?fileticket=UOP60Y21eXE%3D&tabid=60>

⁶ Ibíd p.9

⁷ Ibíd p.31

⁸La gestión ambiental busca equilibrar los aspectos relacionados con los recursos naturales y la contaminación ambiental con los demás elementos del desarrollo sostenible, como el manejo de los componentes social y cultural y el desarrollo económico.

primer capítulo, Antecedentes, se presentan algunos casos de éxito de multinacionales que reducen sus emisiones con la adopción de soluciones basadas en TIC. También se presentan algunas de las metodologías utilizadas mundialmente para evaluar las emisiones de equipos, redes y servicios de TIC. En el segundo capítulo, Justificación, se describe el problema y se plantea la pregunta de investigación. El capítulo tercero presenta el objetivo general y objetivos específicos. El capítulo cuarto corresponde al Marco Referencial que es una presentación sucinta pero robusta de la base conceptual sobre la que se soporta el desarrollo de este trabajo, incluye el Marco Teórico-Conceptual y el Marco Político.

Posteriormente en el capítulo quinto, se incluye la descripción del estudio de caso, así como la descripción de las principales ventajas y desventajas, características más importantes y comunes de las metodologías más utilizadas para la evaluación de emisiones procedentes de la implementación de soluciones de TIC que sustituyen actividades de transporte.

Teniendo en cuenta este análisis y las características del estudio de caso, se construye un marco metodológico cuantitativo que se articula con otras metodologías que cuantifican las emisiones del sistema TIC y sistema BAU. Este marco metodológico se desarrolla en tres pasos: definición del objetivo y alcance del estudio, cálculo de emisiones del sistema BAU y sistema TIC (aplicación de la Evaluación del Ciclo de Vida - LCA) y evaluación e interpretación de resultados.

Finalmente, el capítulo sexto, Conclusiones y Recomendaciones, corresponde a los aportes del autor, de acuerdo con los resultados obtenidos en la aplicación y articulación de las metodologías utilizadas. También se presentan las principales limitaciones y supuestos que se consideraron en el desarrollo del marco metodológico cuantitativo y en el análisis de incertidumbre para determinar si el grado de incertidumbre implica cambios en los resultados de la evaluación, principalmente el porcentaje de reducción de emisiones, obtenido con la cuantificación de emisiones del sistema TIC y BAU.

1. ANTECEDENTES

El compromiso de gestionar los impactos ambientales procedentes de las actividades económicas que realizan distintas multinacionales, ha conllevado a que estas organizaciones realicen esfuerzos por calcular sus emisiones de GEI y aprovechen el gran potencial que tienen las TIC para incrementar su eficiencia energética y reducir sus emisiones. A pesar de este potencial, no es suficiente con la implementación de las TIC, es necesario cuantificar con precisión las emisiones que producen. Para ello aquellas organizaciones que han evaluado este aspecto, han utilizado diferentes metodologías y herramientas que en algunos casos han sido diseñadas por ellas mismas o por expertos en la materia.

Una de estas organizaciones es la multinacional AT&T, que tiene una de las redes de *backbone*⁹ más avanzadas y robustas del mundo, integra acceso de banda ancha con la tecnología de redes IP (Protocolo de Internet), soporta gestión de red sofisticada y seguridad cibernética para ofrecer una amplia gama de servicios.

AT&T realiza estudios a través de su propia situación y negocios, ayudando a sus clientes a entender cómo actividades de alto impacto ambiental, se pueden remplazar por alternativas más rentables de bajo carbono como las soluciones TIC. Es así como AT&T desarrolló con la firma de investigación Omenti Research, un modelo que calcula las emisiones del transporte terrestre y aéreo de un asistente a una reunión y las emisiones de una solución de telepresencia, constituida por la red y el hardware en las salas de conferencias. La diferencia de estas emisiones representa las reducciones obtenidas con este tipo de solución.

Si se supone un crecimiento de 525 salas con servicio de Telepresencia de AT&T durante un año, y cada sala se utiliza durante 8 reuniones por mes con un promedio de 2 horas por sesión, con 1,4 viajes evitados por reunión y un promedio de 1.759 Km de vuelo en un solo trayecto, es posible evitar que alrededor de 2.500 toneladas métricas de CO₂e se depositen a la atmósfera durante un año¹⁰.

⁹ Una red de backbone o core conecta líneas de transmisión de datos de alta velocidad, para transportar datos desde/hacia múltiples redes de área local (LAN) y redes de acceso, a largas distancias, conformando una red de área amplia (WAN) como Internet.

¹⁰ AT&T. Networking for Sustainability: The Network offset Effect. [En línea]. 2010. [Citado 17-Abril-2.012]. Disponible en internet: http://www.business.att.com/content/whitepaper/WP-netSust_pdf.pdf

Otro estudio de caso registrado por GeSI, es la implementación de un sistema de telepresencia de CISCO, implementado en 360 salas de 150 ciudades en más de 40 países durante el 2009. Los resultados demostraron que dos viajes aéreos que generan 1.000 Kg CO₂e/hr pueden ser reemplazados por 18,6 Kg CO₂e/hr procedentes de una sesión de telepresencia. Es decir que se presenta una reducción de emisiones del 98%¹¹.

AT&T utilizó su propio modelo para evaluar sus emisiones, por el contrario, Cisco así como otras compañías reconocidas en el mundo, como Ericsson, British Telecom (BT), Carbon Disclosure Project han utilizado la Metodología Habilitante de las TIC de GeSI, que identifica y cuantifica el impacto ambiental por la adopción de un producto o servicio de TIC, incluyendo los efectos habilitantes de las TIC.

Además del trabajo de GeSI, existen otras organizaciones de estandarización reconocidas, como el Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo (ETSI) que publicó a finales de 2011, la Metodología General y Requerimientos comunes para la Evaluación del Ciclo de Vida de Equipos, Redes y Servicios TIC. Por su parte, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) publicó en mayo de 2012, la Recomendación L.1410, Metodología para Evaluar el Impacto Ambiental de Bienes, Redes y Servicios de TIC.

También existe el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol), que es una herramienta internacional ampliamente usada para que gobiernos y empresas entiendan, cuantifiquen y controlen sus emisiones de GEI. En marzo de 2012, GHG Protocol en asociación con el Instituto de Recursos del Mundo (WRI), el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD), GeSI y Carbon Trust publicaron el Estándar de Cuantificación y Reporte del Ciclo de Vida de un Producto de GHG Protocol – Guía del sector TIC.

En relación con estudios que calculan emisiones de fuentes vehiculares en Colombia, se tiene como proyecto MDL ante la CMNUCC, la implementación del Sistema Integrado de Transporte Público en Bogotá, Transmilenio S.A, etapas II – IV, basado en un sistema de BRT (Tránsito Rápido de Bus). Este proyecto utiliza la Metodología de línea base para proyectos BRT, AM0031 Versión 3.1.0, para

¹¹ GeSI. Evaluating the carbon- reducing impacts of ICT: an assessment methodology. [En línea]. 2.010. [Citado 20-Abril-2.012]. Disponible en internet: <http://www.gesi.org/ReportsPublications/AssessmentMethodology.aspx>

obtener las reducciones de emisiones cuando se reemplaza la situación sin proyecto por los viajes de pasajeros a través de este sistema de transporte. Por su parte, la Secretaria Distrital de Ambiente formula en el 2011 el Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá (PDDAB), que se desarrolló con la Empresa de Transporte Tercer Milenio Transmilenio S. A. y la Universidad de los Andes, con el objetivo de establecer un programa integral de descontaminación del aire que permita en la zona urbana del Distrito Capital, el cumplimiento de la política nacional de calidad del aire, establecida por el MADS. Por su parte el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP) realizó investigaciones en el 2003 para generar factores de emisión para el sector automotor a nivel nacional.

En Latinoamérica, diferentes empresas del sector productivo calculan su huella de carbono¹² e implementan mecanismos para reducir sus emisiones y compensar las emitidas. En Colombia, el Departamento para la Prosperidad Social (DPS), perteneciente al sector público, calcula las emisiones de CO₂ procedentes del transporte, alimentación, consumo de papel, energía y estimación de los residuos generados durante los Acuerdos para la Prosperidad¹³. Para compensar estas emisiones, el DPS se compromete a la siembra de árboles forestales.

A pesar de estos esfuerzos por cuantificar y reducir emisiones e implementar mecanismos de compensación, hasta el momento en Latinoamérica, ninguna entidad pública o privada, ni la academia registran estudios de casos que cuantifiquen el impacto ambiental por introducir soluciones de TIC en sus actividades con el fin de reducir sus emisiones de GEI.

¹² La huella de carbono corresponde a la cantidad de GEI emitidos a la atmósfera cada año por una persona, casa, edificio, empresa organización, u otra entidad.

¹³ Los APP son ejercicios de diálogo que se enmarcan en un sector específico, a través de la participación abierta e igualitaria del Presidente de la República, ciudadanos, organizaciones civiles, funcionarios de las entidades de orden Nacional y Regional encargadas del sector a abordar para construir una agenda común, que facilite soluciones creativas a los problemas y plantear acciones para dinamizar el sector y la región.

2. JUSTIFICACIÓN

Hoy en día, los sectores económicos deben adaptarse a un mundo que le da cada vez más relevancia al problema del cambio climático. Es por ello, que estos sectores deben ser más competitivos y desarrollar modelos de gestión ambiental para cuantificar y reducir sus emisiones.

“El sector de las TIC tiene una gran oportunidad y un papel crucial, junto con otros sectores, en el diseño y el desarrollo de soluciones necesarias para crear una sociedad con niveles bajos de emisiones de carbono”¹⁴, convirtiéndose en una ficha clave para apoyar a diferentes sectores en la reducción de sus emisiones, gracias a la disminución de la carga ambiental por el uso y aplicación de las TIC, como la optimización del transporte a través de Sistemas de Transporte Inteligente (ITS), el consumo de bienes virtuales como el correo electrónico, libros, revistas y periódicos en línea, movilidad virtual como teletrabajo, reuniones virtuales, televentas, uso de sistemas inteligentes de control ambiental, uso de gobierno y comercio en línea, entre otros.

A pesar de que estas contribuciones hacen que las TIC sean parte de la solución a la mitigación del cambio climático, gracias a que contribuyen con la reducción de emisiones, no se debe olvidar por otro lado, que hacen parte del problema, pues generan impactos negativos especialmente durante todo el ciclo de vida del hardware necesario para el soporte de las soluciones TIC.

En Colombia, el Ministerio TIC promueve el uso y apropiación de las TIC, e impulsa el desarrollo y fortalecimiento del sector, con el fin de contribuir al desarrollo económico, social y político de la Nación, sin dejar de lado su compromiso con el cuidado del ambiente. Es por eso, que a través de Computadores para Educar, se impulsa la estrategia de reacondicionamiento de computadores obsoletos recibidos en donación, para dejarlos en óptimas condiciones y ser aprovechados en actividades educativas en escuelas públicas del país. Cuando estos equipos cumplen su vida útil, se demanufacturan manualmente para la recuperación de materias primas, como termoplásticos, vidrios y metales, que se comercializan en la industria del reciclaje. Con esta estrategia se evita aumentar el consumo

¹⁴ Neves, L. (2008). Smart 2020: Hacia la Economía con niveles bajos de carbon en la era de la información. Recuperado el 25 de Abril de 2012, de <http://www.gesi.org/LinkClick.aspx?fileticket=UOP60Y21eXE%3D&tabid=60>

energético y generación de residuos durante las etapas del ciclo de vida de nuevos equipos.

Con estas estrategias, el Ministerio TIC contribuye a minimizar los impactos negativos generados por las TIC al ambiente. Y por otro lado, maximiza los impactos positivos, al promover la implementación y uso de soluciones TIC como estrategia de reducción de emisiones, como lo expuso el Ministro de las TIC durante su intervención en side event “Contribución de las TIC a la preservación de ambiente: las TIC como parte de la solución”, en la COP10 del Convenio de Basilea, realizado en Cartagena en octubre del 2011.

También es importante resaltar que desde el gobierno anterior, el Ministerio TIC ha tenido la preocupación de optimizar la gestión del recurso de FONTIC, debido a que programas como Computadores para Educar, requieren de un alto presupuesto para ejecutar las formaciones presenciales en apropiación en TIC en todo el territorio nacional. Es por eso que el Ministerio desea promover la virtualidad de las formaciones a través de la infraestructura de acceso a población remota ofrecida por el Plan Vive Digital, que permite ahorrar recursos y superar la dificultad de acceso a áreas rurales.

Para garantizar la reducción de emisiones, no solo es necesario introducir políticas que promuevan la implementación de soluciones de TIC, sino contar con estudios en el ámbito local que cuantifiquen los impactos positivos y negativos que estas soluciones producen en el ambiente. Es por esto, que el presente documento toma como estudio de caso, la implementación de la Estrategia Nacional de Formación y Acceso para la Apropiación Pedagógica de las TIC de CPE (en adelante la Estrategia de CPE), en las 8.035 sedes que no han sido beneficiadas por el Programa (fase de penetración), y que se esperan beneficiar durante el 2012 y 2013. Estas sedes se encuentran distribuidas en 714 municipios, ubicados en todos los departamentos del país (incluido el Distrito Capital) y se estima que el 90% de estas sedes están ubicadas en zonas rurales de difícil acceso.

La Estrategia de CPE, contempla además de la entrega de los computadores, las actividades de acompañamiento educativo a docentes para la apropiación de las TIC, que requieren traslados masivos de gestores a cada una de las sedes beneficiarias en varios momentos y periodos de tiempo.

La planeación de la Estrategia de CPE estimó que para el 2012 se requieren 1.120 gestores y para el 2013, 1.440 gestores, quienes deben desplazarse desde las grandes ciudades donde residen hasta los pequeños municipios y sus veredas beneficiados por la Estrategia. Esta situación además de generar altos costos por viáticos, transporte aéreo, terrestre y fluvial (lancha), también genera impactos negativos al ambiente, ya que los vehículos requieren de combustible como la gasolina y el diesel, que al quemarse producen emisiones a la atmósfera. Sin embargo, ¿cómo se cuantifican estas emisiones y puede un servicio TIC como la videoconferencia reducir las emisiones generadas por la estrategia de formación presencial?

Lo anterior, pone de manifiesto la importancia y la justificación de este trabajo de grado, como una cuantificación y comparación de las emisiones procedentes del transporte de gestores durante la formación presencial, y la implementación del servicio de videoconferencia durante la formación virtual, en las sedes de penetración beneficiadas por la Estrategia de CPE, con el fin de determinar si esta solución TIC representa un mecanismo de gestión ambiental para la reducción de emisiones, que contribuye con la mitigación del cambio climático, ocasionado por actividades antropogénicas.

Debido a que estudios de casos de esta naturaleza no se registran en Latinoamérica, se resalta la contribución de este trabajo como una guía para todos aquellos sectores interesados en reportar sus emisiones e implementar soluciones TIC para reducirlas. De igual forma este trabajo es un aporte para la línea base de emisiones y las alternativas de desarrollo bajo en carbono requeridas por la Estrategia ECDBC.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Cuantificar las emisiones de GEI procedentes del transporte de gestores a las sedes educativas de penetración de la Estrategia Nacional de Formación y Acceso para la Apropiación Pedagógica de las TIC de Computadores para Educar (2012-2013) y compararlas con las emisiones de GEI procedentes de la implementación del servicio de videoconferencia en estas sedes, para determinar si esta solución TIC, efectivamente implica reducciones de emisiones y la magnitud que representa.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Revisión bibliográfica de metodologías existentes de evaluación de emisiones de GEI procedentes de la implementación de soluciones de TIC que sustituyen actividades de transporte.
2. Utilizar herramientas o metodologías para calcular emisiones de GEI por el transporte de pasajeros y por la implementación de un servicio de TIC, de acuerdo con las características del estudio de caso.
3. Adoptar un marco metodológico cuantitativo para comparar las emisiones de GEI del transporte de gestores y la implementación del servicio de videoconferencia en las sedes de penetración beneficiadas por la Estrategia de CPE.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

4.1.1 Cambio Climático.

El aumento de gases de efecto invernadero (GEI) procedentes de la actividad humana, explica la alteración del efecto invernadero natural, que perturba el equilibrio de la energía entrante y saliente, haciendo que la Tierra se caliente. Los GEI más importantes son en su orden, el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), los gases fluorados como los hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF_6), clorofluorocarbonos (CFC), hidroclorofluorocarbonos (HCFC), halones.

El efecto de cada gas en el cambio climático depende de tres factores, la concentración o abundancia (cantidad de un gas en el aire, medido en partes por millón), el tiempo de permanencia en la atmósfera (desde unos pocos años a miles de años) y la intensidad de impacto sobre las temperaturas globales.

Para cada uno de los GEI, se calcula el Potencial de Calentamiento Global (GWP), que es una medida de la energía total que un gas absorbe durante un periodo particular (usualmente 100 años), comparado con el CO_2 . Los gases con un GWP mayor, absorben más energía por libra, que los gases con un GWP más bajo, y por consiguiente contribuyen más al calentamiento de la Tierra.

El CO_2 tiene un GWP de 1 y sirve como línea base para otros valores de GWP. Por ejemplo, el GWP del metano en 100 años es 21, lo que significa que este gas causará 21 veces tanto calentamiento como una masa equivalente de dióxido de carbono durante un período de 100 años. Por su parte, el N_2O , tiene un GWP, 300 veces mayor que la de CO_2 para una escala de tiempo de 100 años.

Los GEI se pueden medir mediante el registro de emisiones en la fuente a través del monitoreo continuo o mediante la estimación de la cantidad emitida, multiplicando los datos de actividad (por ejemplo, el número de kilómetros

recorridos, litros de combustible utilizados, toneladas de residuos enviados a rellenos sanitarios) por los factores de conversión de emisiones correspondientes.

Estos factores de conversión permiten que los datos de actividad se conviertan en Kilogramos de dióxido de carbono equivalente (CO₂e), la cual es una unidad de medida universal que permite comparar el GWP de los diferentes GEI. Los valores de CH₄ y N₂O se presentan como CO₂e usando los factores de GWP, de acuerdo con el segundo informe de evaluación del IPCC y los informes bajo el Protocolo de Kyoto.

Algunas de las organizaciones reconocidas en el mundo que proveen factores de conversión para medir y reportar emisiones de GEI para organizaciones, huella de carbono personal, planeación de proyectos y proyectos de reducción de emisiones, son la EIA de Estados Unidos, el Departamento de Energía y Cambio Climático (DECC) y el Departamento de Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA) del Reino Unido. En Colombia algunas de las organizaciones que han determinado factores de emisiones para transporte de pasajeros son el Centro de Investigaciones de Ingeniería Ambiental (CIIA) de la Universidad de los Andes, el IPC y la Secretaría Distrital de Ambiente a través del PDDAB.

El DECC y DEFRA han trabajado conjuntamente para proveer factores de conversión para calcular las emisiones procedentes del uso de combustibles, calor y energía combinados, uso de electricidad (en Reino Unido y en el mundo), uso de equipo de refrigeración y aire acondicionado, emisiones asociadas con el transporte de pasajeros y transporte de carga, entre otros. Para utilizar estos factores es necesario identificar las actividades de la organización que es responsable de los GEI, para ello el método más aceptado, identifica y clasifica las emisiones que liberan las actividades, en tres grupos, conocidos como alcances (“scopes”)¹⁵ y se describen a continuación:

- **Alcance 1** (emisiones directas): actividades de propiedad o controladas por la organización que libera emisiones directamente en la atmósfera.
- **Alcance 2** (Energía indirecta): emisiones liberadas en la atmósfera asociadas con el consumo de electricidad comprada, calor, vapor y

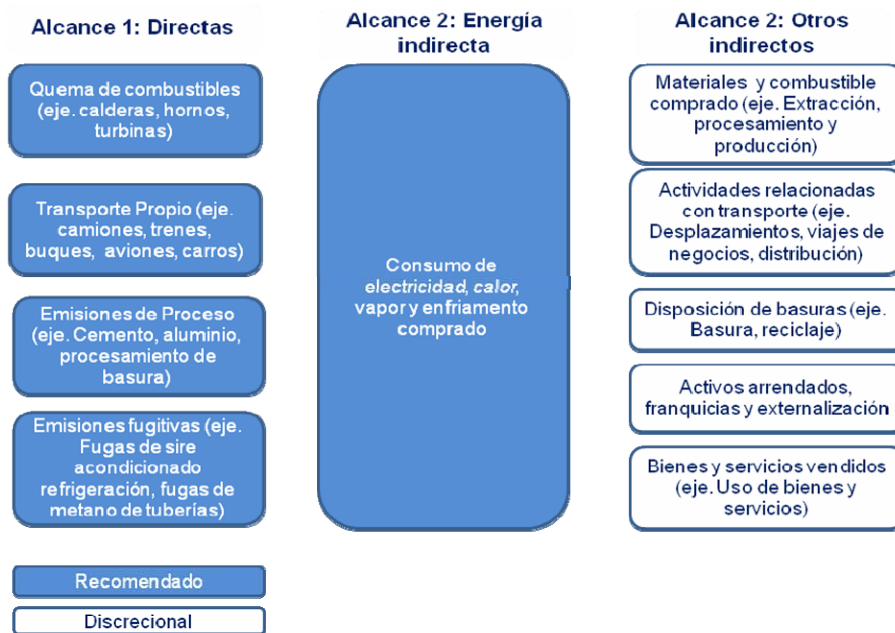
¹⁵ DECC y Defra. Guidance on how to measure and report your greenhouse gas emissions. (2009). Recuperado el 26 de Marzo de 2012, de <http://www.defra.gov.uk/publications/files/pb13309-ghg-guidance-0909011.pdf>

refrigeración. Son consecuencia de las actividades de la organización, pero que ocurren en fuentes que no son propias o controladas.

- **Alcance 3** (Otros indirectos): emisiones que son consecuencia de las acciones de la organización, que ocurren en fuentes que no son propias o controladas y que no clasifican como emisiones del alcance 2.

Algunas actividades que se clasifican dentro de estos alcances se presentan en la Figura 1.

Figura 1. Principales tipos de emisiones que se reportan bajo cada alcance



Fuente: Adoptado de Guidance on how to measure and report your greenhouse gas emissions. (Defra and DCC, 2009)

4.1.2 Las TIC y la sostenibilidad.

A diferencia de muchos productos y servicios que actualmente se ofrecen, las TIC se distinguen por su doble carácter. Por un lado, las TIC tienen un impacto ambiental en cada etapa de su ciclo de vida, como las emisiones de una central eléctrica que suministra electricidad a un centro de datos o los impactos de la

minería para proporcionar metales preciosos y la producción de hardware, el uso de los recursos no renovables escasos, el uso de sustancias peligrosas y la generación de residuos electrónicos.

Por otro lado, las TIC pueden mejorar la eficiencia energética en diferentes sectores de la economía, mediante el consumo de bienes virtuales, la movilidad virtual como el teletrabajo, la videoconferencia y la telepresencia.

“La videoconferencia es una herramienta interactiva que incorpora audio, video, computación y las tecnologías de comunicaciones para permitir a la gente en diferentes lugares, colaborar electrónicamente cara a cara, en tiempo real y compartir todo tipo de información que incluya datos, documentos, sonido e imagen. En esencia, la videoconferencia elimina la barrera de la distancia que nos separa.”¹⁶

Por su parte, la telepresencia es una sesión de videoconferencia que se percibe como una reunión en vivo, utiliza múltiples pantallas ubicadas en el otro lado de la mesa de conferencias y un sistema de audio espacial de alta calidad direccional. El tamaño de las pantallas hace que las personas aparezcan casi de tamaño natural y las salas de conferencias se pueden diseñar para optimizar la acústica de manera que los participantes remotos se escuchen como si estuvieran presentes en la sala.

En el sector de energía eléctrica, las TIC pueden mejorar la eficiencia energética en la distribución y transmisión de energía eléctrica en fábricas y edificios por medio de contadores inteligentes, software de simulación para optimizar el diseño de procesos y plantas de producción.

De igual forma, las TIC mejoran la eficiencia del sector de transporte, a través de soluciones de gestión de vehículos que utilizan comunicaciones satelitales e inalámbricas para automatizar la planificación de la ruta del vehículo, con el fin de

¹⁶ Pamlin Dennis, Szomolányi Katalin. Saving the climate the speed of light. (2007). Recuperado el 22 de Mayo de 2012, de www.etno.be/Portals/34/ETNO%20Documents/Sustainability/Climate%20Change%20Road%20Map.pdf

optimizar los trayectos y en consecuencia disminuir la cantidad de combustible y vehículos, así como las emisiones de GEI.

Con respecto a las herramientas de TIC empleadas para la gestión de asuntos ambientales, se tienen sistemas y tecnologías para monitoreo y recolección de datos de clima y meteorología, análisis de condiciones atmosféricas que incluyen emisiones de GEI y polución industrial. También se cuenta con tecnologías para la gestión y protección ambiental, para mitigar impactos de cambio climático y adaptación al mismo, a través de una adecuada aplicación del uso del suelo, la agricultura y la silvicultura, conservación de fuentes hídricas, prácticas de manejo de cuencas, así como la preparación para atención de desastres.

Estos diferentes niveles de impacto, se clasifican y reconocen en la literatura académica¹⁷ como los tres impactos de orden de las TIC:

- **Efectos de primer orden** (o carga ambiental de las TIC): efectos derivados de la existencia física de las TIC y los procesos involucrados, desde el consumo de recursos naturales y energéticos hasta la generación de residuos electrónicos.
- **Efectos de segundo orden** (reducción de la carga ambiental gracias a las TIC): reducción de la carga actual o potencial, por el uso y aplicación de las TIC, como los que se mencionan anteriormente. En esta categoría de efectos se encuentran los efectos habilitantes de las TIC.
- **Efectos de tercer orden (efectos rebote)**: creados por efectos agregados de un gran número de personas que utilizan las TIC en el mediano y largo plazo. Estos efectos “ocurren cuando las mejoras en la eficiencia (tiempo, combustible, energía) obtenidas a través de mejoras tecnológicas se ven contrarrestadas por la demanda creciente (crecimiento de volumen de consumo) de energía, productos, servicios de transporte de carga y pasajeros”¹⁸.

Algunas de las aplicaciones de las TIC que generan efectos rebote, son los ITS, que hacen que el transporte de mercancías sea más rentable, es decir, más barato, e inmediatamente crean más transporte de mercancías y más consumo de energía. Los ITS al hacer el transporte más costo eficiente, generan un efecto rebote al crear una demanda de transporte de mercancías, que tiene graves

¹⁷ ITU. Recommendation ITU-T L.1410 (L.GNS). Methodology for environmental impact assessment of information and communication technologies (ICT) goods, networks and services. (2012). Recuperado el 22 de Abril de 2012, de <http://www.itu.int/rec/T-REC-L.1410-201203-I/en>

¹⁸ Erdmann Lorenz, Hilty Lorenz. The future impact of ICT on environmental sustainability. (2004). p.39. Recuperaqdo el 5 de Mayo de 2012, de http://www.empa.ch/plugin/template/empa/*/51469/---/l=2

efectos ambientales. Es por ello, que la mayor eficiencia en el transporte es el reto que tienen las TIC para el incremento cada vez mayor del transporte de mercancías en 2020. Este aumento está en el intervalo de 12% al 28%¹⁹.

La mayoría de los beneficios de las TIC se encuentran en los efectos de segundo orden, gracias a que las TIC proveen una mayor eficiencia, velocidad de las transacciones, transparencia, rápido equilibrio del mercado, efectos a largo plazo, crecimiento económico y mayor productividad tanto en países desarrollados como en vía de desarrollo.

El efecto de primer orden causado por una solución de TIC puede cuantificarse mediante la aplicación de la Evaluación del LCA. Mientras que el efecto de segundo orden alcanzado por la solución de TIC, puede cuantificarse por comparación entre esta solución y el sistema producto de referencia que realiza la misma función (sistema BAU).

Para la construcción de una sociedad sostenible ambientalmente, los aspectos negativos de las TIC se deben minimizar y los positivos maximizar, como se resume en la Figura 2.

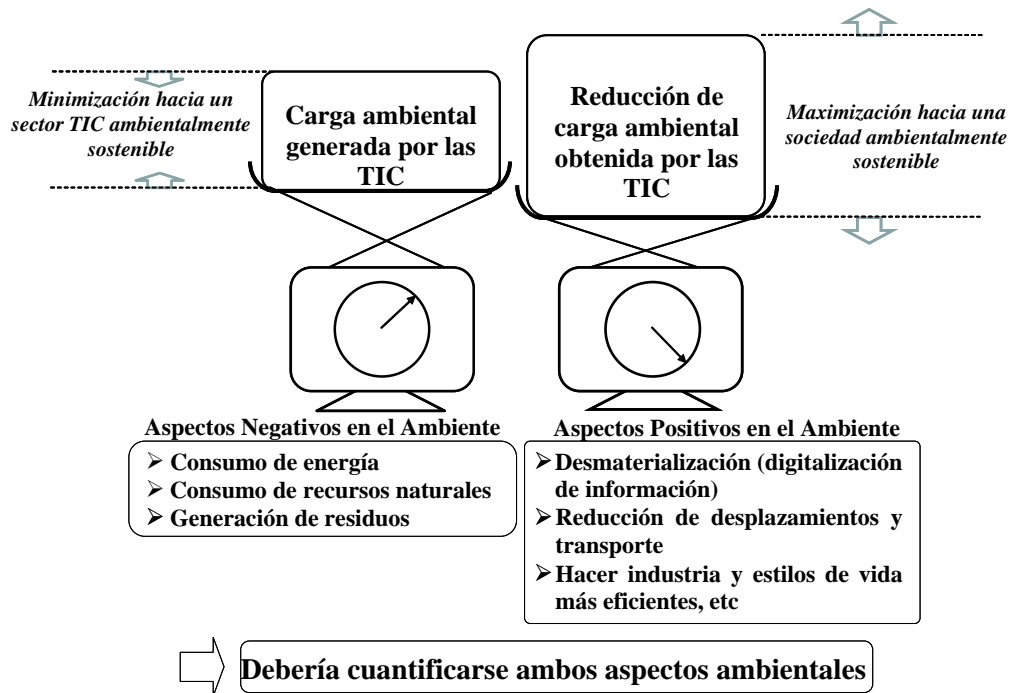
Algunos aspectos negativos pueden ser minimizados por la industria TIC, a través de la difusión de información de costo-eficiencia, optimización de energía y materiales de soluciones de TIC para la industria. De igual forma, con el eco diseño es posible diseñar y fabricar con el criterio de bajo consumo de energía de los equipos, por medio del uso de fuentes de recarga de batería con energías renovables como celdas fotovoltaicas, o con el uso de componentes electrónicos eficientes para extender la vida útil de los equipos y facilitar la recuperación y reciclaje de materiales al final de su vida útil.

Por otro lado, se puede maximizar el impacto positivo con la eficiencia energética basada en las TIC, en los edificios y procesos de producción. Al igual que los sistemas de apoyo de las TIC para la generación de electricidad descentralizada a partir de fuentes renovables o de producción combinada de calor y electricidad.

¹⁹ *Ibíd* p.25.

También se puede maximizar el impacto positivo del cambio de producto/actividad a servicio, conllevando a un mayor consumo de bienes virtuales y a la movilidad virtual.

Figura 2. Modelo esquemático para la evaluación ambiental de Equipos, redes y servicios de las TIC



Fuente: Adoptado de la Recomendación ITU-T L.1410 (ITU, 2012)

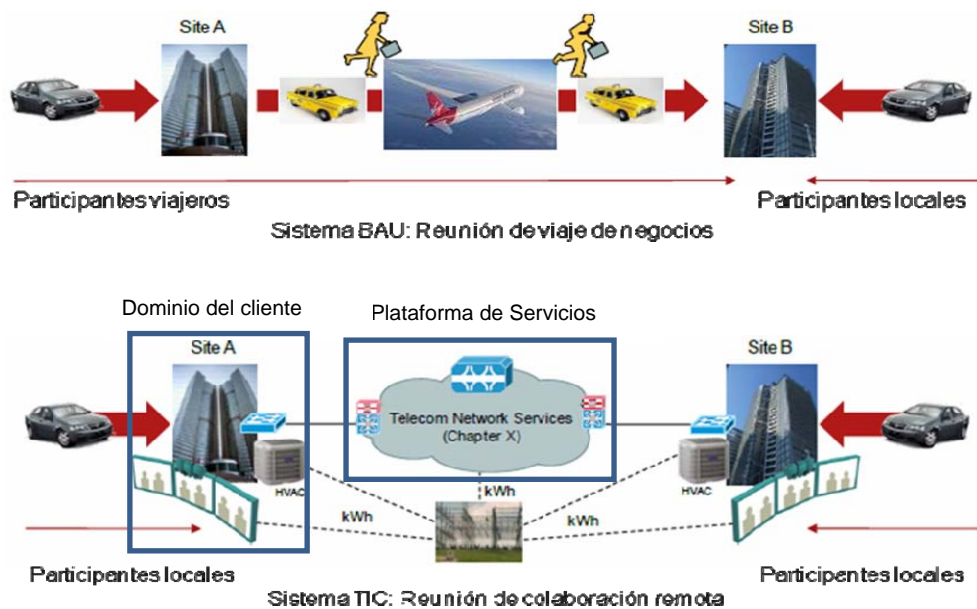
4.1.3 Elementos y Efectos Potenciales por la Adopción de Soluciones TIC que Sustituyen Sistemas BAU.

Para cuantificar el efecto de segundo orden, es decir, la reducción de la carga actual o potencial, por el uso y aplicación de las TIC, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

4.1.3.1 Sistemas.

Sistema BAU: corresponde a los componentes de actividades manuales, físicas mecánicas impactadas por la implementación del sistema TIC. Su alcance puede variar ampliamente, desde una bombilla ineficiente a un sistema de transporte público en todo un país. La Figura 3 presenta el viaje de un ejecutivo para asistir a una reunión de negocios. Los componentes de este sistema BAU son el transporte público en taxi y avión requerido para la asistencia a la reunión. El transporte aéreo es el modo de viaje primario.

Figura 3. Comparación entre un sistema BAU y TIC



Fuente: Adoptado de Guide for Assessing GHG emissions related to Transport Substitution (GHG Protocol, 2012)

Sistema TIC: corresponde a todos los componentes necesarios para hacer que la solución TIC sea operativa, como centros de datos, terminales, servidores, enrutadores, software, entre otros. La Figura 3 muestra cómo el sistema BAU de reunión de viaje de negocios puede reemplazarse por un servicio de reunión de colaboración remota, que requiere componentes como unidades de telepresencia de tres pantallas, sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (Heating, Ventilation, and Air Conditioning - HVAC) y servicios de redes.

4.1.3.2 Efectos potenciales.

Los efectos potenciales o emisiones de GEI procedentes de la introducción de una solución TIC que sustituye actividades de un sistema BAU se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Tipos de efectos potenciales por la introducción de TIC

<p>- Efecto habilitante Disminuye emisiones</p>	<p>Efecto habilitante primario Reducción inmediata de emisiones del sistema BAU, ocurren como resultado de la implementación del sistema TIC.</p>	<p>Efecto habilitante secundario Reducción no inmediata de emisiones del sistema BAU, ocurren como resultado de la implementación del sistema TIC, ocurren con el tiempo, cuando la duración o escala de implementación se incrementa.</p>
<p>+ Emisiones de TIC directas</p>	<p>Emisiones de TIC directas - Primarias Emisiones generadas durante el ciclo de vida del sistema de TIC implementado.</p>	<p>No existen Emisiones de TIC directas secundarias</p>
<p>+ Efectos rebote Incremento de emisiones</p>	<p>Efecto rebote primario Incremento inmediato de emisiones del sistema BAU o TIC, ocurren como resultado de la implementación del sistema TIC, a menudo por los cambios de comportamiento en la demanda de bienes o actividades intensivas en carbono.</p>	<p>Efecto rebote secundario Incremento no inmediato de emisiones del sistema BAU o TIC, ocurren como resultado de la implementación del sistema TIC, a menudo por los cambios de comportamiento en la demanda de bienes o actividades intensivas en carbono.</p>

Fuente: Adoptado de Evaluating the carbon- reducing impacts of ICT: an assessment methodology. (GeSI, 2010)

La relación entre los tres posibles efectos habilitantes primarios con sus respectivos efectos habilitantes secundarios, que se generan con la introducción de algunas soluciones TIC, se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Relación entre efectos habilitantes primarios y secundarios

		Efectos habilitantes primarios		
Efectos habilitantes secundarios asociados		Reducción del consumo de energía	Reducción de viajes/envíos	Reducción de materiales
	Reducción del uso de bienes/vehículos	Monitoreo del uso de energía en el hogar para controlar el consumo (a través de vehículo, oficina)	Personas que teletrabajan pueden usar con más regularidad transporte público en lugar de carros.	
	Eliminación de producción de bienes/vehículos		Pocos carros fabricados	Personas que usan medios en línea no pueden comprar el nuevo CD o DVD en el futuro.
	Reducción del uso de infraestructura		Pocas personas utilizan espacio de oficinas para reducir el uso de edificios.	Menor almacenamiento de materiales conlleva a reducir el uso de edificios.
	Eliminación del desarrollo de infraestructura	La necesidad de poca energía conlleva a la construcción de pocas plantas de energía.	La necesidad de poca energía conlleva a la construcción de pocas plantas de energía. Posibilidad de construir pequeños y pocos edificios y carreteras a largo plazo.	

Fuente: Adoptado de Evaluating the carbon- reducing impacts of ICT: an assessment methodology. (GeSI, 2010)

Algunos ejemplos de efectos habilitantes primarios son el diseño mejorado de edificios para eficiencia energética debido al diseño de edificios inteligentes, reducción o eliminación de distancias recorridas debido al teletrabajo o la videoconferencia, eliminación de la producción y distribución de medios magnéticos u ópticos de almacenamiento de información como los CD y DVD a cambio de medios online, entre otros.

Un ejemplo de efecto habilitante secundario de reducción en el uso de infraestructura, que se relaciona con efecto habilitante primario de reducción de la cantidad de viajes/envíos, se presenta cuando muy pocas personas utilizan el espacio de la oficina conllevando a un uso reducido de los edificios (caso del teletrabajo). Un ejemplo de efecto habilitante secundario de eliminación de producción de bienes/vehículos, que se relaciona con el efecto habilitante primario

de reducción de materiales, se presenta cuando las personas utilizan medios online, evitando nuevos CD o DVD en el futuro.

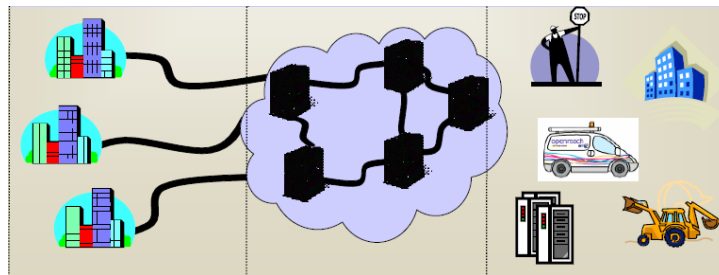
Un ejemplo de efecto rebote primario relacionado con el efecto habilitante primario de reducción de viajes/envíos (caso teletrabajo) se presenta cuando se incrementa el uso de energía en el hogar (aire acondicionado, calefacción e iluminación). Para este mismo ejemplo, el efecto rebote secundario que se presenta es la expansión de zonas urbanas (e ineficiencias asociadas) por la disponibilidad de los empleados de vivir lejos de la oficina.

Para cuantificar las emisiones de los efectos habilitantes, generalmente se utilizan factores de conversión de acuerdo con las actividades del sistema BAU. Por otro lado, para cuantificar las emisiones directas TIC, es necesario considerar los elementos y las etapas del ciclo de vida de la solución. Como el presente estudio involucra como solución TIC, un servicio de videoconferencia, para efectos prácticos solo se presentan los elementos y las etapas de cualquier Servicio de Redes de Telecomunicaciones (TNS).

4.1.3.3 Elementos de un TNS.

Para definir los diferentes elementos que constituyen un TNS, se consideran tres elementos de red principales: el dominio del cliente, la plataforma de servicios y las actividades operacionales, como se muestra en la Figura 4 y Tabla 3.

Figura 4. Elementos de un servicio de telecomunicaciones



Dominio del cliente Plataforma de Servicios Actividades Operacionales

Fuente: Adoptado de Guide for Assessing GHG emissions related of Telecommunication Network Services (GHG Protocol, 2012)

Tabla 3. Definición de los elementos de un TNS

Elemento de un TNS	Alcance
Elemento “a”: Dominio del cliente	Todos los equipos TIC y equipo de soporte respectivo (cables, racks, etc) que hacen parte de un TNS, que se presta en las premisas del cliente del proveedor de servicios, como la infraestructura de la empresa/organización, edificios residenciales. Este equipo puede pertenecer al cliente o al proveedor de TNS. También puede incluir equipo de usuario final, cuando es parte del servicio que se presta, o está dentro del alcance/fronteras de la evaluación.
Elemento “b”: Plataforma de servicios	Todos los equipos de TIC y el equipo de soporte respectivo (cables, racks, antenas, etc), usado por el proveedor del TNS que ofrece el servicio en estudio.
Elemento “c”: Actividades Operacionales	Cualquier actividad laboral y equipo de apoyo no-TIC (camiones) que están directamente comprometidos y dedicados al TNS, que está siendo evaluado, incluye diseño, estudio de sitio, planeación, logística, despliegue/instalación, excavación de trincheras, montaje de mástil, mantenimiento y soporte técnico. Las actividades operacionales también pueden incluir emisiones de GEI asociadas con el decomisionamiento.

Fuente: Adoptado de Guide for Assessing GHG emissions related of Telecommunication Network Services (GHG Protocol, 2012)

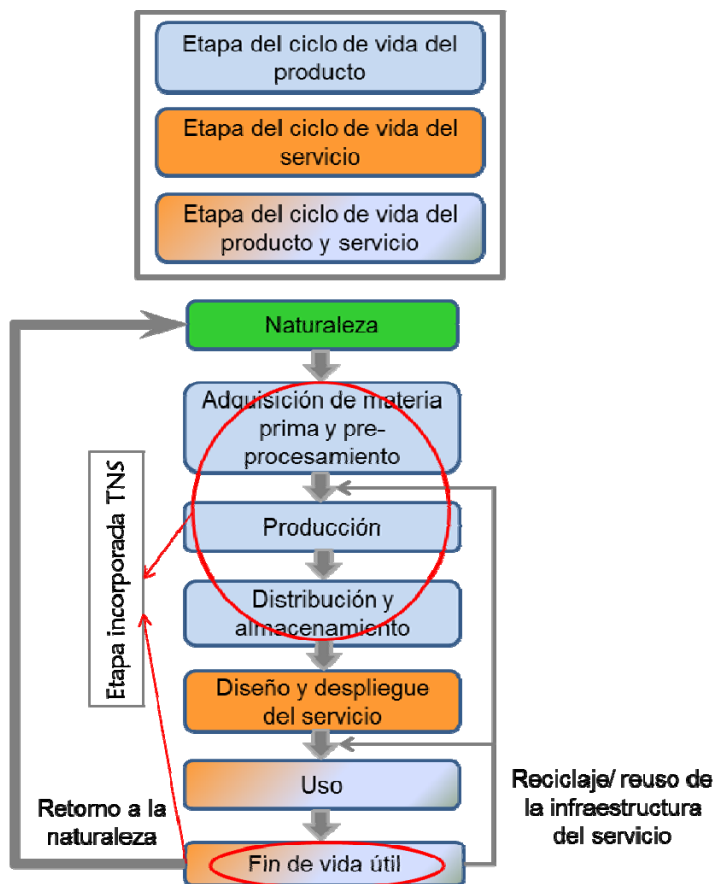
4.1.3.4 Etapas del ciclo de vida de un TNS.

Las dos etapas principales del ciclo de vida de un TNS son la etapa de uso y la etapa incorporada. La etapa de uso involucra actividades como el uso, el servicio de reparación y mantenimiento.

Por su lado, la etapa incorporada, involucra el resto de etapas del ciclo de vida, como la adquisición de materia prima y pre-procesamiento, producción, distribución y almacenamiento, instalación y tratamiento al final de la vida útil. Como se muestra en la Figura 5.

Se involucra la etapa incorporada en un TNS, debido a que para su prestación, se requiere de equipos TIC y hay una relación directa entre la etapa de uso del equipo y la etapa de uso del servicio. Por otro lado el TNS a diferencia de un producto (hardware) involucra el diseño y despliegue del servicio, que incluye las actividades operacionales antes mencionadas. Es por ello que para un TNS, se recomienda incluir en su ciclo de vida, esta etapa adicional.

Figura 5. Etapas del ciclo de vida de un TNS



Fuente: Adoptado de Guide for Assessing GHG emissions related of Telecommunication Network Services (GHG Protocol, 2012)

La Tabla 4 muestra los principales elementos que generan emisiones de GEI durante la prestación de un TNS, articulado con sus etapas de ciclo de vida.

Tabla 4. Elementos de un TNS, considerados en la evaluación de emisiones de GEI

		Dominio del cliente	Plataforma de servicios	Actividades Operacionales
		Emisiones de GEI – Etapas LCA	Etapa + Etapa de Uso (Uso + Mantenimiento)	“a1” - Emisiones de GEI asociadas con la etapa de uso del equipo TIC del dominio del cliente/usuario final. Representa las emisiones asociadas con la energía utilizada por servidores, switches, enrutadores, salas de video conferencia, antenas parabólicas, etc, que se encuentran en las instalaciones del cliente del proveedor de servicios.
Etapa incorporada (Adquisición + Producción + Distribución + Instalación + EoF)	“a2” - Emisiones de GEI asociadas con la etapa incorporada del equipo TIC del dominio del cliente/usuario final, así como con el equipo de apoyo. Representa las emisiones por la adquisición de materia prima y pre-procesamiento, producción, distribución y transporte, instalación y tratamiento al final de la vida útil del equipo del dominio del cliente y su equipo de apoyo pasivo (cables, racks y consumibles).		“b2”- Emisiones de GEI asociadas con la etapa incorporada de los equipos TIC de la plataforma de servicios y equipo de apoyo. Representa las emisiones por la adquisición de materia prima y pre-procesamiento, producción, distribución y transporte, instalación y tratamiento al final de la vida útil del equipo del proveedor del servicio y su equipo de apoyo pasivo (cables, racks, torres de telefonía celular) existentes en las plataformas de servicios.	“c2”- Emisiones de GEI asociadas con la etapa incorporada del equipo de apoyo no TIC en el dominio del cliente y la plataforma de servicios. Representa las emisiones asociadas con la fabricación de equipos no TIC, edificios (de instalaciones no TIC), vehículos para la instalación, soporte y mantenimiento del servicio. Este elemento podría ser excluido de la evaluación de emisiones de CO ₂ e de un TNS, debido a que su impacto es relativamente pequeño según datos históricos de LCA.

Fuente: Adoptado de Guide for Assessing GHG emissions related of Telecommunication Network Services (GHG Protocol, 2012)

4.1.4 Métodos para Calcular Emisiones de GEI de un TNS.

Para calcular las emisiones de GEI asociadas con el dominio del cliente, la plataforma de servicios y las actividades operacionales, se utilizan diferentes métodos para cada elemento del TNS. La Tabla 6 ²⁰ presenta de manera sucinta estos métodos, en orden decreciente de acuerdo a su precisión. Desde el punto de vista práctico, se presenta solo la aplicación de los métodos que son empleados en el estudio de caso, en el Numeral 5.5.

²⁰ Adoptado de GHG Protocol. Chapter 2: Guide for assessing GHG emissions of Telecommunications Network Services. p.8. [En línea]. 2.012. [Citado 15-Mayo-2.012]. Disponible en internet: http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/Chapter_2_GHGP-ICT%20TNSguide%20v1-5%2010MAR2012.pdf

Elemento de un TNS	Etapa LCA	
	Etapa de uso	Etapa incorporada
<p>“a” Dominio del cliente</p>	<p>“a1”</p> <p>1. Medición detallada de la etapa de uso: se mide directamente el consumo de energía de los equipos de TIC a través de monitoreo físico bajo condiciones de operación específicas y el perfil de uso (los promedios son los más representativos) y se aplica un factor de conversión de electricidad a emisiones de GEI, según el país/región de uso.</p> <p>2. Estimación de LCA: para calcular las emisiones de GEI del servicio, se estima el consumo de energía típica de los equipos de TIC, según el tipo de equipo, perfil de uso, factor de conversión de electricidad a emisiones de GEI, de acuerdo al país/región de uso.</p> <p>3. Relación de etapa LCA: las emisiones de GEI de la etapa de uso pueden ser modeladas como un porcentaje de total de emisiones del ciclo de vida, según el tipo de equipo, el perfil de uso y el país/región de uso. Las relaciones se desarrollan de acuerdo a LCA históricos para diferentes tipos de equipos de TIC.</p>	<p>“a2” Equipo de TIC</p> <p>1. Fuente de datos primarios de LCA: son utilizadas para determinar las emisiones de GEI del equipo de TIC. Por ejemplo datos de un LCA detallado del fabricante de un equipo de TIC.</p> <p>2. Estimación de LCA: si los datos primarios no existen, se utilizan herramientas de evaluación de emisiones de GEI como:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Caracterización de componentes. ✓ Parametrización de Hardware ✓ Relación de etapa LCA ✓ Evaluación Económica de Entradas y Salidas - EEIO (Environmentally-Extended Input-Output) <p>Equipo de soporte para infraestructura TIC (cables, racks, equipo auxiliar)</p> <p>1. Estimación de LCA: igual al ítem 2 anterior.</p>
<p>“b” Plataforma de servicios</p>	<p>“b1”</p> <p>1. Modelo ascendente: se compila un inventario de todos los equipos involucrados en la prestación del servicio, para luego aplicar modelos de partición basados en el tráfico promedio o</p>	<p>“b2”</p> <p>1. General: se utilizan los métodos utilizados en el Dominio del cliente – Etapa incorporada (“a2”).</p>

	<p>requerimientos de ancho de banda a través de cada equipo existente en la plataforma de servicios compartida, para calcular las emisiones de servicio. También se conoce como el método de suma de proceso.</p> <p>2. Modelo descendente: Las emisiones del servicio se calculan a partir de datos de la plataforma del servicio, utilizando factores de partición basados en modelos financieros o parámetros de ventas como el ancho de banda/número de puertos de usuario y tráfico promedio generado por la red.</p> <p>3. Modelos de grano fino/grueso: se utilizan cuando es necesario un mayor refinamiento y los datos requeridos asociados están disponibles.</p>	<p>2. Análisis de selección: cuando la importancia es baja, se utilizan estudios de LCA existentes como referencia.</p>
<p>“c” Actividades operacionales</p>	<p>“c1”</p> <p>1. Evaluación de datos primarios: se utilizan datos primarios para calcular las emisiones de GEI de actividades labores y de soporte relacionadas con el servicio, por ejemplo para calcular desplazamientos de empleados, uso de energía en instalaciones de soporte operacional (electricidad, gas/calefacción), se utiliza el número de empleados dedicados tiempo completo (FTE) o porcentaje de su tiempo para participar en el servicio.</p> <p>2. Evaluación de datos secundarios: se evalúan las emisiones de GEI procedentes de los recursos involucrados en la prestación del servicio TNS, mediante el uso de costos y factores de conversión de las tablas de entrada/salida económica y factores de partición, en función del tipo y alcance de las actividades operacionales.</p>	<p>“c2”</p> <p>1. Evaluación de datos primarios: se utilizan datos primarios de la evaluación detallada del ciclo de vida (por lo general realizada por el propietario/encargado del mantenimiento) del equipo de apoyo no-TIC.</p> <p>2. Análisis de selección: las actividades operacionales en la etapa incorporada, pueden ser representadas como un porcentaje simplificado de las emisiones totales del LCA, por ejemplo, 1%, o pueden ser excluidas, debido a su impacto relativamente pequeño (menos de 1%) del equipo de apoyo que se comparte con muchos servicios de red, durante largos períodos de tiempo.</p>

4.2 MARCO POLÍTICO

4.2.1 Las TIC y el Cambio Climático en Colombia.

Para una efectiva minimización de los efectos negativos y maximización de los efectos positivos de las TIC en el ambiente, es necesario que se introduzcan políticas públicas por parte de las entidades responsables de formularlas y regularlas, como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y el Ministerio TIC.

Con respecto a los avances para minimizar los efectos negativos de las TIC en el ambiente, actualmente se encuentra en proceso de aprobación el Proyecto de Ley para la gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en el país. Este tipo de residuos abarca la categoría de equipos en desuso provenientes de las TIC. Por otro lado, entidades como el MADS, el Ministerio TIC, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, la Cámara de electrodomésticos de la ANDI, la Cámara Colombiana de Información y Telecomunicaciones (CCIT) y el Instituto Federal Suizo de Prueba e Investigación de Materiales y Tecnologías (EMPA) conforman una mesa público-privada para la creación de lineamientos de política para la gestión de los RAEE.

Por su parte, el Ministerio TIC, a través de la iniciativa “Contribución de las TIC a la preservación del medio ambiente” a cargo del Programa Computadores para Educar, se establecen metas anuales como la cantidad de computadores donados a recolectar y reacondicionar, la cantidad de computadores en desuso a recolectar en las sedes educativas y los volúmenes de residuos electrónicos a demanufacturar, procesar y valorizar.

En relación con los avances para maximizar los efectos positivos de las TIC en el ambiente, existe la Ley 1221 de 2008, que promueve y regula el Teletrabajo como un instrumento de generación de empleo y autoempleo mediante la utilización de las TIC. Esta Ley fue concebida desde una perspectiva económica y social, y no incluye la perspectiva ambiental, por lo tanto aplicaciones como el teletrabajo

difícilmente se pueden constituir en estrategias para la reducción de emisiones por parte de los sectores económicos, para la mitigación del cambio climático.

También existe la Estrategia ECDBC que impulsa el desarrollo económico carbono-eficiente. Para alcanzar esta meta, se debe identificar primero la línea base de emisiones y las alternativas de desarrollo bajo en carbono para los sectores productivos. Con base en estos resultados, se definen medidas, proyectos, programas o políticas para reducir el crecimiento de emisiones por sector, sin afectar el desarrollo económico.

A pesar de que el Ministerio TIC implementa y promueve las estrategias de reacondicionamiento, reuso y gestión integral de residuos electrónicos a través de CPE, aún no involucra en las políticas de masificación de las TIC, el componente ambiental para promover en los diferentes sectores económicos la adopción de las TIC como mecanismos de mitigación al cambio climático, así como la gestión de los equipos TIC cuando llegan al final de su vida útil. Es así como la inclusión de los componentes social, económico y ambiental en las políticas públicas del país, permitirán construir un modelo de sociedad más sostenible.

De igual forma, la articulación entre la Estrategia ECDBC y el Ministerio TIC, permitirán impulsar la adopción de soluciones TIC en los distintos sectores económicos, como alternativas de reducción de emisiones

5. EVALUACIÓN DE EMISIONES DE GEI POR LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN TIC QUE SUSTITUYE ACTIVIDADES DE TRANSPORTE

5.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA NACIONAL DE FORMACIÓN Y ACCESO PARA LA APROPIACIÓN PEDAGÓGICA DE LAS TIC DE CPE

El Programa Computadores para Educar (CPE) es una entidad pública, creada en el año 2000, cuyos socios son el Ministerio TIC, el Ministerio de Educación Nacional y el Sena. El Programa tiene como propósito apoyar el cierre de la brecha digital en Colombia, mediante la formación y el acceso, uso y aprovechamiento de las TIC a partir del reuso tecnológico, en los establecimientos educativos públicos del territorio nacional.

El reuso tecnológico genera beneficios económicos, educativos y ambientales, a través de estrategias como la adquisición y el mantenimiento de equipos de cómputo, el reacondicionamiento, el acompañamiento educativo y la gestión de residuos electrónicos.

El Programa además de contribuir con la masificación de computadores en las sedes educativas, bibliotecas y casas de la cultura de carácter público, permite formar docentes y capacitar a los usuarios que utilizan estos espacios, para apropiar las tecnologías e incentivar el desarrollo de competencias de los profesionales del mañana. Ver Figura 6.

Para avanzar en este objetivo, CPE ha desarrollado la Estrategia de Formación y Acceso para la Apropiación Pedagógica de las TIC (Estrategia de CPE), que persigue por un lado, la entrega en donación de equipos de cómputo que ofrece el Programa; y por el otro, desarrollar la formación y acompañamiento pedagógico a docentes, para aprovechar al máximo los recursos entregados y fortalecer el aprendizaje y enseñanza, según las necesidades de las comunidades.

Durante la vigencia del período de gobierno actual y particularmente en el periodo del 2012 al 2014 y con el fin de contribuir al cumplimiento de las metas del Plan Sectorial del MINTIC “Vive Digital” y el Plan Sectorial de Educación “Educación de Calidad”, el Programa proveerá a través de la Estrategia de CPE, el acceso a las TIC a 8.035 sedes educativas beneficiadas por primera vez por el Programa, con

computadores y formación pedagógica en el uso de las TIC (sedes tipo A o de penetración), realizará la reposición y densificación de computadores a 18.653 sedes que poseen tecnología obsoleta o en desuso, y/o requieren equipos de cómputo adicionales a los existentes (sedes tipo B).

Figura 6. Sedes educativas beneficiadas por Compartel y CPE



Fuente: Ministerio TIC

También dotará con computadores a 1.367 bibliotecas y/o casas de cultura (sedes tipo C) y trabajará con los docentes de más de 37.276 sedes, la estrategia de formación para la apropiación pedagógica de las TIC. Finalmente implementará robótica educativa en las 1.300 sedes beneficiarias de la estrategia de reposición²¹.

²¹ Computadores para Educar. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Documento Especificaciones Técnicas. Estrategia Nacional de Formación y Acceso para la apropiación pedagógica de las TIC. Bogotá. Febrero de 2012.

5.2 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO DE CASO

El estudio de caso que se aborda en este trabajo, parte de la Estrategia de CPE, pero solo considera las sedes tipo A, distribuidas en ocho regiones del país y beneficiadas durante el 2012 y 2013, como se presenta en la Tabla 5. Se espera beneficiar 3.449 sedes en el 2012 y 4.586 en el 2013. Se estima que el 90% están ubicadas en zona rural y el resto en zona urbana. Se eligen este tipo de sedes, debido a que tienen asignado el mayor número de horas de formación de toda la estrategia y representan una cantidad importante de sedes.

Tabla 5. Distribución por Región de la cantidad sedes beneficiadas por la Estrategia de CPE

Región/Departamento	Cantidad de sedes educativas	
	2012	2013
Región 1: Atlántico, Bolívar, Córdoba, Sucre	365	482
Región 2: Cesar, La Guajira, Magdalena, Norte De Santander	527	702
Región 3: Caldas, Quindío, Risaralda, Valle Del Cauca	351	467
Región 4: Arauca, Boyacá, Casanare, Santander, Vichada	427	568
Región 5: Caquetá, Guaviare, Huila, Tolima	490	651
Región 6: Cauca, Nariño, Putumayo	622	828
Región 7: Amazonas, Cundinamarca, Distrito Capital, Guainía, Meta, Vaupés	227	303
Región 8: Antioquia, Chocó	440	585
TOTAL GENERAL	3.449	4.586

Fuente: Computadores para Educar

Uno de los principales requerimientos para el desarrollo de esta Estrategia, es el transporte principalmente terrestre a lo largo del territorio nacional, debido a la gran cantidad de desplazamientos y largos trayectos que deben recorrer los gestores para la formación de docentes en las sedes, lo que podría resultar en un volumen no despreciable de emisiones a la atmósfera.

Una alternativa para reducir estas emisiones del transporte, son los servicios ofrecidos por el sector de las TIC, como la telepresencia o la videoconferencia.

Sin embargo para comprobar esta contribución, es fundamental calcular las emisiones tanto de la solución TIC como del transporte requerido por los gestores.

Solo se tienen en cuenta aquellos contenidos y sus correspondientes horas de formación, aptos para ser virtualizados. De un total de 162 horas, solo se consideran 72 horas.

Para comprender de manera más clara el estudio de caso, se establecen dos escenarios:

5.2.1 Escenario de Formación Presencial.

Este escenario se lleva a cabo in-situ en las sedes tipo A, para formar en promedio dos decentes por sede beneficiaria, no se admite que docentes de sedes cercanas o adjuntas participen en estas jornadas. Durante la formación se hace un uso efectivo de bases de datos de internet y contenidos digitales aportados por CPE, con los que se trabaja de manera *off-line*, para superar las barreras de la falta de conectividad en las sedes tipo A. Este escenario considera 72 horas institucionales presenciales correspondientes a 18 jornadas por sede. Cada jornada se realiza durante 4 horas, sin el uso de un servicio de TIC.

Por el perfil académico y profesional que requieren los gestores, la práctica indica que ellos residen en grandes municipios y capitales, es por ello que en el presente estudio se considera que los gestores asignados a cada región viven en las capitales y visitan las sedes que se ubican en las cabeceras municipales, corregimientos o veredas. Para acceder a estos sitios, utilizan como principal medio de transporte, los buses intermunicipales públicos. Sin embargo por las condiciones geográficas de algunas regiones, se requiere también transporte aéreo o fluvial (generalmente lancha).

5.2.2 Escenario de Formación Virtual.

Lo constituye el escenario de implementar el servicio de videoconferencia en las sedes tipo A. Cada sede se beneficia con 72 horas de servicio, que se implementa a través de la conectividad a internet, que ofrece el proveedor de servicios BT por medio de la red satelital Surfbeam y la instalación del software WEBEX de CISCO en los portátiles de las sedes.

Cada sesión de videoconferencia se establece de manera *on line* entre un gestor ubicado en la capital de cierta Región y varias sedes conectadas simultáneamente. La cantidad de sesiones que se puedan realizar al mismo tiempo, depende de la cantidad de gestores disponibles, el tiempo de la Estrategia de CPE y la cantidad de sedes a beneficiar.

Se elige a BT como proveedor de redes y servicios de telecomunicaciones, ya que fue seleccionado por el Programa Compartel del Ministerio TIC en las fases 1, 3 y 4, como uno de los proveedores que ofrece el servicio de Conectividad en Banda Ancha a Sedes Públicas del país.

El Programa Compartel se desarrolla en cumplimiento de las políticas gubernamentales de Telecomunicaciones Sociales y está orientado a impulsar el uso generalizado de las TIC en los procesos de enseñanza–aprendizaje en las sedes públicas, como educativas, alcaldías, juzgados, unidades militares, Concejos Municipales, Centros del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) y Hospitales.

5.3 METODOLOGÍAS PARA EVALUAR EMISIONES DE GEI POR LA IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES DE TIC QUE SUSTITUYEN ACTIVIDADES DE TRANSPORTE

Teniendo en cuenta las características del estudio de caso, se identifica la necesidad de un marco metodológico cuantitativo que permita calcular las emisiones de GEI procedentes del uso de una solución de TIC, que sustituya actividades de transporte. En la revisión bibliográfica de las metodologías existentes, se identifican las siguientes:

1. Metodología general y requerimientos comunes para la evaluación del ciclo de vida de equipos, redes y servicios de TIC de la ETSI.
2. Recomendación ITU-T L.1410: Metodología para la evaluación del impacto ambiental de bienes, redes y servicios de TIC.
3. Guía de evaluación de GEI relacionados con la sustitución de transporte, del Estándar de cuantificación y reporte del ciclo de vida de un producto de GHG Protocol – Guía del sector de TIC.
4. Metodología habilitante de las TIC de GeSI.

Todas las Metodologías se desarrollan bajo las directrices del LCA, realizan un análisis comparativo entre el sistema TIC y el BAU o sistema producto de

referencia (escenario de línea base, donde no se utiliza la TIC), evalúan la categoría de Cambio Climático (CC) que cuantifica los GEI en unidades de CO₂e.

La metodología de ETSI involucra otras categorías de evaluación de impacto ambiental como agotamiento de la capa de ozono, toxicidad humana (efectos cancerígenos y no cancerígenos), eutrofización, acidificación, ecotoxicidad, entre otros. A excepción de la Metodología de la ETSI, las metodologías consideran los efectos habilitantes y los efectos rebote que actúan de manera opuesta a los efectos habilitantes. Las Metodologías de la ETSI y la ITU adicionan requerimientos específicos de las TIC a la norma ISO 14040 e ISO 14044.

La Metodología de GeSi presenta el detalle de seis casos de estudio de multinacionales reconocidas como Ericsson, Cisco, BT, Carbon Disclosure Project, entre otras, facilitando comprender la aplicación de la metodología. También puede adaptarse a guías más detalladas, estándares industriales y herramientas de software de evaluación que se hayan desarrollado, lo que significa que sirve para construir un marco metodológico, que se articula con otros modelos, herramientas o metodologías para calcular las emisiones del sistema BAU y TIC. De igual forma, esta Metodología explica de manera detallada cómo realizar la comparación entre el sistema de BAU y TIC y es la que más se adapta a las características del estudio de caso, es por ello que finalmente se constituye como la Metodología de referencia.

5.4 MARCO METODOLOGICO PARA EVALUAR LAS EMISIONES DE GEI DEL ESTUDIO DE CASO

Para cuantificar las emisiones de GEI procedentes del sistema BAU (Asistencia personal y desplazamiento de los de gestores de la Estrategia de CPE) y la alternativa TIC de formación (formación de docentes a través de videoconferencia en las sedes tipo A), se hacen adaptaciones a la Metodología Habilitante de GeSI, de acuerdo con las características del estudio de caso, para crear un marco metodológico cuantitativo que se articule con otras metodologías que cuantifican las emisiones de GEI de ambos sistemas.

La Metodología de GeSI al igual que la herramienta seleccionada para calcular las emisiones de la solución de TIC, permiten excluir aquellas etapas y procesos dentro del ciclo de vida de la solución que no tienen un impacto significativo de emisiones de GEI. Es por ello, que en el momento de evaluar este aspecto, solo se considera la herramienta seleccionada. Por otro lado, los GEI que se consideran en este estudio son el CO₂, CH₄ y N₂O y son calculados en CO₂e. Una visión general de los pasos que constituyen el marco metodológico cuantitativo utilizado para el estudio de caso, se muestra en la Figura 7.

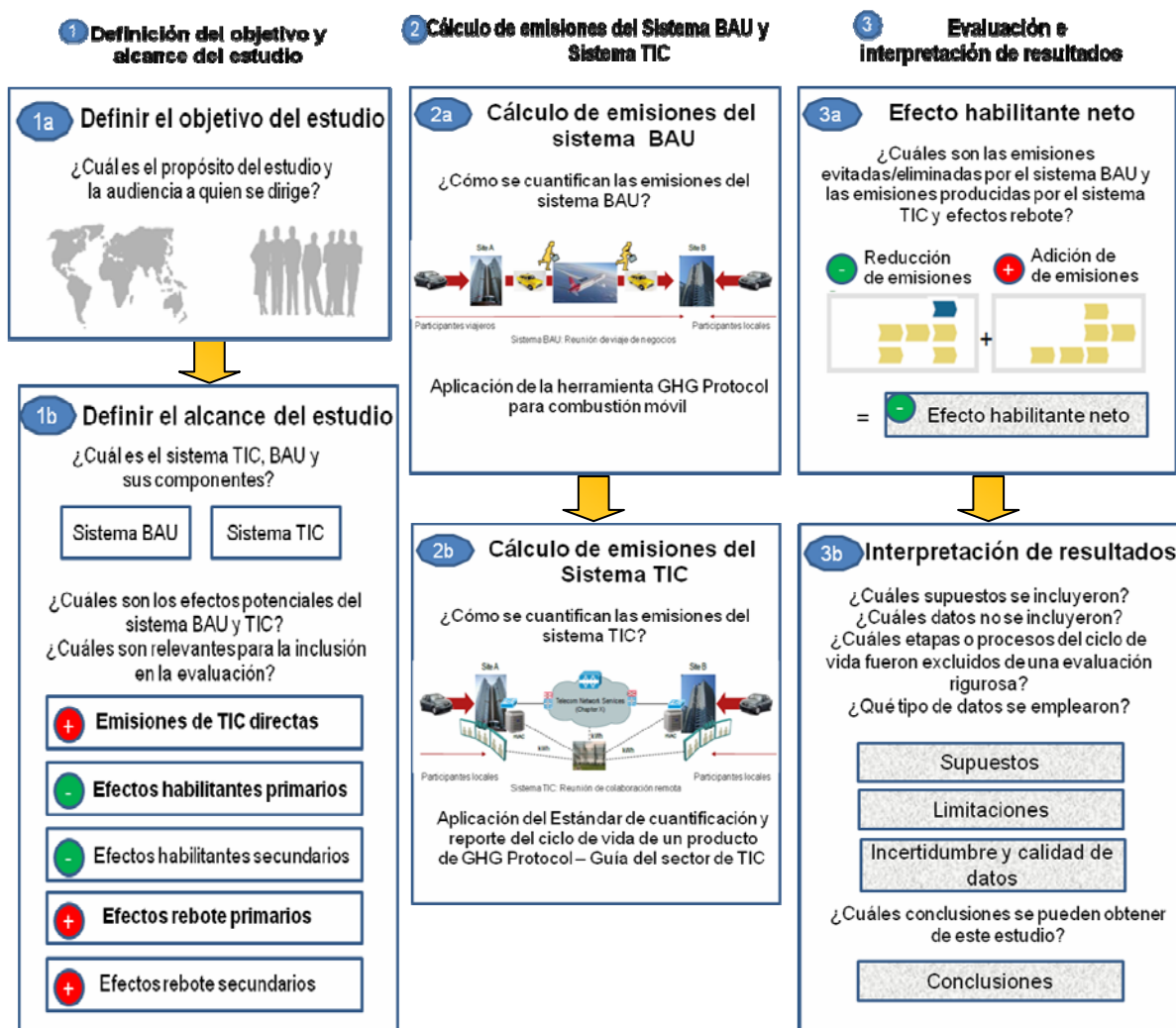
A continuación se presentan los pasos del marco metodológico a utilizar:

5.4.1 Paso 1: Definición del Objetivo y Alcance del Estudio.

5.4.1.1 Paso 1a: Definición del objetivo del estudio.

El propósito de estudio incluye una explicación detallada de la intención de uso de los resultados de la evaluación del efecto habilitante neto, como por ejemplo establecer los beneficios ambientales de un producto específico, o identificar el potencial de una solución TIC para la reducción de emisiones de GEI en el país.

Figura 7. Resumen del marco metodológico cuantitativo del estudio de caso



Fuente: Adaptado de Evaluating the carbon- reducing impacts of ICT: an assessment methodology (GeSI, 2010)

En este paso también se identifica la audiencia, a quien se dirigen los resultados, como clientes individuales, sector de legislación, industria y comercio. Existe una fuerte correlación entre la audiencia y la escala de adopción. La adopción de un sistema TIC por un cliente individual involucra una escala baja, mientras que un sector público o corporativo, una adopción más amplia y un efecto más medible.

5.4.1.2 Paso 1b: Definición del Alcance del Estudio.

En este paso se define el sistema de TIC, el sistema BAU, las emisiones de TIC directas, los efectos habilitantes primarios y secundarios, los efectos rebote primarios y secundarios. Para ello se considera lo expuesto en el Numeral 4.1.3.

En línea con la norma ISO, los efectos habilitantes y efectos rebote de segundo orden pueden excluirse de una evaluación rigurosa, de acuerdo al objetivo y alcance de estudio. Sin embargo las emisiones directas y los efectos habilitantes primarios deberían ser siempre relevantes. La decisión de incluir los efectos habilitantes secundarios, depende de la escala de adopción que se elija. Aquellos efectos que son muy difíciles de predecir, en cuanto a probabilidad de ocurrencia o impacto potencial, pueden definirse de acuerdo a un modelo basado en supuestos.

Al igual que los efectos habilitantes secundarios, la inclusión o exclusión de los efectos rebote depende de la escala de adopción. Desafortunadamente la incertidumbre de los efectos rebote, en especial los secundarios, dificulta su cuantificación. Sin embargo para mitigar esta incertidumbre, se realiza un análisis riguroso y se presenta un rango de efectos habilitantes netos potenciales.

5.4.2 Paso 2: Cálculo de Emisiones del Sistema BAU y TIC.

5.4.2.1 Paso 2a: Cálculo de Emisiones del Sistema BAU.

Una vez identificados los efectos habilitantes de mayor importancia se procede a identificar un factor de emisiones para convertir los datos del transporte de gestores en Kg CO₂e, aplicable para Colombia.

5.4.2.2 Paso 2b: Cálculo de Emisiones del Sistema TIC.

Existen organizaciones como la ETSI, ITU y GHG Protocol que han desarrollado metodologías para el cálculo de emisiones de servicios de TIC, sin embargo la Metodología que presenta de manera más clara y el detalle de cómo se realizan los cálculos de emisiones en cada etapa del ciclo de vida de un servicio de TIC es la **Guía para la evaluación de emisiones de GEI de servicios de Redes de Telecomunicaciones** del Estándar de cuantificación y reporte del ciclo de vida de un producto de GHG Protocol – Guía del sector TIC. Es por esta razón que se decide adoptar esta Metodología para calcular las emisiones del servicio de videoconferencia del estudio de caso.

Este estándar es la base para guiar a compañías del sector de TIC y otras organizaciones para evaluar las emisiones asociadas con un TNS. Para aplicar esta norma, se tienen en cuenta los aspectos que se presentan a continuación:

a. Objetivo del estudio:

Algunas de las razones para evaluar las emisiones de un servicio de telecomunicaciones son las siguientes:

- Para evaluar un determinado servicio ofrecido a un cliente del proveedor de servicios, por ejemplo, en respuesta a una petición del cliente o como parte de una oferta.
- Para analizar un servicio que se presta a través de una o más redes de telecomunicaciones. La evaluación puede ser realizada por el proveedor de equipos o el proveedor de servicios de telecomunicaciones.
- Para evaluar el uso de un servicio en particular a través de una red operada por un solo proveedor de red, por ejemplo, la evaluación de una llamada telefónica durante un minuto promedio, sobre la red del proveedor.
- Para obtener un análisis de previsiones, por ejemplo para la implementación de un nuevo servicio de red o un servicio para un nuevo cliente del proveedor de servicios.

b. Descripción del producto

El producto a evaluar puede ser una red, equipo o TNS. Este último permite la comunicación de los usuarios entre dos o más puntos finales. Un TNS incluye los elementos que se describen en el Numeral. Elementos y efectos potenciales por la adopción de soluciones TIC que sustituyen sistemas BAU.

c. Definición de la unidad funcional:

La unidad funcional define las características de funcionamiento del producto en estudio, para su uso como unidad de referencia, centrándose en los aspectos cuantitativos y cualitativos de la función (qué, cuánto, cómo y por cuánto tiempo).

La unidad funcional tiene que cuantificar con claridad, la duración del servicio de telecomunicaciones que se presta. Puede ser útil emplear más de una unidad funcional para expresar los resultados de la evaluación. Las unidades funcionales más comunes que se utilizan para un TNS son un minuto de uso (por ejemplo, llamadas telefónicas), un megabyte de datos transferidos, la duración de un contrato de servicio (por ejemplo, tres años), el uso anual.

d. Definición de fronteras

Se definen las etapas del ciclo de vida y los elementos de un TNS. Para ello, se tiene en cuenta lo expuesto en el Numeral 4.1.3.

e. Asignación y partición

Cuando los equipos de telecomunicaciones soportan dos o más servicios, es necesario realizar una partición de las emisiones asociadas con el equipo entre los servicios que soporta. Este tipo de partición aplica tanto para los equipos del dominio del cliente como la plataforma de servicios, en la etapa de uso, etapa incorporada y con menos importancia en las actividades operacionales.

Algunos de los factores de partición que se utilizan se basan en el uso, por ejemplo, número de suscriptores o la cantidad de datos, la capacidad de provisión (puertos o ancho de banda), el tráfico a través de una red/equipo.

Para realizar la partición de emisiones en la etapa de uso de la plataforma de servicios, se utiliza una forma simple de repartir el total de emisiones de la plataforma de servicios, a un servicio particular, a través de una relación entre el tráfico promedio o la capacidad de ancho de banda provisto para el servicio y el tráfico promedio total o su capacidad de ancho de banda de la plataforma de servicios. El uso de tráfico promedio se recomienda para el equipo que maneja servicios múltiples que comparten la capacidad activa y de protección, como podría ser el caso de un enrutador de red core.

f. Requerimientos generales en la etapa de uso:

Lo ideal es que las emisiones de la etapa de uso, se estimen a partir de la medición del consumo de potencia típico de los equipos, bajo condiciones normales de uso y con el perfil de uso relevante (por ejemplo, horas activas, horas de espera y horas inactivas al año), o consumo de potencia (“full load” y “no load”). Preferiblemente, se debe utilizar un promedio ponderado de los modos de operación del perfil que se tenga.

En caso de no contar con estos datos, es posible obtener de algunos fabricantes, las estimaciones de los factores de potencia para sus equipos, basados en las condiciones de operación. Con este factor de potencia y el máximo consumo de potencia nominal se obtiene el valor promedio de potencia utilizado por el equipo. El máximo consumo de potencia se puede obtener de las especificaciones técnicas del fabricante.

Para alimentar los equipos auxiliares, que son externos a los equipos TIC, por ejemplo equipo de enfriamiento y equipo de suministro de energía ininterrumpida, UPS, se utiliza el factor de Eficiencia en el Uso de Energía, PUE, que involucra la energía del equipo de enfriamiento y las pérdidas de UPS y puede estar basado en el consumo real de electricidad de cada parte del equipo o en la operación del equipo en distintos tipos de edificaciones, centros de servidores o datos, etc.

g. Otras consideraciones para la definición de fronteras

- Es necesario documentar con claridad si el equipo de usuario final está incluido en el ámbito de la evaluación. Equipos como computadores, sistemas de videoconferencia y teléfonos, se consideran equipos de usuario final, cuando se venden como parte del TNS que se está prestando.
- Cuando no se utiliza un factor de PUE, se calcula por aparte el consumo de energía de la UPS y el equipo de enfriamiento, que se requiere para el funcionamiento de los equipos del TNS que se está evaluando.
- Para calcular las emisiones en el dominio del cliente y la plataforma de servicios, se debe tener en cuenta la utilización del equipo de acuerdo con la unidad funcional (por ejemplo, el tiempo definido de servicio). De igual forma, se aplica un factor de partición a las emisiones de la etapa incorporada tanto del equipo como de la infraestructura relacionada con las TIC, para que coincida con la unidad funcional.
- Está fuera del alcance del estudio, las emisiones por electricidad y otras fuentes de energía que no hacen parte del TNS, por ejemplo, la electricidad en oficinas generales de los clientes del proveedor de servicios.
- También está por fuera del estudio, las emisiones por construcción de edificios, equipo de TIC y equipo auxiliar, que no hace parte del dominio del cliente y la plataforma de servicios.

h. Distribución y Transporte del equipo TIC

Cuando el análisis de proyección utiliza datos publicados o datos financieros internos, que indican que el transporte probablemente es significativo, aquellos elementos de transporte adicionales, que no han sido considerados, se deberían calcular. Se deben considerar las emisiones por el transporte de equipos TIC desde el fabricante hasta el proveedor de servicios dentro de las emisiones de las incorporadas del equipo TIC.

En caso de que las emisiones resultantes de la distribución y transporte (por aire, agua, carretera, ferrocarril, otros) de los equipos del dominio cliente desde las instalaciones del proveedor del TNS hasta donde el cliente no son significativas con respecto al total de emisiones del TNS, estas se pueden omitir.

i. Tratamiento del equipo al final de su vida útil

Se deben tener en cuenta las emisiones por el tratamiento de los equipos TIC al final de su vida útil, por parte del proveedor de servicios o el usuario final, dentro de las emisiones incorporadas del equipo. En la práctica, las emisiones al final de

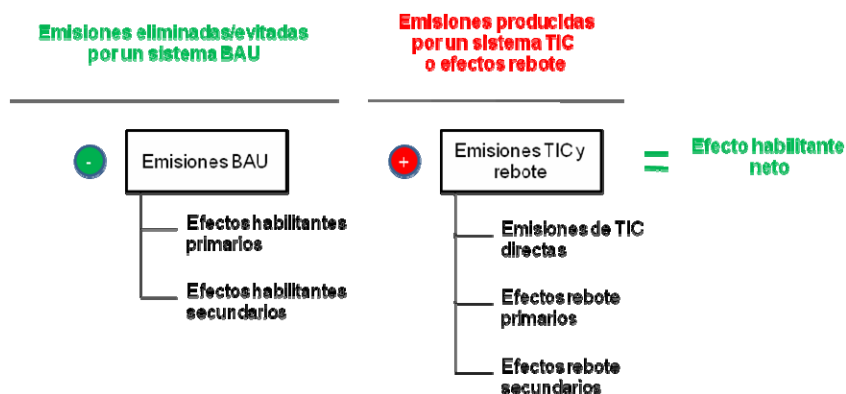
vida de los equipos TIC y los servicios, tienden a ser muy pequeñas comparadas con las emisiones de GEI totales, es por eso que estas emisiones se pueden obtener a través de parámetros de estudios históricos.

5.4.3 Paso 3: Evaluación e Interpretación de Resultados.

5.4.3.1 Paso 3a: Efecto Habilitante Neto.

Con los resultados de los pasos 1 y 2, se obtiene el efecto habilitante neto, que se basa en la disminución de emisiones del sistema de BAU, aumento de emisiones del sistema TIC y los efectos rebote relacionados, como se muestra en la Figura 8.

Figura 8. Cálculo del efecto habilitante neto



Fuente: Adoptado de Evaluating the carbon- reducing impacts of ICT: an assessment methodology (GeSI, 2010)

5.4.3.2 Paso 3b. Interpretación de Resultados.

Posteriormente el efecto habilitante neto se interpreta a través de los supuestos, limitaciones, incertidumbre y calidad de los datos y conclusiones. Los supuestos y exclusiones evitan que se presenten diferentes interpretaciones y sirven para determinar los efectos habilitantes y rebote en el Paso 1, deben ser documentados y justificados. La incertidumbre de los resultados debería considerarse,

especialmente cuando se utilizan datos modelados²², se puede presentar por los efectos rebote (en especial los secundarios). La calidad de los datos debería tenerse en cuenta cuando se evalúa la incertidumbre. La debilidad de los datos primarios²³ podría incluir sesgos potenciales (por ejemplo, un estudio piloto en poblaciones potencialmente no representativas).

5.5 APLICACIÓN DEL MARCO METODOLÓGICO PARA EVALUAR LAS EMISIONES DE GEI DEL ESTUDIO DE CASO

5.5.1 Paso 1: Definición del Objetivo y Alcance del Estudio.

5.5.1.1 Paso 1a: Definición del Objetivo del Estudio.

El propósito del estudio de caso corresponde al objetivo general de este trabajo. A pesar de que los resultados de un trabajo de grado de Maestría, se vuelven de carácter público, ya que cualquier sector, como la academia, la industria, el gobierno, las ONG ambientalistas, entre otros, puede consultarlos, la audiencia principal a quien se presentan los resultados serán Computadores para Educar y el Ministerio TIC. Es decir, que en un principio, la escala de adopción es baja, la implementación del servicio de videoconferencia no afectará el uso o desarrollo de infraestructura y además se limitará a actividades y operaciones propias de CPE.

Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio permitirán analizar integralmente tanto los efectos habilitantes como los efectos negativos de las futuras soluciones TIC que se implementen en el país, que por constituirse en estrategias reconocidas en el ámbito mundial de reducción de emisiones de GEI a la atmósfera, se vienen impulsando con mucha fuerza.

²² Los datos modelados se estiman con base en supuestos que son proyecciones o escalamientos de estudios pilotos pequeños. Los supuestos son necesarios cuando los datos primarios o secundarios son difíciles de obtener.

²³ Los datos primarios son recogidos por el investigador, específicamente para un proyecto de investigación, por ejemplo, estudios piloto o encuestas a clientes o fabricantes. Por su parte los datos secundarios se recopilan para otro propósito, pero pueden ser analizados de nuevo en un estudio posterior, por ejemplo, un LCA estimado por la academia, el gobierno, la industria para los componentes de un sistema TIC y BAU.

5.5.1.2 Paso 1b. Definición del Alcance del Estudio.

a) Sistema BAU, sistema TIC y sus componentes:

El sistema BAU para el estudio de caso corresponde a los viajes en transporte público de los gestores desde las ciudades capitales donde residen hasta las sedes educativas donde realizan las formaciones en TIC. De acuerdo con la geografía del país, se prevé que se utilicen aviones, buses y lanchas. El sistema TIC incluye todos los componentes requeridos para el servicio de videoconferencia en las sedes, como equipos de red WLAN, red de acceso satelital y equipos para la interconexión a Internet y al NAP Colombia²⁴. La Tabla 7 presenta la descripción del sistema BAU y TIC y sus componentes.

Tabla 6. Sistema BAU, sistema TIC y sus componentes para el estudio de caso

Sistema	Descripción	Componentes del sistema
BAU (Business As Usual)	Viajes de gestores para la formación educativa en TIC en sedes educativas públicas.	Transporte público Avión Bus Lancha
TIC	Sistema de videoconferencia en sede educativa	Equipos de Red WLAN: Switch LAN de 8 puertos Punto de Acceso Inalámbrico Servidor Proxy Portátiles
	Red satelital del Proveedor de Servicios de TIC	Estación terrena satelital Hub Satelital Estaciones remotas VSAT
	Interconexión a Internet y al NAP Colombia del Proveedor de Servicios de TIC	Equipos enrutadores Equipos de transmisión (fibra óptica, radio) Servidores

Fuente: Elaboración de los autores

A continuación la Tabla 8 presenta los efectos habilitantes primarios y secundarios, los efectos rebote primarios y secundarios y las emisiones de TIC directas que se presentan para el estudio de caso.

²⁴ El NAP es un punto de conexión nacional de las redes de los proveedores del servicio de acceso a Internet en Colombia, que permite al tráfico con origen y destino en nuestro país, utilizar solamente canales locales o nacionales.

Tabla 7. Efectos potenciales de la implementación del servicio de videoconferencia

Categoría	Efectos identificados	Se excluye?	Justificación de la exclusión	Componentes del sistema evaluados
+ Emisiones TIC Directas	Emisiones de equipos de TIC requeridos para la videoconferencia	No	NA	Equipos de Red WLAN (switch, Punto de Acceso Inalámbrico, Servidor Proxy) Estación terrena y Hub satelital y Estaciones remotas VSAT. Equipos de interconexión a internet (enrutadores, servidores y equipos de transmisión óptica y radio).
- Efectos habilitantes primarios	Reducción de viajes en vehículos públicos	No	NA	Buses
- Efectos habilitantes secundarios	Reducción de uso de aviones y lanchas	Si	No hace parte del propósito de estudio	
	Reducción en la fabricación de buses, aviones y lanchas.	Si	No es relevante para la escala de adopción de CPE	
	Reducción en el uso de infraestructura para viajes (carreteras, terminal de transportes, aeropuertos)	Si	No es relevante para la escala de adopción de CPE	
+ Efectos rebote primarios	Incremento del uso de la videoconferencia para capacitaciones adicionales que no requieren viajes.	Si	Se considera que la demanda no va a ser importante porque hay un proceso de adopción más allá de los 2 años de la Estrategia CPE	Ver componentes de la emisiones de TIC directas

Fuente: Elaboración de los autores

Limitaciones y supuestos para determinar los efectos potenciales:

b) Emisiones de TIC directas:

Se excluye el uso de computadores de escritorio o portátiles en las sedes ya que son utilizados tanto en el sistema BAU como en el sistema TIC, lo cual no genera cambio de emisiones. Por consiguiente también se excluye la energía para la iluminación y el funcionamiento de los portátiles utilizados durante la capacitación offline de las jornadas de formación presencial, con el supuesto de que se compensa con la misma energía que se utiliza durante la jornada virtual (sesión de videoconferencia).

c) Efectos habilitantes:

Se identifica como efecto habilitante primario, la reducción de viajes en bus público, considerado como el tipo de transporte más utilizado para llegar a las sedes educativas, como se presenta en la Gráfica 1.

Como efectos habilitantes secundarios, se identifican la reducción del uso de aviones y lanchas, sin embargo finalmente no se consideran dado el propósito del estudio de caso. De igual forma se identifican las implicaciones potenciales por la reducción en la fabricación de buses, aviones y lanchas, así como la reducción en el uso de infraestructura para viajes (carreteras, terminal de transportes, aeropuertos). Sin embargo, dada la escala de adopción, estas implicaciones no se consideran.

Para la primera implicación, existen otros vehículos disponibles para hacer los desplazamientos y por tanto no altera la ejecución de la Estrategia de CPE. Con respecto a la segunda implicación, a pesar de que la reducción del uso de vehículos disminuye la carga en la infraestructura de carreteras, su inclusión como efecto habilitante es irrelevante.

No se consideran los trayectos dentro de la cabecera municipal, porque no se cuenta con la ubicación exacta de cada una de las sedes. Existe una gran variabilidad en su ubicación, así como algunas sedes pueden estar muy cerca de la cabecera municipal, otras pueden estar muy alejadas.

d) Efectos rebote:

Como posible efecto primario se presenta el incremento del uso de la videoconferencia para formaciones adicionales que no requieran viajes. Este efecto se genera porque los docentes experimentan las facilidades de comunicación que ofrece el servicio, utilizándolo en algunos casos para reuniones que no suplen necesidades de viajes, como la comunicación para fines administrativos o académicos entre las sedes de un mismo establecimiento educativo o entre establecimientos de un municipio o región.

Como este estudio involucra la prestación del servicio durante el 2012 y 2013, periodo en el cual los usuarios aprenden a usar la herramienta, se prevé que a corto plazo no se presente un incremento significativo en su uso. Por otro lado, como la infraestructura de red WLAN de la sala de cómputo de la sede puede operar durante 24 horas, el posible consumo adicional que se presente, estaría incluido en este horario. Por esta razón, se considera que el este efecto rebote primario no representa una carga ambiental de emisiones para el sistema TIC.

Queda por fuera del alcance de este estudio, el posible incremento del uso del servicio que se presente a largo plazo, correspondiente al efecto rebote secundario.

5.5.2 Paso 2: Cálculo de Emisiones del Sistema BAU y TIC.

5.5.2.1 Paso 2a: Cálculo de Emisiones del Sistema BAU.

Para calcular las emisiones de GEI procedentes de los desplazamientos de los gestores a las sedes educativas, se utiliza la herramienta de GHG Protocol para combustión móvil, de WRI. Esta herramienta utiliza una plantilla que requiere del ingreso de diferentes datos de entrada, entre ellos, el más importante, son las distancias recorridas por carretera, avión, vía fluvial/marítima.

Para obtener estas distancias, inicialmente se solicita a CPE el listado de todos los municipios y cantidades de sedes tipo A. Luego se utiliza la herramienta de Google Maps²⁵ y un macro del programa Excel, para crear una rutina que agiliza la consulta a Google Maps²⁶ de cada distancia del trayecto ingresado.

Para optimizar los trayectos, se obtiene la menor distancia recorrida por un gestor, calculando las distancias entre los municipios a beneficiar y cada una de las capitales de la región. El cálculo se hace de esta forma, pues se espera escoger al gestor que se encuentre más cercano al municipio que se va a beneficiar.

Aquellas distancias que Google Maps no logra calcular porque sus bases de datos no poseen información geográfica como carreteras existentes, o existen trayectos que se recorren vía aérea, marítima o fluvial, se consultan a través de Google Earth, en el mapa a escala del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el mapa de INVIAS (Instituto Nacional de Vías) o en las páginas WEB de los municipios. No se calculan las distancias de los trayectos entre la cabecera municipal y las sedes educativas por las razones expuestas anteriormente.

La aplicación de estas herramientas, permiten obtener las distancias de todos los trayectos requeridos en las ocho Regiones de la Estrategia de CPE como se muestra en el Anexo A (Archivo Excel Cálculo de Emisiones del Sistema BAU).

Sin embargo, como cada distancia corresponde a un solo trayecto (por ejemplo, Medellín-Turbo), recorrido en bus, lancha o avión, es necesario calcular la cantidad de veces o viajes que el gestor recorre este trayecto. Esta variable se le denomina No. Viajes/ trayecto, que debe recorrer el gestor para cumplir con la totalidad de jornadas presenciales por municipio. Para calcular este valor se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- Por cada visita a la sede educativa, se realiza una jornada de cuatro horas (en la mañana o en la tarde), debido a que la práctica demuestra que los docentes pueden recibir la formación en TIC en contrajornada, después de

²⁵ Google Developers. Google Maps API. (2009). Recuperado el 7 de Mayo de 2012, de <https://developers.google.com/maps/documentation/directions/?hl=es-AR#Introduction>.

²⁶ La herramienta de Google Maps realiza el cálculo de las distancias entre distintos puntos, a través de los Servicios web de Google Maps API, que constituyen un conjunto de interfaces HTTP para los servicios de Google que proporcionan datos geográficos para las aplicaciones de mapas.

clases, ya que no pueden desescolarizar sus estudiantes y no tienen mucha disposición de tiempo.

- Teniendo en cuenta que el factor de costo-eficiencia es fundamental para realizar cualquier proyecto, un aspecto que afecta este factor son los costos por viáticos y transporte de los gestores cuando se hacen las formaciones en municipios que no son ciudades capitales. Es por eso que se propone que el gestor visite a diario estos municipios, cuando la distancia desde la capital más cercana, es inferior o igual a 60 Km y se utiliza bus público o bus público y lancha. Para este caso el gestor solo requiere una hora para el viaje de ida y otra hora para el regreso. Se incluye bus público y lancha, debido a que en muchos casos, recorrer un trayecto, requiere de los dos tipos de transporte y porque la velocidad promedio en lancha es similar a la del bus público, aproximadamente 60 Km/h, utilizando un motor 200 HP²⁷.
- Para aquellos municipios que se encuentran a más de 60 Km de distancia de la capital, el tiempo total de viaje es superior a 2 horas, por lo cual, por razones de costo-eficiencia se sugiere que el gestor se hospede de lunes a viernes en la cabecera municipal, de tal forma que con un viaje de ida y regreso, realiza 10 jornadas.
- Teniendo en cuenta que existen municipios en donde solo es posible llegar por avión y que los vuelos incrementan los costos del proyecto, se sugiere que el gestor se hospede mensualmente, es decir que con un viaje de ida y regreso, realiza 40 jornadas. Con esta consideración y de acuerdo a la cantidad de sedes a beneficiar por municipio, el gestor viaja las veces que sean necesarias para cumplir con la totalidad de jornadas presenciales.
- Debido a que lo que impacta en el cálculo de las emisiones de GEI, es la cantidad de viajes que se realizan por trayecto, queda por fuera del estudio la cantidad de gestores que se deben enviar por municipio y la distribución de sedes a atender por semana o mes.

Las anteriores consideraciones se interpretan a través de las ecuaciones del Anexo B. Los resultados de la aplicación de estas ecuaciones se presentan en el Anexo A, en la columna No. Viajes/Trayecto para cada una de las Regiones.

Con estos resultados y las distancias de todos los trayectos, se obtienen las distancias totales (Km) por Región, que deben recorrer los gestores en bus público, lancha y avión, para cumplir con la totalidad de las jornadas presenciales exigidas por la Estrategia de CPE, como se muestra en la Tabla 9.

²⁷ El motor 200 HP (caballos de fuerza) de lancha es el más utilizado en el transporte fluvial para llegar a algunos municipios, de acuerdo con las llamadas telefónicas que se hicieron para confirmar el acceso a algunos sitios.

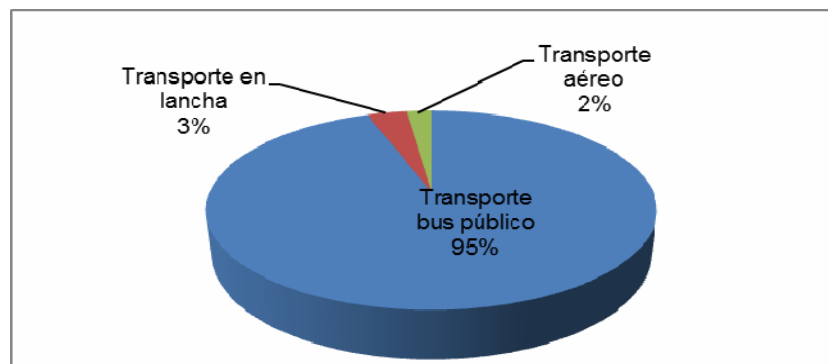
Tabla 8. Total Distancias Intermunicipales (incluye todos los viajes de ida/regreso)

REGIÓN	DISTANCIAS INTERMUNICIPALES (ida/regreso) Km		
	Transporte en bus	Transporte en lancha	Transporte aéreo
Región 1	969.565,4	33.764	0,00
Región 2	1.467.635,0	0	0,00
Región 3	673.755,8	0	0,00
Región 4	1.224.532,8	0	0,00
Región 5	1.098.603,8	60.160	3.000,00
Región 6	1.532.780,8	87.845	73.262,92
Región 7	516.534,0	6.982	55.537,60
Región 8	1.061.411,8	123.682	53.816,64
TOTAL Km/Tipo Transporte	8.544.819,4	312.433	185.617,16
		TOTAL Km por recorrer	9.042.869,56

Fuente: Elaboración de los autores

Con los valores obtenidos en la Tabla 9, se determina que el tipo de transporte más utilizado durante la formación presencial, es el bus público, representa el 95%, mientras que el transporte en lancha y en avión, representa tan solo el 3% y 2% respectivamente, como se presenta en la Gráfica 1.

Gráfica 1. Distribución porcentual del tipo de transporte utilizado en la formación presencial



Fuente: Elaboración de los autores

Con esta distribución de porcentajes, se decide solo calcular las emisiones procedentes del transporte en bus público. Por lo cual, se procede a ingresar las distancias totales obtenidas para este tipo de transporte y el resto de datos solicitados en la plantilla de la herramienta de GHG Protocol para combustión móvil, como se presenta en el Anexo C. (Archivo Excel Cálculo de Emisiones del Transporte en Bus público). Se decide utilizar esta herramienta porque no se dispone de un factor de conversión en gm CO₂e/pasajero-Km para bus público intermunicipal en Colombia. El IPC calculó un factor en gm CO₂e/Km (para el tipo de actividad distancia de vehículo) para velocidades entre 27 y 28 Km/hora para Colombia, mientras que la SDA a través del PDDAB obtuvo el mismo factor para Bogotá. Sin embargo como lo que realmente se requiere es un factor para el tipo de actividad distancia de pasajero (gm CO₂e/pasajero-Km) y como las distancias de viajes intermunicipales son de 60 Km/hora aproximadamente en lugares ubicados a diferentes alturas sobre el nivel del mar ya que la Estrategia se desarrolla en todo el territorio nacional, se decide hacer uso de la herramienta de GHG Protocol para combustión móvil.

Con los resultados obtenidos a través de esta herramienta y el No. de viajes/trayecto, se obtiene el total de emisiones de todos los viajes en microbus, que recorren los gestores durante la formación presencial, para una jornada por visita (o día), como se muestra en la Tabla 10.

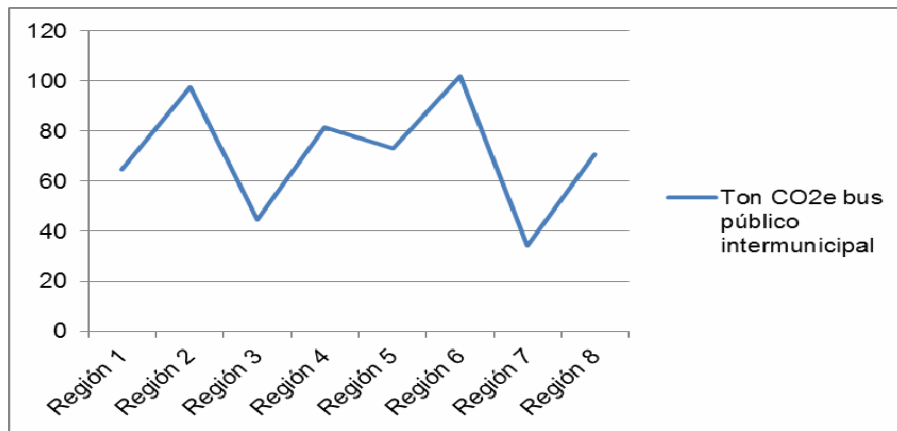
Tabla 9. Emisiones del transporte en bus público durante la formación presencial

Región	Ton CO₂e bus público intermunicipal
Región 1	64,562
Región 2	97,728
Región 3	44,864
Región 4	81,540
Región 5	73,155
Región 6	102,066
Región 7	34,395
Región 8	70,678
TOTAL REGIONES	568,988

Fuente: Elaboración de los autores

Finalmente con estos resultados, se puede concluir que en las Regiones 2 y 6 se recorren las mayores distancias en bus público, y por lo tanto corresponden a las Regiones donde se generan la mayor cantidad de emisiones, 97,728 y 102,066 toneladas de CO₂e, como se muestra en la Gráfica 2. Por otro lado, la inclusión de diferentes condiciones de costo-eficiencia en el cálculo de la cantidad de viajes por trayecto en bus público, permite reducir la cantidad de viajes en algunos trayectos y en consecuencia reducir la cantidad de emisiones. El total de emisiones procedentes del transporte en bus público de los gestores durante las jornadas presenciales genera **568,988 tonCO₂e**.

Gráfica 2. Distribución por Región de emisiones del transporte en bus público – Formación presencial



Fuente: Elaboración de los autores

5.5.2.2 Paso 2b: Cálculo de Emisiones del Sistema TIC.

Aplicación del Estándar de cuantificación y reporte del ciclo de vida de un producto de GHG Protocol – Guía sector de TIC

a. Objetivo del estudio

El objetivo del estudio es describir los pasos para calcular las emisiones procedentes del servicio de videoconferencia en las sedes tipo A, durante el 2012 y 2013 por la Estrategia de CPE, a lo largo de todo el territorio nacional.

El despliegue del servicio se hará a través de la conectividad a internet que existirá en la sede, empleando la red satelital VSAT (Terminal de Apertura Muy pequeña) Surfbeam del proveedor de servicios BT e instalando en los computadores portátiles del dominio del cliente, el software WEBEX de CISCO.

b. Descripción del producto:

El software WEBEX de Cisco permite compartir aplicaciones, documentos, el escritorio del computador, entre otros. Este software permite conectar hasta 5.000 participantes en línea y no requiere de la instalación de hardware, ni mantenimiento del software. Trabaja en cualquier plataforma, PC, Mac, Linux, or Solaris. Se selecciona la aplicación de Voz sobre IP, modo de operación del software SPV (Software Point Video) que provee una ventana para que solo el gestor pueda ser visto, video de alta definición (360 pixeles de resolución) que requiere una comunicación *full dúplex*, con el máximo consumo de potencia en el canal de subida y bajada, 1,5 Mbps²⁸ y 1 Mbps respectivamente²⁹.

A nivel de Plataforma de servicios, el servicio de videoconferencia se implementa a través del Sistema satelital de VSAT Surfbeam de BT, que soporta una variedad de aplicaciones IP, a través del cual acceden todas las estaciones remotas, ubicadas en las sedes, para la conectividad a Internet a altas velocidades.

c. Definición de la Unidad Funcional:

La unidad funcional para el servicio de videoconferencia, es 3.449 y 4.586 puertos durante el año 2012 y 2013 respectivamente, distribuidos en ocho regiones del país. Cada puerto se usa 72 horas/año y tiene una capacidad de ancho de banda de 2,5 Mbps. Un puerto es la interfaz física entre el equipo del cliente y una red de telecomunicaciones.

²⁸ Mbps significa millones de bits por segundo o megabits por segundo y es una medida de ancho de banda (flujo total de información en un momento dado) en un medio de telecomunicaciones.

²⁹ Cisco Webex. Conditions affecting performance of a WebEx session. (2011). Recuperado el 16 de Mayo de 2012, de <http://www.wbximg.com/includes/documents/data-sheets/Webex-Network-Bandwidth.pdf>

Otra unidad funcional es la disponibilidad de BT para prestar el servicio de videoconferencia en las 8.035 sedes. BT debe garantizar la disponibilidad de la plataforma de servicios durante 560 horas en el 2012 y 720 horas³⁰ en el 2013. La plataforma de servicios del sistema satelital VSAT Surfbeam posee una capacidad total de provisión de 43.781 Mbps, según información suministrada por Compartel.

d. Definición de fronteras:

Teniendo en cuenta las etapas del ciclo de vida y los elementos de un TNS, considerados en el Numeral. 4.1.3.2, se procede a definir las fronteras de cada uno de los elementos del servicio de videoconferencia del estudio de caso.

Dominio del cliente (´a`):

Definición del Dominio del cliente y sus fronteras:

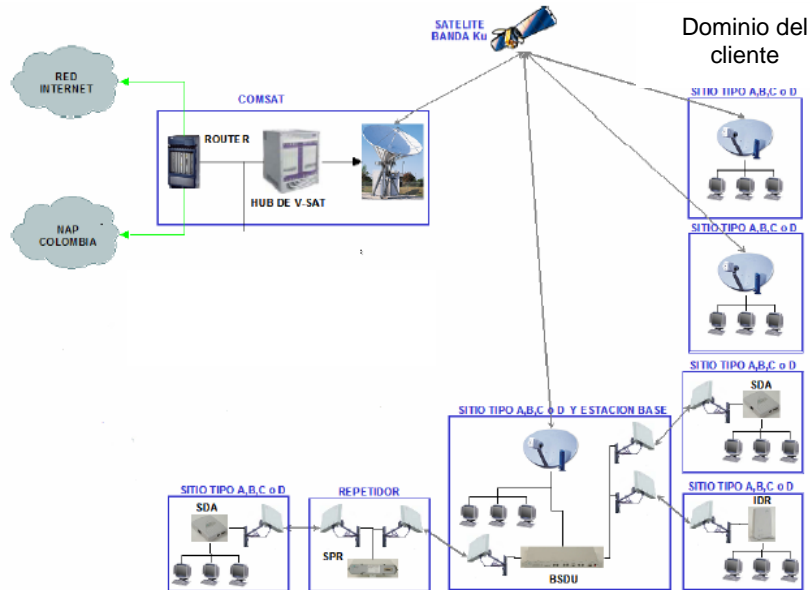
El dominio del cliente está conformado por el acceso satelital y la red WLAN para la prestación del servicio de videoconferencia en cada una de sedes.

✓ Red de acceso satelital

El proyecto Nacional de Fibra Óptica, impulsado por el Plan Vive Digital del Ministerio TIC, espera conectar cerca del 100% de los municipios en el país, para el 2014, es decir que a futuro, las sedes beneficiadas por la Estrategia de CPE contarán con conectividad a internet gracias a este proyecto. Sin embargo, como no se cuenta con la información de arquitectura de la nueva red Core y red de acceso, el estudio de caso considera la conexión de las sedes a través de la red satelital Surfbeam de BT, cuya arquitectura corresponde a la Fase I del Programa de Conectividad en Banda Ancha para Sedes Públicas de Compartel, como se muestra en la Figura 9. Cada sede requiere un Módem satelital remoto Surfbeam y una antena VIASAT para aplicaciones banda Ku, que apunta al Satélite Anik F1.

³⁰ Cantidad de horas obtenidas de acuerdo con los datos de la Estrategia de CPE.

Figura 9. Red de Acceso satelital en sedes educativas Fase I Compartel



Fuente: Informe detallado de Ingeniería y 1Operación. Actualización No. 5. Versión 7.0. (British Telecom, 2009)

✓ **Red WLAN:**

Esta red a diferencia de la red LAN instalada por BT en la Fase I de Compartel, presenta acceso inalámbrico. El escenario típico de esta arquitectura en la sala de cómputo, está conformada por los siguientes elementos:

- Servidor Proxy IBM ThinkCentre A51p.
- Punto de Acceso Inalámbrico D-link (Modelo DAP-2360 POE 802.11N).
- Switch LAN de 8 puertos HP 1410-8G (Modelo J9559A). Mínima cantidad de puertos, porque los portátiles se conectan inalámbricamente.
- UPS marca APC modelo Smart-UPS 750VA USB & Serial 120 V.
- Equipo de aire acondicionado para mantener la sala bajo condiciones de temperatura aceptables para el funcionamiento de los equipos.
- Equipo de soporte de la Red LAN como rack, cable UTP (par trenzado no blindado) categoría 5e, cable AWG (estándar de medición de cable americano), caja para breakers, entre otros.

✓ **Otras consideraciones:**

- A pesar de que BT proporciona el sistema de acceso inalámbrico, como otra solución de última milla, el estudio de caso solo considera la solución más común, es decir la solución satelital Surfbeam.
- El único servicio que se presta en el dominio del cliente, es el servicio de internet, que soporta la transmisión de la videoconferencia, es por ello que el consumo total de energía de los equipos no requiere partición.
- Se considera el supuesto de que las sedes disponen de aire acondicionado, sin importar el clima de la región donde se encuentren.
- Los dos computadores portátiles que se conectan por sede durante la sesión de videoconferencia, no se incluyen como equipos de usuario final.
- Solo se considera el cable UTP cat 5e, como equipo de soporte, ya que se requiere para realizar las conexiones de los equipos de telecomunicaciones en las salas de cómputo. No se requiere de cable UTP, canaleta y demás accesorios para conectar los portátiles a la red, pues se dispone de una red WLAN que facilita la conectividad de forma inalámbrica.

A continuación se presentan los cálculos de las emisiones procedentes de los equipos del dominio del cliente, en las etapas de uso e incorporada, a través de la aplicación de los métodos presentados en el Numeral 5.4.2.2.

Etapas de uso en el dominio del cliente (“a1”)

Para calcular las emisiones de GEI procedentes del consumo de energía de los equipos del dominio del cliente, se aplica el método ascendente, para obtener el inventario de los equipos involucrados en la prestación del servicio de videoconferencia del estudio de caso y el método de estimación de LCA, como se describe en los siguientes pasos:

1. Se hace un inventario de todos los equipos del dominio del cliente necesarios para prestar el servicio.

2. Se obtiene el máximo consumo de potencia para cada tipo de equipo y se considera una figura de utilización estándar de 0,75³¹ (factor de potencia), para obtener el valor promedio de potencia activa utilizada por tipo de equipo. El cálculo se realiza de esta forma, debido a que no se cuenta con todos los modos de operación de los equipos. Los máximos consumos de potencia que no se encontraron en la información suministrada por Compartel³², se obtuvieron de las páginas web de las especificaciones técnicas de los equipos.
3. Se aplica un factor PUE de 1,4³³, a los valores promedio de potencia calculados en el punto anterior. Este valor es utilizado en centros de conmutación.
4. Para cada tipo de equipo, se obtiene o crea perfiles de uso típicos, por ejemplo, horas/día de cada estado del ciclo de trabajo del equipo. Como estos datos no están disponibles, se utiliza la cantidad de horas de prestación del servicio por cada tipo de equipo. Cada módem remoto satelital, servidor proxy y switch opera durante 72 horas.
5. Para cada tipo de equipo se calcula el consumo total de energía en KWh, durante el tiempo de prestación del servicio. Esto se calcula multiplicando el consumo de energía que incluye el factor PUE, por el perfil de uso (número de horas de uso previsto), y por el número de equipos utilizados.
6. Se aplican valores de partición sobre la energía total utilizada por los equipos que comparten diferentes servicios. Para este estudio no se presentan particiones ya que los equipos soportan solo el servicio de conectividad a internet.
7. Se calculan las emisiones en CO₂e, multiplicando el consumo total de energía (Kwh) por el factor global de conversión de emisiones de CO₂e por KWh de electricidad para Colombia.

Inicialmente se obtiene este factor con los datos del inventario de emisiones del 2007 de la EIA³⁴. Este cálculo se presenta en el Anexo D. Sin embargo para utilizar un factor más actualizado, se toma como referencia el valor de 0,175 KgCO₂/KWh del año 2009 registrado por la Agencia de Energía Internacional (IEA), a pesar de que este factor no está en CO₂e, pues como se observa en el cálculo del factor de la EIA, el aporte por emisiones de CH₄ y N₂O es de una milésima. Es por esta razón que se toma un factor de 0,175 KgCO₂e/KWh.

³¹ GHG Protocol. Chapter 2: Guide for assessing GHG emissions of Telecommunications Network Services. p.37. (2012). Recuperado el 15 de Mayo de 2012, de http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/Chapter_2_GHGP-ICT%20TNSguide%20v1-5%2010MAR2012.pdf.

³² British Telecom. Informe detallado de Ingeniería y Operación. Actualización No. 5. Versión 7.0. Contratos de Aporte 2041766, 2041767 y 2041768 de Compartel. Septiembre 7 de 2009.

³³ GHG Protocol. Chapter 2. Ibid p.14.

³⁴ EIA. U.S. Department of Energy. Voluntary Reporting of Greenhouse Gases. p.127. (2009). Recuperado el 15 de Mayo de 2012, de http://www.eia.gov/oiaf/1605/pdf/Instructions_091112.pdf.

Los cálculos de los pasos anteriores se presentan en el Anexo E, y dan un total de **52,615 ton de CO₂e**, procedentes de los equipos del dominio del cliente en la etapa de uso.

Etapa incorporada en el dominio del cliente (“a2”)

Para obtener las emisiones relacionadas con esta etapa, la metodología seleccionada, recomienda aplicar el modelo de Relación de Etapa LCA y la Evaluación Económica de Entradas y Salidas (EEIO). Este último método requiere de los costos obtenidos de los datos del CAPEX³⁵ interno y la relación entre las emisiones de CO₂e y los costos de la red satelital para un periodo determinado, con el fin de obtener el porcentaje de emisiones de la etapa incorporada del dominio del cliente, correspondiente al servicio del estudio de caso.

Con el fin de asegurar niveles de confiabilidad de los valores obtenidos en el estudio económico, se sugiere utilizar el modelo de Relación de Etapa LCA. Sin embargo como no están disponibles los datos para realizar una evaluación económica, solo se aplica el método de relación de etapa LCA. Este método modela las emisiones de GEI de la etapa de uso, como un porcentaje de las emisiones totales del ciclo de vida, basado en información histórica sobre la representación de cada etapa dentro del total de emisiones de todo el ciclo.

El Anexo F, muestra los porcentajes de emisiones en la etapa de uso e incorporada, Cu y Ce, que se asignan a diferentes tipos de equipos. Inicialmente se calculan las emisiones de la etapa de uso para cada tipo de equipo de acuerdo al tiempo de vida útil considerado por el fabricante, para luego calcular las emisiones de la etapa incorporada. El tiempo de vida útil de la mayoría de equipos aparece en el Anexo F.

Para comprender el detalle de cómo se obtienen estas emisiones, el Anexo G presenta el cálculo de las emisiones del módem satelital remoto en la etapa incorporada. Estos cálculos se aplican de la misma manera al resto de equipos,

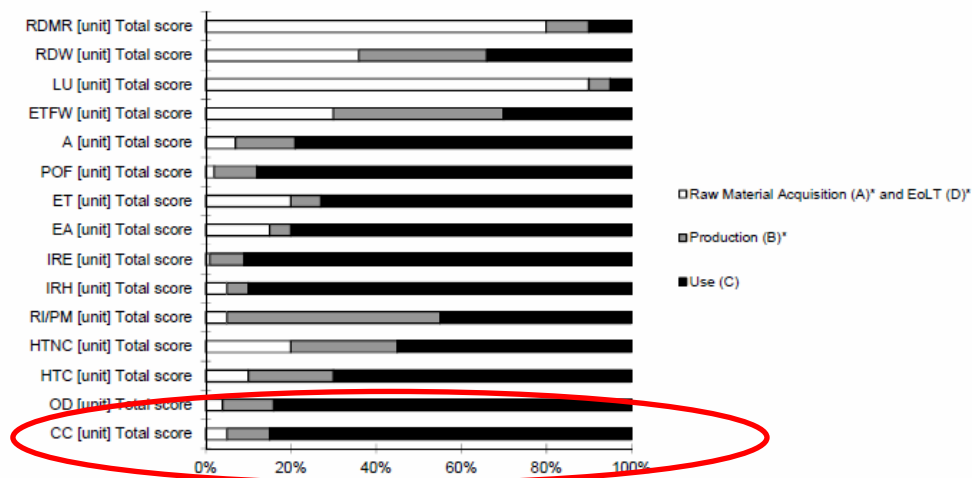
³⁵ CAPEX: también llamado gasto de capital. Es el dinero gastado para adquirir o mejorar los activos físicos como edificios y maquinaria. Tiende a ser un gasto muy grande para las empresas con instalaciones de producción importantes, y por lo general un gasto mucho menor en el sector de servicios.

para finalmente obtener un total de **6,495** ton CO₂e procedentes de los equipos del dominio del cliente, durante la etapa incorporada, como se muestra en el Anexo E.

Cabe resaltar que como la etapa incorporada solo considera las emisiones procedentes de la producción, deja por fuera la etapa de adquisición de materias primas y pre-procesamiento, así como la distribución y transporte de equipos desde la fábricas hasta las premisas del proveedor de servicios.

Debido a que no hay datos disponibles para calcular las emisiones de la etapa de adquisición de materias primas y pre-procesamiento, se utilizan estudios para identificar la importancia del impacto ambiental de esta etapa. Para ello, se utiliza el estudio de LCA de un equipo TIC, realizado por la ETSI, que distribuye indicadores de categoría de impacto ambiental entre las etapas del ciclo de vida del equipo. La Gráfica 3, muestra que para la categoría de CC, la etapa de adquisición de materia prima y fin del ciclo de vida constituye aproximadamente el 5% del total del impacto ambiental. Es por esta razón que no se calculan las emisiones de la etapa de adquisición de materias primas y pre-procesamiento.

Gráfica 3. Resumen de indicadores de categoría de impacto ambiental para un equipo TIC



Fuente: Environmental Engineering (EE); Life Cycle Assessment (LCA) of ICT equipment, networks and services; General methodology and common requirements. (ETSI, 2011)

En relación con las emisiones procedentes de la distribución y transporte de equipos desde las fábricas hasta el dominio del cliente, los cálculos correspondientes al traslado desde las fábricas hasta el puerto de Buenaventura, se presentan en el Anexo H, dando un total de **0,172 ton CO₂e**.

Como los equipos deben ser enviados hasta las sedes educativas para ser instalados y como se dispone de las distancias entre las capitales y las cabeceras municipales, (Anexo A), las emisiones relacionadas con el transporte de estos equipos en estos trayectos, se calculan en el Numeral. 5.5.2.2, en Actividades de soporte (instalaciones). Una vez se obtengan estos resultados se determina la necesidad de calcular las emisiones procedentes de la distribución y transporte de equipos desde Buenaventura hasta Bogotá y luego de Bogotá a las capitales de los departamentos.

Con respecto al equipo de soporte, solo se calculan las emisiones de GEI procedentes de todo el ciclo de vida del cable UTP categoría 5e, que se instala en las 8.035 sedes educativas. Este cálculo se presenta en el Anexo I, dando un total de **3,566 Kg CO₂e**. Como estas emisiones no son significativas, no se incluyen en el total de emisiones de la etapa incorporada del dominio del cliente.

Plataforma de Servicios ('b'):

Definición de la Plataforma de servicios y sus fronteras

La Plataforma de servicios soporta el servicio de videoconferencia a través del Sistema de Acceso Satelital VSAT Surfbeam del fabricante Viasat, así como a través de algunos equipos de red Core para la Interconexión a internet y al NAP Colombia. Este sistema soporta diferentes aplicaciones IP para el acceso de estaciones remotas a internet a altas velocidades y está compuesto por los siguientes elementos (ver Figura 10):

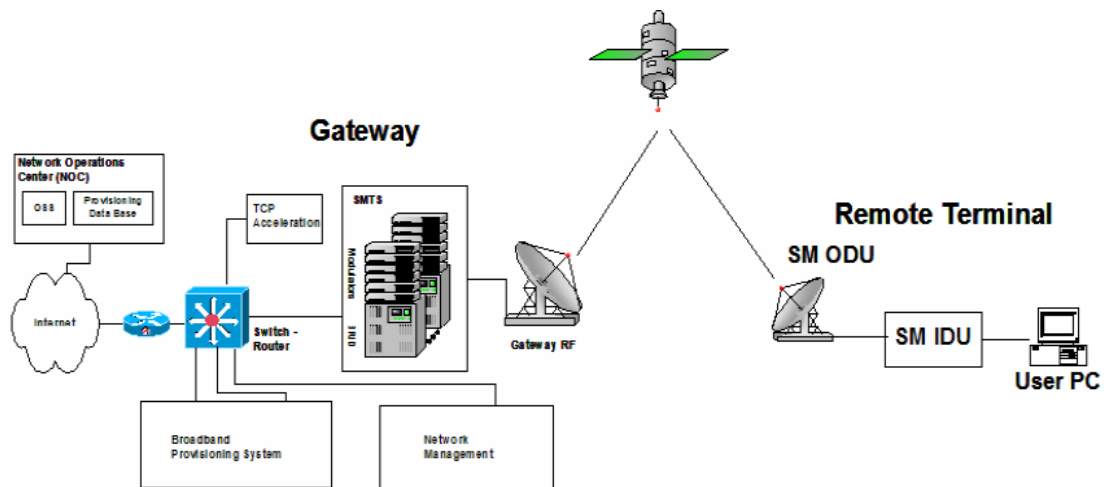
- Estación Terrena y Antena Satelital.
- Hub Surfbeam de VIASAT

- Estaciones remotas VSAT (Cada estación corresponde a una sede educativa, por eso se incluye en el dominio del cliente).

- Interconexión a internet y al NAP Colombia:

BT posee dos salidas a internet: una interconexión principal en fibra óptica, en el telepuerto de Zona Franca que llega al nodo Salitre perteneciente al anillo de fibra óptica de Telecom y la otra salida desde Zona Franca, a través de una interconexión con Internexa por intermedio del anillo de fibra óptica metropolitana de BT. Para ello, en el nodo de Zona Franca se utilizan dos enrutadores Cisco 7204 y un equipo de transmisión SDH con una interfaz de 34 Mbps para la conexión con Telecom e Internexa. Debido a que se desconoce el fabricante de este equipo, se considera un equipo OSN1500 de Huawei.

Figura 10. Sistema de Acceso Satelital VSAT Surfbeam

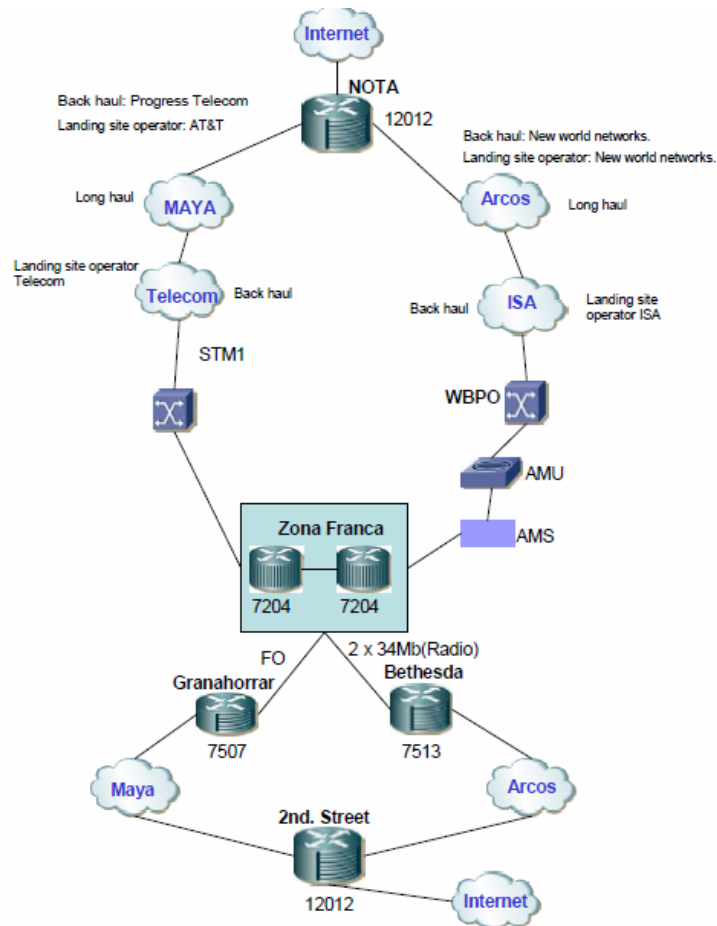


Fuente: Informe detallado de Ingeniería y Operación. Actualización No. 5. Versión 7.0. (British Telecom, 2009)

También se cuenta en Zona Franca con dos enlaces de radio, cada uno de 34Mbps, utilizados para desbordar el tráfico de Internet, en caso de presentarse problemas con la fibra óptica. Este tráfico es recibido por un enrutador 7513 ubicado en Cerro Bethesda, que es uno de los nodos de BT en Bogotá y que se interconecta con Internexa para enrutar el tráfico de Internet en Colombia. Debido a que se desconoce el fabricante de los equipos de radio, se considera el equipo Pasolink NEO de NEC.

Para la interconexión Internacional al TIER-1 de Internet y la Conexión al NAP, BT realiza la interconexión a través de los enrutadores Cisco 7507 y 7513, ubicados en los nodos de Granahorrar y Bethesda respectivamente. También se supone un equipo de transmisión de SDH OSN1500 de Huawei en el nodo de Granahorrar. Los equipos y las conexiones requeridas para la Interconexión a internet y al NAP Colombia se presentan en la Figura 11.

Figura 11. Interconexión a internet y al NAP Colombia



Fuente: Informe detallado de Ingeniería y Operación. Actualización No. 5. Versión 7.0. (British Telecom, 2009)

✓ **Otras consideraciones:**

- Para el cálculo de emisiones de la plataforma de servicios, no se consideran aquellos equipos existentes en redes del dominio de

proveedores de BT para la interconexión a internet, ya que solo fue posible obtener la información de la arquitectura de red de BT.

- Los equipos indoor de la plataforma de servicios operan en centros de datos que poseen equipos de enfriamiento y UPS.
- Para el cálculo de emisiones de la plataforma del servicio, no se incluye el equipo de soporte (cables, torres, racks), porque se considera que sus cantidades son significativamente inferiores a las que se tienen en el dominio del cliente, además como este equipo es compartido por todos los servicios que ofrece BT a sus clientes, se prevé que las emisiones procedentes del servicio de videoconferencia sean reducidas.

A continuación se presentan los cálculos de las emisiones de GEI procedentes de los equipos de la plataforma de servicios, en las etapas de uso e incorporada, a través de la aplicación de los métodos presentados en el Numeral. 5.5.2.2.

Etapas de uso de la plataforma de servicios (“b1”):

Para el cálculo de emisiones en CO₂e procedentes de los equipos existentes en la plataforma de servicios se utiliza el método de ascendente, para obtener el inventario de los equipos involucrados en la prestación del servicio, así como el método de estimación de LCA, que se desarrollan a través de los siguientes pasos, similar a los utilizados en la etapa de uso del dominio del cliente:

1. Se hace el inventario de los equipos del Sistema Satelital VSAT Surfbeam y los equipos de red Core para la Interconexión a internet y al NAP Colombia.
2. Se obtiene el máximo consumo de potencia para cada tipo/clase de equipo y se utiliza una figura de utilización estándar de 0,75, para obtener el uso de energía típica.
3. Para la prestación del servicio de videoconferencia, la plataforma de servicios se utiliza durante 560 horas durante el 2012 y 720 horas durante el 2013.
4. Para el consumo de energía de los equipos, se toma como referencia, un PUE de 1,7, utilizado en la plataforma de servicios de una red MPLS³⁶.
5. Se obtiene el consumo de energía en Kwh/año para cada tipo de equipo.
6. Se calculan las emisiones de GEI en toneladas de CO₂e, multiplicando el total de consumo de energía (KWh) por el factor de conversión de energía de GEI para Colombia.

³⁶ GHG Protocol. Chapter 2: Guide for assessing GHG emissions of Telecommunications Network Services. p.42. (2012). Recuperado el 15 de Mayo de 2012, de http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/Chapter_2_GHGP-ICT%20TNSguide%20v1-5%2010MAR2012.pdf.

7. Debido a que diferentes servicios utilizan los mismos equipos de la plataforma de servicios, se emplea un factor de partición para asignar al servicio de videoconferencia una parte del total de emisiones de la plataforma, a través de la relación entre el ancho de banda provisto para el servicio en el puerto de usuario, 2,5 Mbps y la capacidad de ancho de banda de la plataforma de servicios, 43.781 Mbps.

Los cálculos de los anteriores pasos se presentan en el Anexo J.

Para realizar una estimación más precisa de las emisiones en esta etapa, es conveniente aplicar además del modelo de relación de etapa de LCA, una evaluación económica input/output. Sin embargo, como no están disponibles los datos del CAPEX de la red satelital de BT, no fue posible aplicar esta última evaluación.

Para calcular el valor de emisiones con partición en la etapa de uso de la plataforma de servicios, durante el 2012 y 2013, se aplica la siguiente ecuación:

Total emisiones CO₂e etapa uso = Emisiones CO₂e (sin partición) * (No. puertos de usuario * ancho de banda por puerto / ancho de banda en plataforma) = 6,457 ton CO₂e * (8.035 ptos * 2,5 Mbps/pto / 43.781 Mbps).

Finalmente el total de emisiones de CO₂e de la plataforma de servicios en la etapa de uso es de **2,963 ton CO₂e**.

Etapa incorporada de la plataforma de servicios (“b2”):

Para el cálculo de emisiones de esta etapa, se aplica el modelo de Relación de Etapa LCA, de la misma forma que se desarrolló en la etapa incorporada del dominio del cliente. El valor total de emisiones en la etapa incorporada (producción) de los equipos de la plataforma de servicios, durante el 2012 y 2013, es **0,87 ton CO₂e** como se muestra en el Anexo J.

No se calculan las emisiones de GEI por la etapa de adquisición de materias primas y pre-procesamiento, porque el impacto ambiental de esta etapa es bajo, como se mencionó en la etapa incorporada del dominio del cliente y porque no hay datos disponibles para realizar el cálculo. Tampoco se calculan las emisiones procedentes de la distribución y transporte de equipos desde las fábricas hasta las premisas de BT, porque se prevé que las emisiones correspondientes al servicio de videoconferencia sean bajas, con respecto al total de emisiones de todos los servicios que presta BT a sus clientes.

Actividades operacionales (´c´)

Etapas de uso de las actividades operacionales (´c1´):

Para calcular las emisiones de CO₂e procedentes de las actividades operacionales para la prestación del servicio de videoconferencia, se consideran los siguientes aspectos:

- ✓ **Infraestructura de edificios y equipo no TIC en el dominio del cliente / plataforma de servicios:**

No se considera el uso de infraestructura de edificios y equipo no TIC en el dominio del cliente, porque estos se emplean durante la formación presencial y virtual, es decir que no se presentan cambios de emisiones entre los dos escenarios.

No se calculan las emisiones procedentes del uso de infraestructura de edificios y equipo no TIC de la plataforma de servicios, porque se prevé que las emisiones correspondientes al servicio de videoconferencia sean bajas con respecto al total de emisiones de todos los servicios que presta BT a sus clientes.

Otra razón por la cual no se calculan estas emisiones es porque no se tiene información sobre cantidad y tipo de edificios de BT, así como impresoras, scanner, teléfonos, entre otros, utilizados en actividades de soporte para la prestación del servicio.

✓ **Actividades de soporte (estudios de sitio, instalaciones y mantenimientos preventivos)**

De acuerdo con un estudio de caso de videoconferencia en Francia, realizado por la ETSI³⁷, las actividades de soporte durante la etapa de uso están a cargo del proveedor de servicios y se relacionan con el transporte y los viajes. Es por ello, que en este estudio, se calculan las emisiones por los desplazamientos de personal técnico durante los estudios de sitio, instalaciones y mantenimientos preventivos, requeridos para la prestación del servicio de conectividad a internet en las sedes educativas.

No se consideran mantenimientos correctivos, ya que suceden de manera inesperada y no se cuentan con datos estadísticos de la cantidad promedio de fallas al año que se presentan en una sede educativa.

Para el cálculo de emisiones de estos desplazamientos, se considera solo el bus público y se utiliza el supuesto de que BT, dispone de técnicos en las capitales del país y se emplean las distancias intermunicipales y las emisiones de GEI por trayecto en bus público, calculadas en el Anexo A y Anexo C.

Para determinar el No. Viajes/Trayecto que debe realizar el personal técnico durante los estudios de sitio, instalaciones y mantenimientos preventivos, se tiene en cuenta las siguientes consideraciones que involucran un factor de costo-eficiencia, similar al considerado en el Numeral 5.5.2.1.

- Para aquellos municipios que se encuentran a más de 60 Km de distancia de la capital más cercana, el técnico se hospeda en la cabecera municipal, máximo de lunes a sábado.
- Cuando la distancia desde el municipio hasta la capital más cercana, es inferior o igual a 60 Km y durante el trayecto se utiliza bus público o bus público y lancha, el técnico no se hospeda en el municipio sino que realiza visitas diarias.
- El técnico realiza dos estudios de sitio por día y trabaja de lunes a sábado. Es decir que en una semana visita 12 sedes.

³⁷ ETSI. Environmental Engineering (EE); Life Cycle Assessment (LCA) of ICT equipment, networks and services; General methodology and common requirements. (2011). Recuperado el 17 de Mayo de 2012, de http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/103100_103199/103199/01.01.01_60/ts_103199v010101p.pdf.

- El técnico realiza la instalación de equipos y puesta en servicio en una sede educativa durante dos días y trabaja de lunes a sábado. Es decir que en una semana visita 3 sedes.
- El técnico realiza el mantenimiento preventivo en la sede durante un día y trabaja de lunes a viernes. Es decir que en una semana visita 5 sedes. De acuerdo con las exigencias de Compartel, se debe realizar un mantenimiento por semestre. Se prevé realizar dos mantenimientos preventivos en cada una de las 8.035 sedes, durante el 2012 y 2013.

Las anteriores consideraciones se interpretan a través de las ecuaciones de No. Viajes/Trayecto (Estudios de sitio), No. Viajes/Trayecto (Instalaciones) y No. Viajes/Trayecto (Mto Preventivo), que se presentan en el Anexo K.

Como los estudios de sitio y mantenimientos preventivos requieren bus público para el transporte del personal técnico, las emisiones de CO₂e/trayecto obtenidas en el Anexo C, se multiplican por No. Viajes/Trayecto correspondientes, para obtener el total de emisiones de estas actividades.

Por su lado, las instalaciones requieren vehículos particulares, como camionetas diesel (menor a 2500 cc), para el transporte de técnicos, equipos, material y herramientas. Para obtener el total de emisiones provenientes de instalaciones, se multiplica el factor de conversión, 236,92 gmCO₂/Km³⁸ por la menor distancia recorrida en bus público y la variable No. Viajes/Trayecto (Instalaciones).

Finalmente el transporte para realizar actividades de soporte de BT, como estudios de sitio, instalaciones y mantenimientos preventivos durante la transmisión de las videoconferencias en las 8.035 sedes genera un total de **38,852 tonCO₂e**. El detalle de este cálculo se presenta en el Anexo L.

Como las emisiones procedentes de las instalaciones involucran varios viajes por trayecto desde las capitales hasta las cabeceras municipales, 360 y 354

³⁸ Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá. Anexo 1. (2010). Recuperado el 3 de Agosto de 2012, de http://ambientebogota.gov.co/en/c/document_library/get_file?uuid=b5f3e23f-9c5f-40ef-912a-51a5822da320&groupId=55886

municipios en 2012 y 2013 respectivamente, se prevé que este valor (2,095 tonCO₂e) sea superior a las emisiones procedentes del transporte de equipos del dominio del cliente, desde Buenaventura hasta Bogotá y luego de Bogotá a las capitales, pues se prevé que para estos viajes, se requiera menor cantidad de trayectos y viajes y se usen tracto mulas de gran capacidad, por ejemplo, de 14 toneladas. Es por esta razón que se decide no calcular estas emisiones.

No se consideran las actividades de diseño y planeación de la red satelital, porque el fabricante entrega la información de diseño de arquitectura de red que se va a implementar. También se espera que BT requiera de poco tiempo y recurso humano para la planeación de la implementación del servicio de videoconferencia, debido a su amplia experiencia en la ejecución de proyectos de conectividad a internet en sedes públicas.

Con respecto al consumo por iluminación en las sedes educativas, se tiene en cuenta que en el Numeral. 5.5.1.2, se presenta que no es necesario considerar este consumo. No fue posible calcular el consumo de energía para la iluminación y los equipos de oficina utilizados por el personal técnico que gestiona y monitorea la red de Compartel y el personal administrativo de apoyo, debido a la dificultad para obtener información relacionada con la cantidad de empleados dedicados a la implementación del servicio de videoconferencia.

De igual forma no se incluye el transporte de los empleados desde/hacia las instalaciones administrativas y nodos de red del operador, debido a que cuantificar el impacto sería muy incierto, su cálculo requiere de información que difícilmente facilita BT, por ser considerada confidencial.

Como las emisiones que no se obtuvieron, se deben repartir entre todos los servicios que ofrece BT, se prevé que las emisiones de GEI correspondientes al servicio de videoconferencia sean bajas.

Fin de vida útil

No existe disponibilidad de datos específicos para una evaluación detallada de las emisiones para el final de la vida del servicio del estudio de caso, por lo cual se toma como referencia estudios de emisiones de GEI y LCA de equipos de TIC y servicios de red, que indican que los impactos en términos de GEI tienden a ser muy pequeños o negativos.

El fin de vida por lo general sólo representa -0,5 a -2% de las emisiones totales de un servicio, debido al alto nivel de reciclaje de equipos de redes de telecomunicaciones. Para el estudio de caso se considera el valor de -0,5%, es decir un nivel bajo de reciclaje, debido a que solo hasta el 2012, el MADS a través de la Resolución 1512, empezó a exigir a los fabricantes de computadores y periféricos, una recolección mínima del 5% de los equipos puestos en el mercado en el 2010 y que cumplieron su vida útil. A continuación, la Tabla 11 presenta un resumen de las emisiones procedentes de la implementación del servicio de videoconferencia en las 8.035 sedes beneficiadas por la Estrategia de CPE.

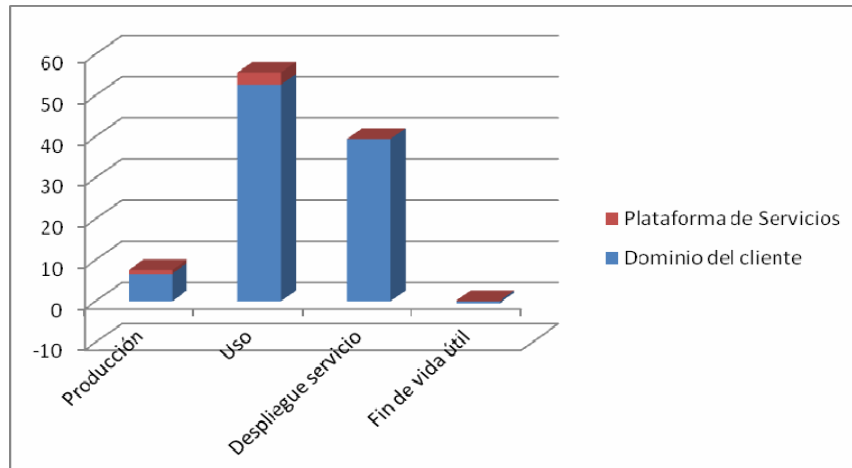
Tabla 10. Resumen de emisiones del servicio de videoconferencia, según el tipo de elemento del servicio

Etapa LCA servicio	Dominio del cliente (Ton CO ₂ e)	Plataforma de Servicios (Ton CO ₂ e)	Comentarios
Producción	6,667	0,87	Se utiliza el Método de relación de etapa LCA. Incluye las emisiones de distribución y transporte de los equipos del dominio del cliente desde las fábricas hasta el Puerto de Buenaventura. No se incluyen emisiones del equipo de soporte (cable UTP), sus emisiones son poco significativas.
Uso	52,615	2,963	Se utiliza el método ascendente de estimación de LCA. Incluye las emisiones de la electricidad consumida por una fracción de los equipos TIC y equipo de enfriamiento, de acuerdo al tiempo y ancho de banda requeridos para la de prestación del servicio.
Diseño y despliegue del servicio	38,852	0	Inicialmente se calculan las emisiones por los traslados de personal técnico durante estudios de sitio, instalaciones y mantenimientos preventivos, para la prestación del servicio de conectividad a internet. Luego se utilizan factores de partición para obtener las emisiones correspondientes al servicio de videoconferencia.
Fin de vida útil	-0,510		Según estudios de emisiones de GEI y LCA de equipos de TIC y servicios de red, el fin de vida por lo general, sólo representa -0,5 a -2% de las emisiones totales de un servicio, debido al alto nivel de reciclaje de equipos de redes de telecomunicaciones.
Total	101,457		TOTAL Ton CO ₂ e, incluye emisiones de la etapa del fin de vida útil de los equipos.

Fuente: Elaboración de los autores

La Gráfica 4 muestra las emisiones totales para cada etapa del ciclo de vida, de acuerdo con los elementos que constituyen el sistema de TIC para el estudio de caso. La etapa de LCA, que genera la mayor cantidad de emisiones, es la etapa de uso, seguida de la etapa de diseño y despliegue del servicio, con aproximadamente el 38% de las emisiones totales. Por otro lado, el dominio del cliente, es la fuente más importante de emisiones del servicio de videoconferencia.

Gráfica 4. Distribución de emisiones según elementos y etapas del ciclo de vida del servicio de videoconferencia



Fuente: Elaboración de los autores

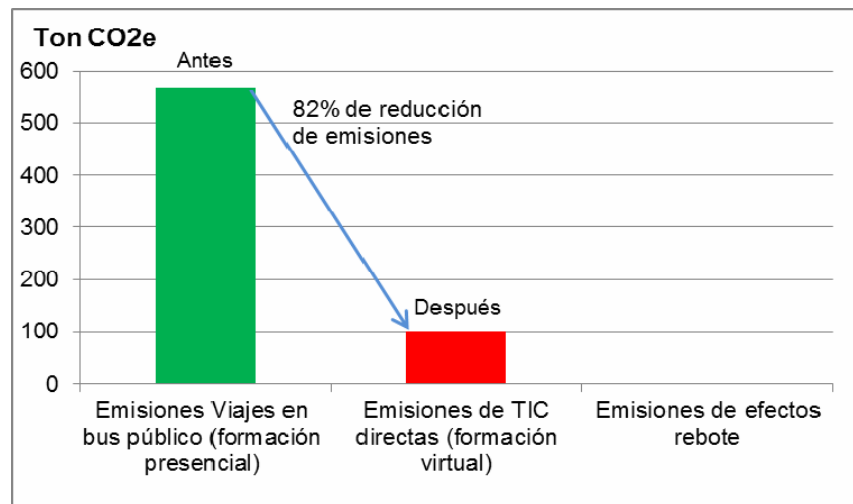
5.5.3 Paso 3: Evaluación e Interpretación de Resultados.

5.5.3.1 Paso 3a. Efecto Habilitante Neto.

Con los resultados obtenidos en el paso 2 se tiene que el servicio de videoconferencia en las sedes tipo A, evita que **568,988** tonCO₂e sean

depositadas a la atmósfera, a un costo de aproximadamente **101,457** tonCO₂e procedentes de las emisiones de las etapas de producción, uso, diseño y despliegue del servicio y fin de vida útil. Es decir, que el reemplazo de formación presencial por virtual, permite una reducción de emisiones del 82%, equivalente a **467,531** tonCO₂e, como se presenta en la Gráfica 5. Para compensar estas emisiones, se necesitarían plantar 1.494³⁹ árboles de roble aproximadamente.

Gráfica 5. Impacto estimado por la implementación del servicio de videoconferencia



Fuente: Elaboración de los autores

La reducción de emisiones obtenidas es congruente con los resultados obtenidos en otros estudios de caso. La UIT presenta un estudio de videoconferencia y conferencia in situ entre dos participantes ubicados en Tokio y Yokohama, 240 veces al año, 8 horas por sesión. La implementación del servicio permite una reducción del consumo de energía (GJ/año) de 52% con respecto a la conferencia in situ.

Por su parte la GeSI, presenta un estudio de la implementación de un sistema de telepresencia de CISCO, implementado en 360 salas de 150 ciudades en más de

³⁹ Un árbol de roble (*Quercus robur*) captura aproximadamente 0,313 ton de CO₂ durante toda su vida. http://www.fundacioabertis.org/rcs_est/estudio_completo_huella_carbono_iii.pdf. Pag 140.

40 países durante el 2009. Los resultados demostraron que dos viajes aéreos que generan 1.000 Kg CO₂e/hr (sistema BAU) pueden ser reemplazados por 18,6 Kg CO₂e/hr generados por una sesión de telepresencia. Es decir que se presenta una reducción de emisiones del 98%.

La reducción de emisiones de GEI de este último caso es comparativamente superior con el analizado en este trabajo, debido a que los impactos en términos de emisiones que produce el transporte aéreo, es mucho mayor que el del transporte terrestre.

5.5.3.2 Paso 3b. Interpretación de Resultados.

Para determinar la veracidad de los resultados obtenidos en el paso anterior, se evalúan los principales supuestos, limitaciones, calidad de los datos (primarios, secundarios, modelados) considerados durante la aplicación del marco metodológico cuantitativo y que pueden incidir en los resultados. Con el análisis de esta información es posible establecer el grado de incertidumbre que se genera en los sistemas, para finalmente determinar si los resultados obtenidos son confiables.

En relación con las limitaciones del sistema BAU, se presenta la dificultad para ubicar geográficamente cada sede educativa. Si bien es cierto que el Ministerio de Educación Nacional (MEN) puede proporcionar la información de la cabecera, corregimiento o vereda donde se encuentran las sedes, la dificultad principalmente se encuentra, en obtener las distancias a través de las herramientas utilizadas, pues éstas generalmente no registran veredas y corregimientos.

Debido a estas dificultades técnicas, se decide no calcular estas distancias y por consiguiente no se obtuvieron las emisiones procedentes del transporte en bus público desde las cabeceras municipales hasta las sedes. Sin embargo, como se prevé que este valor de emisiones no sea despreciable, se espera que se presente un cierto grado de incertidumbre en el sistema BAU, pues se espera que el valor de emisiones obtenido para este sistema sea inferior al real.

Una de las limitaciones del sistema de TIC, es que no se cuenta con todos los modos de operación de los equipos, para obtener su consumo de potencia típico, es por eso que se utiliza el factor de potencia de 0,75, para obtener el valor promedio de potencia utilizada por tipo de equipo. Como este factor al igual que el PUE, son figuras de utilización estándar, empleadas por muchos fabricantes, se prevé que generen un valor de emisiones de GEI, cercano al real, por consiguiente se prevé que no involucren incertidumbre.

Otra limitación del sistema TIC, es que no se consideran aquellos equipos existentes en redes del dominio de proveedores de BT para la interconexión a internet, sin embargo como la plataforma de servicios (etapa de producción y uso) genera un bajo impacto ambiental, aproximadamente el 4% de las emisiones totales, se prevé que la inclusión de estos equipos no genere incertidumbre.

También el sistema TIC presenta la limitación de la ubicación exacta de las fábricas donde se producen los equipos del dominio del cliente. La ubicación considerada en este estudio, se definió de acuerdo con la experiencia de proyectos realizados por BT y el uso de páginas web donde aparece la ubicación actual de las fábricas de los productores. Sin embargo como el resultado de estos cálculos genera un valor de emisiones bajo, 0,172 ton de CO₂e, se estima que un cambio de las ubicaciones no genere un grado de incertidumbre importante.

Con respecto a las limitaciones de las actividades operacionales, no fue posible calcular las emisiones procedentes del uso de infraestructura de edificios y equipo no TIC en la plataforma de servicios, consumo de energía para la iluminación y los equipos de oficina utilizados por el personal dedicado a Compartel, el transporte de empleados desde/hacia las instalaciones administrativas y nodos de red de BT. Estas limitaciones se presentan debido a que la información requerida no la suministra BT, por considerarla confidencial. Como estas emisiones no calculadas, corresponden a todos los servicios que ofrece BT a sus clientes, se estima que las emisiones correspondientes al servicio de videoconferencia sean bajas.

En relación con el tipo de datos utilizados, se emplearon fuentes primarias y secundarias. En un principio, no se contaba con las distancias que debían recorrer los gestores desde las capitales hasta las cabeceras municipales, pues a pesar de que se han realizado varios proyectos similares a la Estrategia de CPE, no se cuenta con una base de datos con esta información. Para superar esta limitación,

se hizo un gran esfuerzo por obtener estas distancias, a partir de datos primarios como Google Maps y Google Earth, mapas del IGAC e Invías, llamadas telefónicas a algunas alcaldías y fuentes locales para comprobar el tipo de transporte utilizado en algunos trayectos, con el fin de tener una mayor precisión en los resultados y evitar un alto grado de incertidumbre.

Otros datos primarios utilizados en sistema BAU, fueron los listados de los municipios de cada región, con sus correspondientes cantidades de sedes a beneficiar. También se emplearon datos primarios para calcular las emisiones de TIC directas, como la infraestructura de red core del proveedor de servicios, red LAN y red acceso satelital más común que existe en las sedes educativas.

Se utilizaron datos secundarios, como estudios que demuestran que el impacto ambiental en las etapas de adquisición de materias primas y fin de vida útil es bajo. Con esta información fue posible superar la falta de datos primarios, omitir el cálculo de emisiones en estas etapas y prever que no se presente incertidumbre.

Con este análisis, se puede concluir que los supuestos y la calidad de los datos primarios y secundarios utilizados son confiables, por lo tanto no generan un grado de incertidumbre importante. En relación con las limitaciones, se prevé que el menor grado de incertidumbre se genere en el sistema TIC y el mayor grado en el sistema BAU, por no considerar las emisiones del transporte de gestores desde las sedes hasta las cabeceras municipales.

Con el ánimo de determinar cómo los cambios en los datos afectan los resultados obtenidos, se hace un análisis de sensibilidad. Por ejemplo, si se incluyeran las emisiones faltantes del sistema BAU y la etapa de diseño y despliegue del servicio de la plataforma de servicios, como duplicar el total de emisiones del sistema BAU ($2 \cdot 568,988 \text{ tonCO}_2\text{e}$), y duplicar la emisiones de la etapa de diseño y despliegue del servicio del dominio del cliente ($2 \cdot 38,852 \text{ tonCO}_2\text{e}$). El resultado corresponde a una reducción de $997,667 \text{ tonCO}_2\text{e}$, correspondiente al 87%, un porcentaje de reducción similar al obtenido en el resultado inicial, lo cual garantiza su veracidad.

6. CONCLUSIONES

- 1) A pesar de que diferentes estudios realizados demuestran que las TIC tienen un enorme potencial para aumentar la eficiencia energética y reducir las emisiones, no es suficiente con implementar soluciones TIC, es necesario evaluar sus efectos negativos y positivos con mayor precisión. Para ello, existen diferentes metodologías que han sido desarrolladas por organizaciones mundiales, para evaluar las emisiones directas de las TIC, es decir sus impactos negativos y los efectos habilitantes de las TIC, que corresponden a los impactos positivos (reducción de emisiones en otros sectores por la implementación de soluciones TIC). Ambas emisiones se evalúan para determinar el beneficio neto de una solución de TIC.
- 2) Como producto de la cuantificación y comparación de las emisiones procedentes del transporte de gestores a las sedes educativas de penetración de la Estrategia de CPE y la implementación del servicio de videoconferencia en estas sedes, se determinó que esta solución TIC evita que **568,988 tonCO₂e** sean depositadas a la atmósfera, a un costo de aproximadamente **101,457 tonCO₂e** procedentes de las emisiones de la solución TIC referentes a las etapas de producción, uso, diseño y despliegue del servicio y fin de vida útil. Es decir, se obtendría una reducción del **82%**, equivalente a **467,531 tonCO₂e** emitidas.
- 3) Como resultado de la revisión bibliográfica de las metodologías existentes de evaluación de emisiones procedentes de la implementación de soluciones de TIC que sustituyen actividades de transporte, se identificaron cuatro metodologías ampliamente reconocidas y utilizadas en el ámbito internacional, entre ellas, la Metodología general y requerimientos comunes para la evaluación del ciclo de vida de equipos, redes y servicios TIC de la ETSI, la Recomendación ITU-T L.1410: Metodología para la evaluación del impacto ambiental de bienes, redes y servicios TIC, la Guía de evaluación de GEI relacionados con la sustitución de transporte de GHG Protocol y la Metodología habilitante de las TIC de GeSI.

- 4) Como producto de utilizar herramientas o metodologías para calcular emisiones por el transporte de pasajeros y por la implementación de un servicio TIC, de acuerdo con las características del estudio de caso, se decidió utilizar la herramienta de GHG Protocol para combustión móvil y la Guía para la evaluación de emisiones de servicios de Redes de Telecomunicaciones de GHG Protocol respectivamente.
- 5) Uno de los principales aportes de este estudio es la adopción de un marco metodológico cuantitativo que permite articular las herramientas utilizadas para cuantificar las emisiones de la formación presencial y virtual, para luego compararlas y obtener los resultados finales. El marco metodológico es el resultado de la adaptación de la Metodología Habilitante de las TIC de GeSI, que se toma como referencia porque se ajusta a las características del estudio de caso, por su integridad y flexibilidad, ya que explica de manera detallada cómo realizar la comparación entre el sistema de BAU y TIC, presenta varios estudios de caso para comprender su aplicación, y se adapta a guías más detalladas, estándares industriales y herramientas SW.
- 6) La aplicación del Estándar de GHG Protocol, permitió establecer que el dominio del cliente, es la fuente más importante de emisiones del servicio de videoconferencia y que la etapa del ciclo de vida, que genera la mayor cantidad de emisiones, es la etapa de uso, aproximadamente el 55% de las emisiones totales, seguida de la etapa de diseño y despliegue del servicio, con aproximadamente el 38%. Esta distribución porcentual se presenta debido a que para la prestación del servicio, se requiere una gran cantidad de equipos en el dominio del cliente como servidores, switches y módems satelitales (existentes en las 8.035 sedes), que operan durante 24 horas y presentan tiempos de vida útil superiores por ejemplo a los de un portátil. Es por eso que para un servicio TIC, se requiere un alto consumo de energía y por lo tanto genera mayores emisiones que los portátiles, cuyo mayor impacto ambiental se tiene en las etapas de adquisición de materias primas, producción y fin de vida útil.
- 7) Los supuestos ayudan a simplificar los cálculos y evitan que se presenten diferentes interpretaciones, es por ello que durante la aplicación de las metodologías, es muy importante establecer una adecuada justificación de su adopción. De igual forma, las limitaciones, deben siempre documentarse, pues no incluir datos puede implicar que los resultados obtenidos no se aproximen al valor real.

- 8) El análisis de incertidumbre determinó que los supuestos y la calidad de los datos primarios y secundarios utilizados son confiables, por lo tanto no generan cambios significativos en los resultados. En relación con las limitaciones, se prevé que el menor grado de incertidumbre se genere en el sistema TIC y el mayor grado en el sistema BAU, por no considerar las emisiones del transporte de gestores desde las sedes educativas hasta las cabeceras municipales.

- 9) La principal limitación que se presentó durante el estudio y que genera el mayor grado de incertidumbre fue la dificultad para obtener las distancias desde las cabeceras municipales hasta el lugar donde se encuentran las sedes educativas (barrio, vereda, corregimiento), debido a que las herramientas utilizadas, Google Maps y Google Earth, mapas del IGAC e Invías, registran principalmente capitales y cabeceras municipales. Debido a estas dificultades técnicas, se decide no calcular estas distancias y por consiguiente no se obtuvieron las emisiones procedentes del transporte en bus público en estos trayectos. Sin embargo, como se prevé que este valor de emisiones no sea despreciable, se espera que se presente un cierto grado de incertidumbre en el sistema BAU, por lo tanto se hace un análisis de sensibilidad para determinar cómo los cambios en los datos afectan los resultados obtenidos. El resultado corresponde a una reducción de 997,667 tonCO₂e, correspondiente al 87%, un porcentaje de reducción similar al obtenido en el resultado inicial, lo cual garantiza su veracidad.

- 10) Los resultados del estudio permiten concluir que desde la perspectiva de gestión ambiental, las soluciones TIC, como la videoconferencia, no se constituyen en mecanismos de eliminación total de emisiones, sino más bien en mecanismos de mitigación, pues a pesar de que involucran un impacto ambiental negativo por las emisiones emitidas durante el ciclo de vida del servicio, finalmente representan una reducción de emisiones con respecto al sistema BAU que sustituyen.

- 11) Las formaciones virtuales además ser un mecanismo de mitigación al cambio climático, se constituyen en un cambio de paradigma de la formación tradicional, son la tendencia actual en el mundo de la enseñanza y el aprendizaje en diferentes áreas del conocimiento, representan alternativas de disminución de costos, permiten superar dificultades de acceso a regiones remotas, debido a condiciones geográficas y clima

extremo consecuencia del cambio climático, como fuertes precipitaciones e inundaciones que se presentan frecuentemente en el país.

- 12) Por otro lado, para que las aplicaciones de movilidad virtual como el teletrabajo, la telepresencia y la videoconferencia impliquen una reducción de emisiones significativa, es importante formular y poner en marcha políticas públicas claras que promuevan su implementación, bajo una perspectiva social, económica y ambiental, para favorecer un cambio hacia alternativas virtuales carbono-eficientes. No se debe olvidar que estas soluciones TIC son quizá las aplicaciones virtuales más efectivas para reducir el impacto ambiental del transporte de pasajeros.

- 13) Con los resultados obtenidos se demuestra que el servicio de videoconferencia se constituye en una alternativa de desarrollo bajo en carbono, que puede ser adoptada por sectores económicos, interesados en reducir sus emisiones. Este estudio, sirve de referencia para aquellos establecimientos educativos que desean sustituir sus formaciones in situ por formaciones en línea, a través de la implementación de servicios TIC. Así mismo, sirve para que el Ministerio TIC y Computadores para Educar, impulsen al sector TIC y las soluciones que ofrece, por su contribución con el cuidado del ambiente.

- 14) De igual forma, el estudio sirve de base para la construcción de políticas, planes, programas, proyectos y estrategias que involucren medidas para reducir emisiones de GEI, que se contemplan en la Estrategia ECDBC, que impulsa el desarrollo económico carbono-eficiente, a través de medidas y proyectos para reducir el crecimiento de emisiones por sector, sin afectar el desarrollo económico.

7. RECOMENDACIONES

- 1) Para la evaluación de emisiones de una solución TIC que sustituye actividades de un sistema BAU, se recomienda utilizar metodologías flexibles, que faciliten excluir etapas/procesos del ciclo de vida del producto, de acuerdo con estudios que identifiquen la importancia del impacto ambiental, ya que no siempre es posible disponer de datos primarios. De igual forma se sugieren herramientas que se puedan articular con otros métodos y metodologías y se puedan adaptar o modificar de acuerdo con las características del estudio de caso en cuestión.
- 2) Para obtener resultados con un nivel de confiabilidad aceptable, es recomendable realizar un análisis de incertidumbre que involucre la evaluación de todos los tipos de información utilizada, como datos primarios, secundarios y modelados, así como las limitaciones y supuestos considerados. Con este análisis se espera conseguir una aproximación al valor verdadero del efecto habilitante neto y suministrar una fuente para estudios futuros y creación de conocimiento.
- 3) Utilizar datos primarios, considerados como el "estándar oro", ya que son los que mejor captan el mundo real y los cambios de comportamiento. A medida que los distintos sectores adoptan cada vez más metodologías para evaluar las emisiones procedentes de la implementación de soluciones TIC que sustituyen sistemas BAU, la disponibilidad de los datos primarios se incrementa. Cuando se comparten los estudios realizados, a través de publicaciones, organizaciones industriales y otros medios, los sectores mejoran la precisión y la fiabilidad de sus evaluaciones, permitiendo realizarlas más rápido y con menos recursos.
- 4) Orientar la investigación hacia las TIC y la sostenibilidad ambiental, el análisis de los efectos de las políticas de masificación de las TIC en la sociedad, la aplicación de soluciones TIC en diferentes sectores económicos, que posibiliten la transición hacia una economía con niveles bajos de emisiones, en países no industrializados como Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

AT&T. Networking for Sustainability: The Network offset Effect.(2010). Recuperado el 17 de Abril de 2012, de http://www.business.att.com/content/whitepaper/WP-netSust_pdf.pdf

British Telecom. Informe detallado de Ingeniería y Operación. Actualización No. 5. Versión 7.0. Contratos de Aporte 2041766, 2041767 y 2041768 de Compartel. Septiembre 7 de 2009.

Cisco Webex. Conditions affecting performance of a WebEx session. (2011). Recuperado el 16 de Mayo de 2012, de <http://www.wbximg.com/includes/documents/data-sheets/Webex-Network-Bandwidth.pdf>

Colombia, Departamento Nacional de Planeación (DNP). CONPES 3700 (Consejo Nacional de Política Económica y Social). Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia. (2011). Recuperado el 15 de Mayo de 2012, de <http://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=2yrDLdRTUKY%3D&tabid=1260>

Colombia, Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Computadores para Educar. Documento Especificaciones Técnicas. Estrategia Nacional de Formación y Acceso para la apropiación pedagógica de las TIC. Recuperado el 20 de Febrero de 2012, de <http://www.computadoresparaeducar.gov.co/website/es/Documentos/Terminos%20de%20referencia/2012/LIC002/LIC002.pdf>

Colombia, Secretaria Distrital de Ambiente. Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá. (2010). Recuperado el 3 de Agosto de 2012, de http://ambientebogota.gov.co/en/c/document_library/get_file?uuid=b5f3e23f-9c5f-40ef-912a-51a5822da320&groupId=55886

Computer Desktop Encyclopedia. Telepresence-technical definition. (2008). Recuperado el 17 de Septiembre, de 2012 de <http://computer.yourdictionary.com/telepresence>.

Conte Roberto. Satellite Rural Telephone Network Design: A Methodology for Performance Optimization. (2000). Recuperado el 14 de Mayo de 2012, de <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-10132000-19080033/unrestricted/RConte.pdf>

DECC y Defra. Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting. (2011). Recuperado el 21 de Mayo de 2012, de <http://archive.defra.gov.uk/environment/business/reporting/pdf/110707-guidelines-ghg-conversion-factors.pdf>

DECC y Defra. Guidance on how to measure and report your greenhouse gas emissions. (2009). Recuperado el 26 de Marzo de 2012, de <http://www.defra.gov.uk/publications/files/pb13309-ghg-guidance-0909011.pdf>

Department of Energy and Climate Change (DECC). Tackling Climate Change. (2012). Recuperado el 24 de Agosto de 2012, de <http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/tackling/explaining/cause/cause.aspx>

Energy Information Administration (EIA). U.S. Department of Energy. Voluntary Reporting of Greenhouse Gases. (2009). Recuperado el 15 de Mayo de 2012, de http://www.eia.gov/oiaf/1605/pdf/Instructions_091112.pdf.

Environmental Protection Agency (EPA). Climate Change. Greenhouse Gas Emissions. (2010). Recuperado el 24 de Agosto de 2012, de <http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/gases.html>

Erdmann Lorenz, Hilty Lorenz. The future impact of ICT on environmental sustainability. (2004). Recuperado el 5 de Mayo de 2012, de http://www.empa.ch/plugin/template/empa*/51469/---/l=2

European Telecommunications Standards Institute (ETSI). Environmental Engineering (EE); Life Cycle Assessment (LCA) of ICT equipment, networks and services; General methodology and common requirements. (2011). Recuperado el 17 de Mayo de 2012, de http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/103100_103199/103199/01.01.01_60/ts_103199_v010101p.pdf.

GeSI. Informe Smart 2020: Hacia una economía con niveles bajos de emisiones de carbono en la era de la información. (2008). Recuperado el 15 de Abril de 2012, de <http://www.gesi.org/LinkClick.aspx?fileticket=UOP60Y21eXE%3D&tabid=60>

GeSI. Evaluating the carbon- reducing impacts of ICT: an assessment methodology. (2010). Recuperado el 20 de Abril de 2012, de <http://www.gesi.org/ReportsPublications/AssessmentMethodology.aspx>

GHG Protocol. Chapter 2: Guide for assessing GHG emissions of Telecommunications Network Services. (2012). Recuperado el 21 de Junio de 2012, de http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/Chapter_2_GHGP-ICT%20TNSguide%20v1-5%2010MAR2012.pdf

GHG Protocol. Chapter 4: Guide for Assessing GHG emissions related to Transport Substitution. (2012). Recuperado el 21 de Junio de 2012, de http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/Chapter_4_GHGP-ICT%20Transport%20Substitution%20v0-5%2010MAR2012.pdf

GHG Protocol. Chapter 6: Guide for assessing GHG emissions of Hardware. (2012). Recuperado el 15 de Mayo de 2012, de http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/Chapter_6_GHGP-ICT%20Hardware%20v1-9%2010MAR2012.pdf

GHG Protocol. Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard. (2012). Recuperado el 11 de Mayo de 2012, de <http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/Product%20Life%20Cycle%20Accounting%20and%20Reporting%20Standard.pdf>

Google Developers. Google Maps API. (2009). Recuperado el 7 de Mayo de 2012, de <https://developers.google.com/maps/documentation/directions/?hl=es-AR#Introduction>.

INVIAS. Mapa de la Red Vial. (2011). Recuperado el 9 de Junio de 2012, de <http://www.invias.gov.co>.

International Telecommunication Union (ITU). Recommendation ITU-T L.1410 (L.GNS). Methodology for environmental impact assessment of information and communication technologies (ICT) goods, networks and services. (2012).

Recuperado el 22 de Abril de 2012, de <http://www.itu.int/rec/T-REC-L.1410-201203-I/en>

ITU. Telecommunication Development Sector. Study Groups: Document 1 /RGQ 24/1/006-S. Question 24/1: Strategies and policies for the proper disposal or reuse of telecommunications/ICT waste material. Abril de 2011.

Leet Socolof, Maria, Smith Jay. Wire and Cable Insulation and jacketing: life-cycle assessments for selected applications. US EPA Design for the Environment Program. EPA 744-R-08-001. Mayo de 2008

Ministerio de Transporte. Oficina Asesora de Planeación. Grupo de Planificación Sectorial. Diagnostico del Transporte. (2011). Recuperado el 29 de Octubre del 2012, de www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=5608

Pamlin Dennis, Szomolányi Katalin. Saving the climate the speed of light. (2007). Recuperado el 22 de Mayo de 2012, de www.etno.be/Portals/34/ETNO%20Documents/Sustainability/Climate%20Change%20Road%20Map.pdf

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2012). Recuperado el 3 de Agosto de 2012, de <http://unfccc.int/2860.php>

UNFCCC. Climate Change: Impacts, vulnerabilities, an adaption in developing countries. (2007). Recuperado el 7 de Noviembre de 2012, de <http://unfccc.int/resource/docs/publications/impacts.pdf>

World Resources Institute. GHG Protocol tool for mobile combustion. Version 2.0. (2008). Recuperado el 8 de Mayo de 2012, de <http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools/all-tools>

ANEXOS

ANEXO A. Cálculo de emisiones del Sistema BAU (Archivo de Excel, incluido en CD)

ANEXO B. Ecuaciones para calcular cantidad de viajes/trayectos recorridos por gestores durante la Estrategia de CPE

Uso de bus público o bus público y lancha:

Cuando el gestor realiza el trayecto en bus público o bus público y lancha, la cantidad de viajes por cada trayecto, se determina por la siguiente ecuación.

- 1) Para distancias menores o iguales que 60 Km, desde la capital hasta la cabecera municipal, se utiliza la siguiente ecuación:

No. de viajes/trayecto (Distancia \leq 60Km) = $2 * (\text{No. SE} * 18 \text{ jornadas por sede})$

SE: sede educativa

- 2) Para distancias mayores a 60 Km se utiliza la siguiente ecuación:

No. de viajes/ trayecto (Distancia $>$ 60Km) = $2 * (\text{No. SE} * 18 \text{ jornadas}/5)$
(cuando el residuo es 0)

No. de viajes/ trayecto (Distancia $>$ 60Km) = $2 * (\text{Parte entera} (\text{No. SE} * 18 \text{ jornadas}/5) + 1)$ (cuando el residuo es diferente de 0)

Es decir que por cada 10 jornadas que se realizan en una semana, el gestor hace un viaje de ida y regreso.

Uso de avión:

Cuando el gestor realiza un trayecto en el que por lo menos uno de los tipos de transporte empleados, es aéreo, la cantidad de viajes por cada trayecto, se determina por la siguiente ecuación.

No. de viajes/ trayecto = $2 * (\text{No. SE} * 18 / 20)$ (cuando el residuo es 0)

No. de viajes/ trayecto = $2 * (\text{Parte entera} (\text{No. SE} * 18 / 20) + 1)$ (cuando el residuo es diferente de 0)

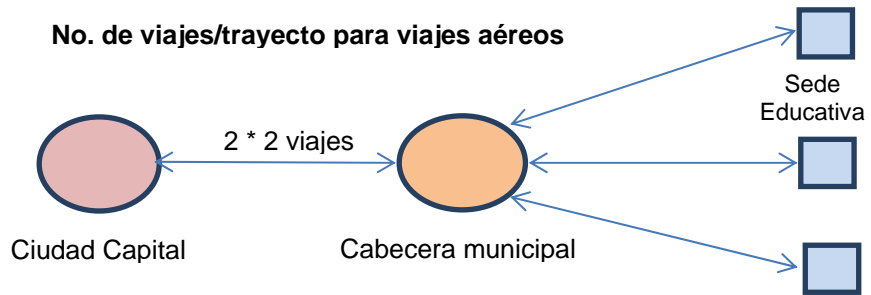
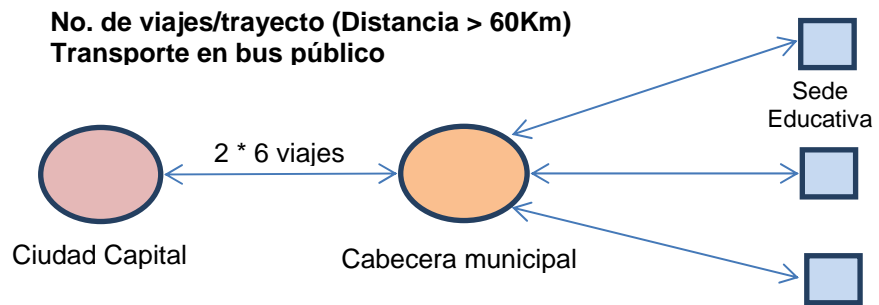
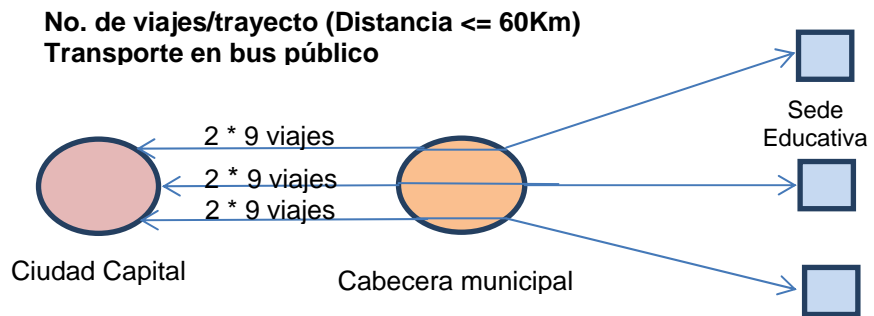
Cuando solo se beneficia a una sede educativa por municipio, el gestor realiza un solo viaje de ida y vuelta y demora dos semanas en realizar la formación.

Cuando el gestor realiza la formación en alguna de las capitales de la región, la distancia intermunicipal es 0 y por tanto el número de viajes por trayecto es 0.

Para comprender lo anterior, la siguiente Figura muestra un esquema de los tipos de recorridos que hace el gestor, para realizar todas las jornadas de formación en tres sedes ubicadas en un mismo municipio.

No se consideran las distancias entre la cabecera municipal y las sedes educativas, debido a la dificultad para ubicar su posición geográfica exacta.

Tipos de trayectos recorridos por un gestor que visita 3 sedes por municipio durante la Estrategia de CPE



ANEXO C. Cálculo de emisiones del Transporte en Bus público (Archivo de Excel incluido en CD)

ANEXO D. Cálculo del factor de emisiones de CO₂e por KWhr de electricidad para Colombia, según inventario de emisiones del 2007 de la EIA

El factor se calcula teniendo en cuenta los siguientes factores de emisiones de electricidad del inventario de emisiones del 2007 de la EIA⁴⁰ para Colombia:

Factor de emisiones de CO₂ = 0,157 Ton CO₂/MWh

Factor de emisiones de CH₄ = 0,00280 Kg CH₄ / MWh

Factor de emisiones de N₂O = 0,00185 Kg N₂O / MWh

Como 1 Kg CO₂ = 1 KgCO₂e, 1 Kg CH₄ = 21 KgCO₂e y 1 Kg N₂O = 310 KgCO₂e, entonces:

Factor de emisiones de CO₂e por KWhr de electricidad para Colombia = 1 * 0,157 KgCO₂e/KWh + 21*(0,00280/1000) KgCO₂e/KWh + 310*(0,00185/1000) KgCO₂e/KWh = **0,1576323 KgCO₂e/KWh**

⁴⁰ EIA. U.S. Department of Energy. Voluntary Reporting of Greenhouse Gases. p.127. [En línea]. 2.009. [Citado 15-Mayo-2.012]. Disponible en internet: http://www.eia.gov/oiaf/1605/pdf/Instructions_091112.pdf.

ANEXO E. Cálculo de emisiones de los equipos del dominio del cliente en la etapa de uso e incorporada – Proyección de módems satelitales remotos, switches, servidores

Región /año	Tipo de equipo	Cantidad de equipos	Máximo consumo de Potencia/ equipo (Watt)	Potencia activa (Factor de Potencia = 0.75)	PUE x 1,4	Consumo Energía/ 2 años (kWhr)	Factor de conversión de emisiones de CO2e por electricidad para Colombia KgCO ₂ /KWh	Total Emisiones / 2 años en etapa de uso (ton de CO ₂ e)	Emisiones por equipo en etapa de uso, según vida útil del fabricante (Kg CO ₂ e)	Emisiones por equipo en etapa incorporada, según vida útil del fabricante (Kg CO ₂ e)	Total Emisiones/ 2 años en la etapa incorporada (ton de CO ₂ e)
Región 1-8 (Año 2012/2013)	Estación remota Surfbeam	8035	130	97,50	136,50	78967,98	0,175	13,819	2092,545	0,191	1,535
Región 1-8 (Año 2012/2013)	DAP-2360 POE 802.11N Punto de Acceso Inalámbrico	8035	13	9,71	13,60	7866,43	0,175	1,377	104,225	0,030	0,243
Región 1-8 (Año 2012/2013)	Servidor Proxy IBM ThinkCentre A51p (CPU + Monitor)	8035	340	255	357,00	206531,64	0,175	36,143	1954,575	0,567	4,556
Región 1-8 (Año 2012/2013)	Switch HP 1410-8G (J9559A)	8035	12	9,00	12,60	7289,35	0,175	1,276	206,955	0,020	0,161
							TOTAL (Años 2012 y 2013)	52,615		TOTAL (Años 2012 y 2013)	6,495

ANEXO F. Características de Hardware para estimación LCA usando el método de Relación de etapa LCA.

Examples : Business-to-Consumer (B2C) Equipment – LCA Stage Ratio Modeling						
Category	Product Types	Typical Physical Configuration	Assumed Usage Profile (On/Standby/Off)	Typical Lifetime (years)	LCA Stage Ratio	
					Use-phase	Embodied
C-1	LED / LCD monitors	Various types / sizes	7.2/2.4/14.4 x 5	3	20%	80%
C-2	Mobile phone	Various types	20 minutes/day (voice)	2	30%	70%
C-3	Personal Computer				30%	70%
	Small laptop PC	Various types	7.2/2.4/14.4 x 5	4		
	Widescreen laptop PC	Various types	7.2/2.4/14.4 x 5	4		
	Desktop PC	Various types				
	Tablet PC	Various types				
C-4	Set Top Box (STB)	Various types	18 / 6	3	80%	20%
C-5	VoIP Phone	Various types	24 x 7	10	90%	10%
	ATA / VoIP gateway	Various types	24 x 7	10	90%	10%
C-6	Home Gateways – Central functions plus WAN interface	Processor, memory, WAN interface	24 x 7	3	80%	20%
	DSL CPE	ADSL, ADSL2, ADSL2+, VDSL2				
	WAN	Fast, Gigabit, and Fiber P/P Fast, Fiber P/P Gigabit Ethernet				
	PON	GPON, 1G-EPON, 10/1G-EPON, 10/10G-EPON, XG-EPON1				
	DOCSIS	2.0, 3.0 basic	DOCSIS 3.0 additional power allowance for each additional 4 downstream channels (2.8 W On-S; 2.2 W I-S)			
	WiMAX					
	3G / LTE					
Category	Product Types	Typical Physical Configuration	Assumed Usage Profile (On/Standby/Off)	Typical Lifetime (years)	LCA Stage Ratio	
					Use-Phase	Embodied
C-7	Home Gateways – LAN interfaces & add. functionality	Processor, memory, WAN interface	24 x 7	3	80%	20%
	Ethernet Port	Fast, Gigabit				
	WiFi Interface	single band IEEE 802.11g/a/h/n radio; with up to 23 - 30 dBm EIRP				
	Alternate LAN Technologies	HPNA, POF, MoCA				
	Powerline	Low speed, high speed (<50MHz; >50 MHz)				
	FXS / FXO					
	ISDN S0					
	DECT	GAP, Cat-1q				
	Bluetooth					
	USB					
	Zigbee					
	Femtocell	Home use; RF power ≤10mW; RF power 10mW-50mW				
	RF Modulator	TV overlay for fiber network				
	Embedded Hands-free Sys.					

Fuente: Guide for assessing GHG emissions of Hardware (GHG Protocol, 2012) http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/Chapter_6_GHGP-ICT%20Hardware%20v1-9%2010MAR2012.pdf

ANEXO G. Cálculo de emisiones del módem satelital remoto durante la etapa incorporada

El modem satelital remoto considerado en el dominio del cliente, presenta un consumo típico de energía es de 136,5 W (con factor de potencia de 0,75 y un PUE de 1,4), para el ciclo de trabajo de 8.760 horas (24 hrs * 365 días), y una esperanza de vida de 10 años⁴¹. De acuerdo con estas características, se tienen las siguientes emisiones de CO₂e en la etapa de uso:

$$E_u = 136,5 \text{ W} \times 8.760 \text{ hrs/año} \times 10 \text{ años} \times 1 \text{ Kwh}/1000 \text{ Wh} \times 0,175 \text{ kg CO}_2\text{e} / \text{Kwh}^*$$

E_u = emisiones en la etapa de uso (Kg CO₂e).

* Factor de conversión de emisiones de CO₂e por electricidad para Colombia

Entonces, $E_u = 2.092,545 \text{ kg CO}_2\text{e}$ (emisiones en la etapa de uso de un módem satelital remoto, con un tiempo de vida de 10 años)

Luego para calcular el valor de emisiones de CO₂e en la etapa embebida, se tienen las siguientes ecuaciones:

$$E_e = E_f \times (C_e / 100) \text{ o } E_e = E_f \times (1 - (C_u / 100))$$

$$E_u = E_f \times (C_u / 100) \text{ o } E_u = E_f \times (1 - (C_e / 100))$$

Donde

E_e = emisiones en la etapa incorporada (Kg CO₂e)

E_f = emisiones en todo el ciclo de vida (Kg CO₂e).

C_u = porcentaje de emisiones de CO₂e en la etapa de uso para el equipo de acuerdo a su categoría

C_e = porcentaje de emisiones de CO₂e en la etapa incorporada para el equipo de acuerdo a su categoría

⁴¹ Conte Roberto. Satellite Rural Telephone Network Design: A Methodology for Performance Optimization. [En línea]. 2.000. [Citado 14-Mayo-2.012]. Disponible en internet: <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-10132000-19080033/unrestricted/RConte.pdf>

En términos de valores de la etapa de uso (Eu y Cu) se tiene la siguiente ecuación:

$$E_e = (E_u / (C_u/100)) \times (1 - (C_u/100))$$

Utilizando un factor de Cu de 90%, similar al de un módem de acceso Wi-Fi ⁴², las emisiones de CO₂e de la etapa incorporada del módem satelital corresponden al siguiente valor:

$$E_e = (2.092,545 \text{ kg CO}_2\text{e} / (90\% / 100)) \times (1 - 90\% / 100)$$

Entonces; $E_e = 232,505 \text{ kg CO}_2\text{e}$ (emisiones de CO₂e de la etapa incorporada de un módem satelital, con un tiempo de vida de 10 años)

Además; $E_f = E_u + E_e = 2.092,545 + 232,505 = 2.325,05 \text{ kg CO}_2\text{e}$ (emisiones del ciclo de vida completo de un módem satelital)

Debido a que el módem satelital tiene una vida útil de 10 años y el equipo solo se usa 72 horas durante la prestación del servicio, se aplica a las emisiones de la etapa embebida, un factor de partición de 80/87.600. El valor de 87.600 corresponde a 10 años * 365 días/año * 24 horas de vida útil del equipo. Por lo tanto, $E_a = 232,505 \text{ kg} * 72/87.600 = 0,191 \text{ Kg CO}_2\text{e}$.

Como la cantidad de módems empleados son 8.035, el total de emisiones procedentes de los módems corresponde a 1,535 ton de CO₂e. De igual forma se realizan los cálculos para los puntos de acceso, servidores proxy y los switches. Se utiliza un tiempo de vida de 5, 5 y 15 años respectivamente y se obtienen emisiones por 0,243, 4,556 y 0,161 ton de CO₂e.

⁴² Como no se tienen estudios de LCA de equipos satelitales VSAT, se toma como referencia el módem para acceso Wi-Fi, que al igual que el módem satelital opera de forma inalámbrica y se instala en el dominio del cliente. Su tiempo de vida es de 10 años y su factor de Cu es de 90%.

ANEXO H. Cálculo de emisiones del traslado de equipos del dominio del cliente desde las fábricas hasta el puerto de Buenaventura

Para el cálculo de emisiones procedentes de la distribución y transporte de equipos desde las fábricas hasta Colombia, se considera transporte marítimo desde el puerto más cercano a las fábricas en el exterior hasta el puerto de Buenaventura en Colombia. Para determinar estas distancias se utiliza Google Earth, y los resultados se presentan a continuación.

Tipo de equipo a transportar	Peso (Kg)	Trayecto recorrido por tipo de equipo	Distancia (Km) recorrida
Servidor IBM ThinkCentre A51p + Monitor	6,16	El Salto (México)-B/ventura (sale desde Puerto Manzanillo)	3636,28
Switch HP 1410-24G (J9561A)	1,35	Houston (Texas)-B/ventura	3488,65
Punto de Acceso Inalámbrico DAP-2360 POE 802.11N	0,717	Houston (Texas)-B/ventura	3488,65
Modem satelital remoto + BUC + Antena	25,35	New Burnswick (Canadá) - B/ventura	4914,3

La distancia recorrida por tipo de equipo se multiplica por el peso de las unidades requeridas por año. Por cada tipo de equipo, se requieren 3.449 unidades y 4.586 unidades, durante el 2012 y 2013 respectivamente. El resultado de la operación, corresponde a la Tonelada.Km, que es la medida de mercancías transportadas que representan el movimiento de una tonelada sobre un km.

Luego este valor se multiplica por el factor de emisiones para toneladas-kilómetro de carga por transporte marítimo, 0,01315 (Emisiones directas Scope 3)⁴³, para obtener las emisiones de CO₂e de los equipos del dominio del cliente. De acuerdo con Defra y DECC, las emisiones directas por transporte están incluidas en el scope 1 o scope 3, dependiendo de la propiedad del vehículo/nivel de control.

⁴³ DECC y Defra. Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting. Annex 7g. [En línea]. 2011. [Citado 21-Mayo-2.012]. Disponible en internet: <http://archive.defra.gov.uk/environment/business/reporting/pdf/110707-guidelines-ghg-conversion-factors.pdf>

Para los vehículos propios o controlados directamente por la organización que reporta emisiones, las emisiones directas se reportan bajo Scope 1. Sin embargo, las emisiones del transporte en vehículos que no son propios o controlados por la organización que reporta emisiones, se reportan bajo Scope 3.

Para determinar las emisiones correspondientes al servicio de videoconferencia, se aplica un factor de partición y se emplea la siguiente ecuación para cada tipo de equipo:

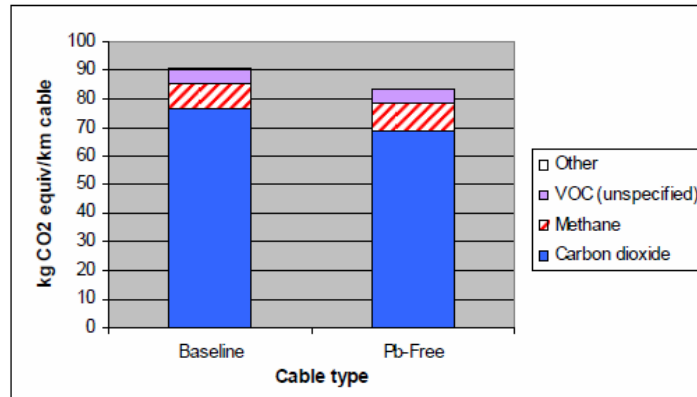
$$\text{Total Emisiones TonCO}_2\text{e (con partición)} = (\text{Emisiones KgCO}_2\text{e}/1000 * \text{Tiempo prestación servicio/año (plataforma de servicios)} / (\text{Vida Útil tipo equipo} * 365 * 24)$$

Finalmente el total de emisiones por la distribución y transporte de equipos del dominio del cliente desde las fábricas hasta el puerto de Buenaventura, correspondiente al servicio de videoconferencia es de **0,172 ton CO₂e**, como se presenta a continuación:

	Año 2012				Año 2013			
	Servidor	Switch	Punto de Acceso	Modem	Servidor	Switch	Punto de Acceso	Modem
Peso equipos/año (Kg/año)	21245,84	4656,15	2472,933	87432,15	28249,76	6191,1	3288,162	116255,1
Toneladas.Km	77255,823	16243,678	8627,198	429667,815	102724,037	21598,581	11471,246	571312,438
Factor emisiones (kg CO ₂ e por tonelada.km)	0,01315	0,01315	0,01315	0,01315	0,01315	0,01315	0,01315	0,01315
Emisiones KgCO ₂ e (sin partición)	1015,914	213,604	113,448	5650,132	1350,821	284,021	150,847	7512,759
Tiempo prestación servicio/año	600	600	600	600	960	960	960	960
Total Emisiones Ton CO ₂ e (con partición)	0,014	0,001	0,002	0,039	0,030	0,002	0,003	0,082
Total emisiones TonCO ₂ e de equipos durante la Estrategia de CPE	0,172							

ANEXO I. Cálculo de emisiones del cable UTP usado en el dominio del cliente

Para este cálculo se tiene en cuenta que el tipo de cable UTP más utilizado en redes LAN es el tipo CMR, Riser-rated Communication Cable, que contiene estabilizadores térmicos a base de plomo y genera 90 Kg CO₂e por Km de cable⁴⁴, durante todo su ciclo de vida, como se muestra en la siguiente Gráfica.



Con las longitudes promedio de cable UTP que requiere cada sede educativa, se determina que para las 8.035 sedes, se debe instalar una longitud de 174,36 Km de cable UTP cat 5e, como se presenta a continuación.

Tipo de cable	Longitud del cable
Patch cord (cable UTP cat 5e para conectar el Servidor Proxy a la red WLAN (a través del switch).	0,90 mts
Patch cord (cable UTP cat 5e para conectar modem satelital con el servidor Proxy)	0,90 mts
Patch cord (cable UTP cat 5e para conectar el Punto de Acceso Inalámbrico con el switch)	6 mts
Total cable UTP cat 5e en cada sede	7,8 mts
Total cable UTP cat 5e en las 8.035 sedes	62,673 Km

⁴⁴ Leet Socolof, Maria, Smith Jay. Wire and Cable Insulation and jacketing: life-cycle assessments for selected applications. US EPA Design for the Environment Program. EPA 744-R-08-001. Mayo de 2008.

Debido a que el tiempo mínimo de servicio del cable utilizado en redes de telecomunicaciones es en promedio 13 años y el cable UTP se usa 80 horas durante la prestación del servicio, se aplica un factor de partición de 80/113.880 para obtener la cantidad total de emisiones de CO₂e procedentes del cable UTP cat 5e usado en las 8.035 sedes, a través de la siguiente ecuación:

Total Emisiones CO₂e (cable UTP cat 5e) = Longitud total Cable UTP * Emisiones KgCO₂e /Km de cable UTP * (80/113.880)

El valor de 113.880 corresponde a 13 años * 365 días * 24 hrs de vida útil del cable

Total Emisiones CO₂e (cable UTP cat 5e) = 62,673 Km * 90 Kg CO₂e /Km cable UTP * 80/113.880

Total Emisiones CO₂e (cable UTP cat 5e) = 3,566 Kg CO₂e.

ANEXO J. Cálculo de emisiones de los equipos de la plataforma de servicios en la etapa de uso e incorporada – Proyección del Sistema de Acceso Satelital VSAT Surfbeam y equipos de red Core para la Interconexión a internet y al NAP Colombia

Tipo de equipo	Partes del equipo	Cantidad de equipos	Máximo consumo de Potencia/ equipo (Watt)	Potencia activa (Factor de Potencia = 0.75)	PUE x 1,7	Consumo Energía/ 2 años (kWh)	Factor de emisiones de KgCO ₂ e/ kWh de electricidad para Colombia	Total Emisiones / 2 años en etapa de uso (ton CO ₂ e)	Emisiones por equipo en etapa de uso, según vida útil del fabricante (Kg CO ₂ e)	Emisiones por equipo en etapa incorporada, según vida útil del fabricante (Kg CO ₂ e)	Total Emisiones/ 2 años en etapa incorporada (ton CO ₂ e)	
Estación terrena satelital	Equipo de Radio Frecuencia	HPA (High Power Amplifier)	2	2500	1875	3187,5	9945	0,175	1,740	48864,375	96,688	0,193
		LNB (Low Noise Block Converter)	2	9,6	7,2	12,24	38,1888	0,175	0,007	187,639	0,371	0,001
		L Band Combiner Switch (LCS-4)	1	70	52,5	89,25	139,23	0,175	0,024	1368,203	2,707	0,003
		Amplificador Banda L Marca ComStream Modelo RL1 – 095145	1	0,5	0,375	0,6375	0,9945	0,175	0,000	9,773	0,019	0,000
		Deshidratador Marca Andrew modelo MT050 DryLine	1	300	225	382,5	596,7	0,175	0,104	5863,725	11,603	0,012

Hub Surfbeam de VIASAT	Sistema Terminal de Modem Satelital (SMTS)	Motorola BRS-64000 SMTS	1	747,3	560,475	952,8075	1486,3797	0,175	0,260	14606,539	28,902	0,029
	Sistema de Provisionamiento BACC – Broadband Access Center for Cable	Servidor que Mejora el Desempeño de los Protocolos (PEP) (CPU + Monitor)	2	790	592,5	1007,25	3142,62	0,175	0,550	7720,571	48,526	0,097
		CNR – Cisco Network Registrar (CPU + Monitor)	2	630	472,5	803,25	2506,14	0,175	0,439	6156,911	38,698	0,077
		RDU – Regional Distribution Unit (CPU + Monitor)	2	750	562,5	956,25	2983,5	0,175	0,522	7329,656	46,069	0,092
		DPE – Device Provisioning Engine (CPU + Monitor)	2	750	562,5	956,25	2983,5	0,175	0,522	7329,656	46,069	0,092
		Servidor Cisco PIX Firewall	2	220	165	280,5	875,16	0,175	0,153	2150,033	13,514	0,027
	Infraestructura de Networking (Switch - Router)	Switch Cisco Catalyst 4507	1	1760	1320	2244	3500,64	0,175	0,613	51600,780	68,068	0,068

	Sistema de Gestión y Administración de Red (NMS)	HP Openview NNM Sun Workstation (Sun Netra) (CPU + Monitor)	1	790	592,5	1007,25	1571,31	0,175	0,275	7720,571	48,526	0,049
Interconexión a internet y al NAP Colombia		Router Cisco 7204 (Ubicado en Nodo Zona Franca)	2	370	277,5	471,75	1471,86	0,175	0,258	7231,928	14,310	0,029
		Router Cisco 7507 (Ubicado en Nodo Granahorrar)	1	780	585	994,5	1551,42	0,175	0,271	15245,685	30,167	0,030
		Router Cisco 7513 (Ubicado en Nodo Bethesda)	1	1600	1200	2040	3182,4	0,175	0,557	31273,200	61,880	0,062
		OSN 1500 Huawei	2	200	150	255	795,6	0,175	0,139	7818,300	3,664	0,007
		Pasolink NEO NEC	2	32	24	40,8	127,296	0,175	0,022	625,464	1,238	0,002
								TOTAL (Años 2012 y 2013)	6,457			TOTAL (Años 2012 y 2013)

ANEXO K. Ecuaciones para calcular la cantidad de viajes/trayectos recorridos durante actividades de soporte

Estudios de sitio:

Para calcular el número de viajes por cada trayecto recorrido en bus público para realizar un estudio de sitio, se emplean las siguientes ecuaciones:

Para distancias mayores a 60 Km, se tiene:

No. de viajes/ trayecto (Distancia > 60Km) = $2 * (\text{No. SE} / 12)$ (cuando el residuo es 0)

No. de viajes/ trayecto (Distancia > 60Km) = $2 * (\text{Parte entera} (\text{No. SE} / 12) + 1)$ (cuando el residuo es diferente de 0)

Para un número de sedes menor o igual a 12, se tiene que el No. de viajes/ trayecto es igual a 2.

Para distancias menores o iguales a 60 Km, se tiene:

No. de viajes/ trayecto (Distancia < = 60Km) = $2 * (\text{No. SE} / 2)$ (cuando el residuo es 0)

No. de viajes/ trayecto (Distancia < = 60Km) = $2 * (\text{Parte entera} (\text{No. SE} / 2) + 1)$ (cuando el residuo es diferente de 0)

Para un número de sedes menor o igual a 2, se tiene que el No. de viajes/ trayecto es igual a 2.

Instalaciones:

Para determinar el número de viajes por cada trayecto recorrido en bus público para realizar una instalación, se tienen las siguientes ecuaciones:

Para distancias mayores a 60 Km, se tiene:

No. de viajes/ trayecto (Distancia > 60Km) = $2 * (\text{No. SE} / 3)$ (cuando el residuo es 0)

No. de viajes/ trayecto (Distancia > 60Km) = $2 * (\text{Parte entera} (\text{No. SE} / 3) + 1)$ (cuando el residuo es diferente de 0)

Para un número de sedes menor o igual a 3, se tiene que el No. de viajes/ trayecto es igual a 2.

Para distancias menores o iguales a 60 Km, se tiene:

$$\text{No. de viajes/ trayecto (Distancia } \leq 60\text{Km)} = 2 * \text{No. SE} * 2$$

Mantenimientos preventivos:

Para determinar el número de viajes por cada trayecto recorrido en bus público, para realizar un mantenimiento preventivo, se tienen las siguientes ecuaciones:

Para distancias mayores a 60 Km, se tiene:

$$\text{No. de viajes/ trayecto (Distancia } > 60\text{Km)} = 2 * (\text{No. SE} / 5) \text{ (cuando el residuo es 0)}$$

$$\text{No. de viajes/ trayecto (Distancia } > 60\text{Km)} = 2 * (\text{Parte entera (No. SE} / 5) + 1) \text{ (cuando el residuo es diferente de 0)}$$

Para un número de sedes menor o igual a 5, se tiene que el No. de viajes/ trayecto es igual a 2.

Para distancias menores o iguales a 60 Km, se tiene:

$$\text{No. de viajes/ trayecto (Distancia } \leq 60\text{Km)} = 2 * \text{No. SE}$$

Cuando el gestor realiza la actividad de soporte en alguna de las capitales de la Región, la distancia intermunicipal es 0 y por tanto el número de viajes por trayecto es 0.

ANEXO L. Cálculo de emisiones de actividades de soporte para el servicio de videoconferencia

A continuación se presenta las emisiones de GEI de estudios de sitio, instalaciones y mantenimientos preventivos requeridos para la conectividad a internet en las sedes.

Emisiones CO₂e por actividades de soporte para conectividad a internet	2012	2013
Estudios Sitio (Ton CO₂e)	8,112	11,341
Instalaciones (Ton CO₂e)	116,338	169,741
Mtos Preventivos (Ton CO₂e)	30,332	42,005
Total Emisiones CO₂e por actividades de soporte para conectividad en 8.035 en sedes (Ton CO₂e)	154,782	223,087

A pesar de que el servicio de conectividad se ofrece permanentemente en las sedes, una vez los equipos instalados cumplen su vida útil, se remplazan por nuevos equipos. Como las emisiones de CO₂e de estudios de sitio e instalaciones, corresponden al servicio de conectividad que se ofrece durante el primer ciclo de vida de los equipos, y lo que se desea obtener son las emisiones para la prestación del servicio de videoconferencia, las emisiones del 2.012 calculadas se multiplican por un factor de 0,006 (560 horas /87.600 horas) y las emisiones del 2.013 se multiplica por un factor de 0,008 (720 horas /87.600 horas).

El valor de 87.600, corresponde a la vida útil promedio de los equipos del dominio del cliente, 10 años * 24 horas/día * 365 días/año. El resultado de estos cálculos se presenta en la siguiente Tabla.

Para obtener las emisiones de CO₂e de mantenimientos preventivos para el servicio de videoconferencia en las 8.035 sedes, las emisiones del 2.012 para el servicio de conectividad en las sedes, se multiplica por un factor de 0,35 (560/1.600) y las emisiones del 2.013 se multiplican por un factor de 0,45 (720/1.600). Estas 1.600 horas corresponden a 40 semanas de clase al año en los colegios públicos, multiplicada por 5 días a la semana y 8 horas diarias promedio de uso de la sala de cómputo.

El resultado de estos cálculos se presenta en la siguiente Tabla.

	2012	2013
Factor partición para Estudios de Sitio e instalaciones*	0,007	0,011
Factor partición para Mtos Preventivos	0,375	0,600
Emisiones por transporte en bus público para Estudios de Sitio (Ton CO2e)	0,056	0,124
Emisiones por transporte en vehículos particulares para Instalaciones (Ton CO2e)	0,797	1,860
Emisiones por transporte en bus para Mtos Preventivos (Ton CO2e)	11,374	25,203
Total emisiones por actividades de soporte de BT para videoconferencia en 8.035 sedes (Ton CO2e)	12,227	27,187

Finalmente el transporte para las actividades de soporte de BT, como estudios de sitio, instalaciones y mantenimientos preventivos durante la transmisión de las videoconferencias en las 8.035 sedes genera un total de **39,414 ton de CO₂e**.