

**DETERMINACION DE LA HUELLA DE CARBONO ORGANIZACIONAL Y
EVALUACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN PARA EL
HOSPITAL UNIVERSITARIO LA SAMARITANA HUS.**

**LAURA XIMENA BRICEÑO ROMERO
LIZETH YURANI RINCON AGUDELO**

**Trabajo de grado para optar el título de:
INGENIERO AMBIENTAL**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES
FACULTAD INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ, D.C.
AÑO 2014**

**DETERMINACION DE LA HUELLA DE CARBONO ORGANIZACIONAL Y
EVALUACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN PARA EL
HOSPITAL UNIVERSITARIO LA SAMARITANA HUS.**

**LAURA XIMENA BRICEÑO ROMERO
LIZETH YURANI RINCON AGUDELO**

**Proyecto de grado para optar el título de:
INGENIERO AMBIENTAL**

TUTOR:

**WILLIAM EVELIO RODRÍGUEZ DELGADO
MSC ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA UCLM**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES
FACULTAD INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
AÑO 2014**

Notas de agradecimiento

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

-“En primer lugar a Dios por permitirme estudiar esta hermosa carrera y guiarme en cada uno de los pasos dados, a mis padres por ser mi apoyo en cada objetivo cumplido y mi voz de aliento en cada desfallecer, a mi familia por su constancia y preocupación por mí, a mis amigos y compañeros de estudio que hicieron que este trayecto fuese un poco más fácil, al profesor William Rodríguez y compañeros del semillero GESEA por permitirme desarrollar este proyecto”

Laura Ximena Briceño Romero

-“Especialmente a mis padres, que con su esfuerzo y motivación, han sido trascendentales para escalar paso a paso hacia las metas propuestas, a los profesores que contribuyeron a mi formación académica y profesional, finalmente a mis compañeros y amigos que integran el semillero de investigación, ya que hemos compartido de nuestros conocimientos para lograr cada objetivo.”

Lizeth Yurani Rincón Agudelo

AGRADECIMIENTOS

Al Hospital Universitario La Samaritana E.S.E, en especial al grupo de Investigación médica y al Ingeniero Luis Castellanos, ya que nos brindaron la oportunidad de realizar no solo el presente proyecto, sino también, los demás, que en el momento conforman el semillero de investigación GESEA, asimismo al profesor William Evelio Rodríguez, que apporto sus conocimientos y su tiempo para el desarrollo del mismo.

TABLA DE CONTENIDO

ABREVIATURAS.....	10
1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN	13
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
5.1. ESTADO DEL ARTE.....	17
5.2. MARCO CONCEPTUAL	21
5.2.1. Efecto invernadero	21
5.2.1. Gases efecto invernadero (GEI).....	22
5.2.2. Potencial de calentamiento global/mundial	24
5.2.3. Huella de carbono	25
5.2.4. Eficiencia energética.....	25
5.3. MARCO TEÓRICO.....	26
5.3.1. Metodologías de cuantificación de GEI.....	28
5.3.2. Medidas de mitigación de la huella de carbono	29
5.3.3. Medidas de compensación de huella de carbono.....	30
5.3.3.1. Proyectos de Carbono Forestal.....	30
5.3.3.2. Mercados de carbono	30
Bonos de Carbono	30
Bonos de carbono en el mercado oficial: Certificados de reducción de Emisiones (CER). }	
31	
Bonos de carbono en el mercado voluntario: Emisiones Voluntarias Reducidas (VER).	31
5.4. MARCO LEGAL	33
5.5. MARCO HISTÓRICO	36
6. DISEÑO METODOLÓGICO.....	38

7.METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO LA SAMARITANA ESE, BASADOS EN LA NORMA ISO 14064-1	39
7.1. ALCANCE ORGANIZACIONAL	40
7.2. ALCANCE OPERACIONAL.....	41
7.2.1. Descripción Consumos.....	43
7.2.2. EMISIONES DIRECTAS DEL HUS ALCANCE 1. ISO 14064-1	43
7.2.3. EMISIONES INDIRECTAS DEL HUS ALCANCE 2. ISO 14064 – 1	44
7.2.4. OTRAS EMISIONES INDIRECTAS ALCANCE 3 ISO 14064-1	45
8.1 ETAPA 1. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE GEI.....	46
8.2 ETAPA 2. SELECCIÓN DE LA METODOLOGIA DE CUANTIFICACIÓN DE GEI....	50
8.3.1. Consumo de gas natural	51
8.3.2. Consumo de energía eléctrica.....	53
8.3.3. CONSUMO DE AGUA	55
8.4. SELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISION.	57
8.5 CALCULO DE EMISIONES DE GEI	58
8.5.1. Emisiones directas	58
8.5.2. Emisiones indirectas.....	59
8.5.3. Otras emisiones indirectas.....	60
8.6. AÑO BASE.....	61
8. ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO.....	65
9. ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO	67
9.1 MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.	67
9.2 MEDIDAS DE MITIGACIÓN A TRAVÉS DE LA GENERACIÓN ALTERNATIVA DE ENERGÍA ELÉCTRICA.	70
10. ALTERNATIVAS DE COMPENSACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DEL HUS. 73	
10.1 ALTERNATIVA 1. PROGRAMA FORESTAL A TRAVÉS DE LA ADOPCIÓN DE ÁRBOLES EN LA CUENCA DEL RIO BOGOTÁ.	73
10.1.2 Descripción del proyecto.	73
10.2 ALTERNATIVA 2. MANTENIMIENTO DE BOSQUE ALTO ANDINO.	75
10.3 ALTERNATIVA 3. COMPRA DE CERTIFICADO VCS.....	75
10.3.1 Descripción del Proyecto.....	75

10.3.2 Toneladas de CO ₂ equivalente a compensar	76
10.4 ALTERNATIVA 4. COMPRA DE CERTIFICADO MADERABLE ICONTEC	77
Mantenimiento de bosque alto andino.....	77
11. CURVA DE COSTOS DE ABATIMIENTO	78
12. CONCLUSIONES.....	81
13. RECOMENDACIONES	83
14. BIBLIOGRAFÍA	84

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mecanismos de proyecto para el cumplimiento de compromisos del protocolo de Kyoto. Fuente: (Godoy, 2009)	18
Ilustración 2. Efecto invernadero. Fuente: (Ciesla, 1996)	21
Ilustración 3. Alcances Operacionales	27
Ilustración 4. Etapas de la Cuantificación de GEI.....	28
Ilustración 5. Ley 697 de 2001 y sus respectivos decretos.....	33
Ilustración 6. Diagrama metodológico para el cálculo de la huella de carbono de una organización. Fuente: (ISO , 2006), Autores	39
Ilustración 7. Imagen Satelital Hospital universitario La Samaritana sede Bogotá.....	40
Ilustración 8. Caldera HUS.....	44
Ilustración 9. Equipos médicos.....	45
Ilustración 10. Proyecto de Compensación	76

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. GASES EFECTO INVERNADERO.	22
Tabla 2. ESTANDARES ASOCIADOS AL MERCADO VOLUNTARIO DE CARBONO	32
Tabla 3. Metodología.	38
Tabla 4. Áreas hospitalarias dentro del límite organizacional	41
Tabla 5. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE EMISIÓN GEI Y ALCANCE	42
Tabla 6. Fuentes de Emisión de GEI en el hospital.....	46
Tabla 7. Exclusiones de las actividades de GEI.....	48
Tabla 8. Consumo Gas Natural multianual.....	52
Tabla 9. Consumo Energía Eléctrica multianual.....	53
Tabla 10. Consumo agua multianual.....	55
Tabla 11. Factores de emisión	57
Tabla 12. Emisiones asociadas al consumo de gas natural trimestral.....	58
Tabla 13. Emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica trimestral	59
Tabla 14. Emisiones asociadas al consumo de agua trimestral	60
Tabla 15. Emisiones del HUS correspondientes a los años de estudio.	61

Tabla 16. RELACIÓN DE LAS UVR (UNIDAD DE VALOR RELATIVO) Y LAS EMISIONES DURANTE LOS AÑOS DISPONIBLES	62
Tabla 17. Relación lineal.....	63
Tabla 18. Datos excluidos para la determinación de la línea objetivo.....	64
Tabla 19. DATOS ADECUADOS PARA LA OBTENCIÓN DE LINEA OBJETIVO	65
Tabla 20. Medidas de Mitigación.....	67
Tabla 21. Ahorro económico y Ton CO ₂ eq reducidas.....	69
Tabla 22. Medidas de mitigación generación de energía eléctrica.	70
Tabla 23. Ahorro anual y Ton CO ₂ reducidas con las alternativas de generación de energía eléctrica.	71
Tabla 24. Costo de la compensación	74
Tabla 25. Costo total alternativa 1	74
Tabla 26. Costo alternativa 2	75
Tabla 27. Conversión de Euros a Pesos	76
Tabla 28. Factor de captura por árbol	77
Tabla 29. Costo total Alternativa 4	77
Tabla 30. Resumen propuestas de compensación.....	77
Tabla 31. Costos de las emisiones de las Ton CO ₂ eq reducidas o compensadas.....	79

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Tendencia de consumo de gas natural mensual multianual.....	51
Gráfica 2. Tendencia de consumo de gas natural.	52
Gráfica 3. Tendencia de Consumo energía Eléctrica kWh.	53
Gráfica 4. Consumo de energía eléctrica mensual multianual.....	54
Gráfica 5. Tendencia de consumo de agua anual	55
Gráfica 6. Tendencia de consumo de agua mensual multianual.	56
Gráfica 7. Tendencia de la huella de carbono expresada en Ton CO ₂ eq	61
Gráfica 8. Relación de emisiones totales y UVR (LINEA BASE)	63
Gráfica 9. Relación de emisiones totales y UVR (LINEA BASE DEPURADA).....	64
Gráfica 10. Relación de emisiones totales y UVR (LINEA BASE OBJETIVO).....	65
Gráfica 11. CURVA DE COSTO DE ABATIMIENTO.....	80

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Calculo de Emisiones de GEI	50
Ecuación 2. Emisiones asociadas al consumo de gas natural.....	58
Ecuación 3. Emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica	59
Ecuación 4. Emisiones asociadas al consumo de agua	60
Ecuación 5. Ecuación lineal	63
Ecuación 6. Ecuación para compensación a través de árboles.....	74
Ecuación 7. Valor de Compensación en Pesos Colombianos	76
Ecuación 8. Evaluación mitigación 2014	78
Ecuación 9. Evaluación compensación 2014	78

ABREVIATURAS.

CAR: Climate Action Reserve

CER: Certificados de Reducción de Emisiones

CFC'S: Compuestos fluorocarbonados

CH₄: Metano

CO₂: Dióxido de Carbono

E.S.E: Empresa social del estado

EAAB: Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá.

ECODES: Estrategia de Conservación para el Desarrollo Sostenible

GEI: Gases efecto invernadero

GS: Gold Standard

HFC'S: Hidrofluorocarbonos

HUS: Hospital Universitario La Samaritana

ISO: Organización Internacional de Normalización

Kg CO₂ eq: Kilogramo de CO₂ equivalente

MDL: Mecanismos de desarrollo limpio

N₂O: Óxidos de Nitrógeno

NTC: Norma Técnica Colombiana

PAS: Publicly Available Specification

PFC'S: Perfluorocarbonos

REDD: Programa de Reducción de Emisiones de Carbono causadas por la Deforestación y la Degradación de los Bosques.

S₂O: Óxidos de Azufre

SF₆: Hexafluoruro de Azufre

TON Co₂ eq: Tonelada de CO₂ equivalente.

UNFCCC: Convenio Marco de Cambio Climático de Naciones Unidas

UPME: Unidad de planeación minero energética.

UVR: Unidad de valor relativo

VCS: Verified carbón Standard

VER: Verified Emission Reductions

WEI/WBDCS: Wide-Band Data Collection System.

RESUMEN

El cambio climático, es un fenómeno que ha generado repercusiones significativas que afectan el frágil equilibrio del planeta, varias organizaciones se han interesado por este cambio sistémico global, con el fin de analizar las causas ya sean antrópicas o naturales, asimismo los impactos que se han generado en los aspectos económicos, sociales, naturales, e incluso culturales, por otro lado, se han puesto a la tarea de buscar aquellas alternativas que puedan atenuar dichos efectos de este cambio y de aquellas, que tengan como objetivo, adaptarse al mismo.

Bajo el esquema del macro proyecto de gestión energética y sostenibilidad energético ambiental que se desarrolla dentro de Hospital Universitario La Samaritana, el presente proyecto de grado, tiene como objetivo principal, la determinación de la huella de carbono organizacional, del Hospital, debido a que, sus actividades, son potenciales consumidoras de energía eléctrica o térmica, por ello es necesario saber el aporte del hospital, en cuanto a emisiones de gases efecto invernadero, principal causa del cambio climático expresadas en Toneladas de CO₂ Equivalentes a la atmósfera, a su vez evaluar medidas de mitigación y compensación, a través del inventario de emisiones de gases efecto invernadero.

Así se obtiene que la huella de carbono dentro del alcance establecido para el Hospital Universitario La Samaritana en el año 2013, fue de 501,23 Ton CO₂ eq. Se propone que las emisiones del HUS sean gestionadas a través de 6 propuestas de mitigación y 4 propuestas de compensación total de la huella de carbono, que son analizadas a través del desarrollo de una curva de abatimiento que caracteriza todas las propuestas.

PALABRAS CLAVES: Energía, cambio climático, emisiones GEI, hospital, compensación, mitigación, huella de carbono.

ABSTRACT

Climate change is a phenomenon that has generated significant impact affecting the fragile balance of the planet, several organizations have been interested in this global systemic change in order to analyze the causes whether man-made or natural origin, also the impacts that have been generated in the economic, social, natural, and even cultural aspects, on the other hand, have been put to the task of seeking, alternatives that can mitigate these effects of this change, and those that aim to adapt to it.

Under the scheme of the energy management and energetic and environmental sustainability macro project, that develops within Hospital Universitario La Samaritana, this graduation project, whose main objective, determining the organizational carbon footprint, because that their activities are potential consumers of electrical or thermal energy, so it is necessary to know the contribution of the hospital, on emissions of greenhouse gases, the main cause of climate change expressed in tons of CO₂ equivalents to the atmosphere, turn evaluate mitigation and compensation through the inventory of greenhouse gas emissions.

So it follows that the carbon footprint within the scope established for the Hospital Universitario La Samaritan in 2013, was 501.23 tons CO₂ eq. It is proposed that emissions from HUS are managed through six (6) mitigation proposals and four (4) compensation proposals of the carbon footprint, which are analyzed through the development of abatement curve that characterizes all proposals.

KEYWORDS: Energy, climate change, greenhouse emissions, hospital, compensation, mitigation, carbon footprint.

1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

- DETERMINACION DE LA HUELLA DE CARBONO ORGANIZACIONAL Y VALORACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN PARA EL HOSPITAL UNIVERSITARIO LA SAMARITANA HUS.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El cambio climático, es un fenómeno que en los últimos años ha adquirido mayor importancia, dado que sus impactos afectan directamente los componentes ambientales, sociales y económicos del mundo; este fenómeno se ve directamente influenciado por las emisiones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono CO₂, que en grandes concentraciones, inciden en el deterioro de la capa de ozono y este a su vez, es uno de los causantes que genera los cambios climáticos existentes (UNED, 2013).

En la búsqueda del desarrollo de la humanidad, se han empleado diversas tecnologías para proporcionar y satisfacer la demanda de bienes y servicios a la sociedad, que al transcurrir los años han generado impactos ambientales, ocasionando el deterioro ambiental que el planeta actualmente vive en parte por la emisión de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, es necesaria la cuantificación de emisiones de CO₂ que se generan por el empleo de estas tecnologías, determinando así la contribución de las mismas al denominado cambio climático.

Los hospitales en general, por sus características y las diferentes actividades que desarrollan para cumplir con el objetivo de prestar un servicio, en este caso de salud a la comunidad, son potenciales generadores de emisiones debido al consumo energético (eléctrico y térmico) para el funcionamiento de los equipos médicos empleados para el cumplimiento de dicho objetivo.

De esta manera es necesario que el Hospital Universitario La Samaritana E.S.E, considere el cálculo de la huella de carbono organizacional, para determinar el grado de incidencia que tiene el hospital en el cambio climático, asimismo valorar las medidas de mitigación y compensación para minimizar los aspectos ambientales como lo son el consumo de energía eléctrica ,térmica y de agua, que contribuyen a este impacto.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Cuál es la huella de carbono del HUS y cuáles son los principales factores que la generan?
- ¿Cuáles son las alternativas más costo-eficientes para la reducción y compensación de las emisiones de GEI del HUS?

3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El presente proyecto, está dirigido a reconocer las variables más importantes que generan la huella de carbono en el Hospital Universitario La Samaritana E.S.E. y a evaluar las diferentes medidas para mitigar y compensar, los impactos ambientales asociados a la generación de emisiones de gases de efecto invernadero GEI en el sector hospitalario, siendo el HUS pionero a nivel local en la cuantificación y medición de su huella de carbono.

De esta manera la metodología empleada para la cuantificación de los gases de efecto invernadero, podría ser aplicada en diferentes entidades hospitalarias, que deseen conocer su huella de carbono, tomando las medidas necesarias para mitigar este impacto.

Aunque Colombia no es un gran contribuyente de emisiones de GEI, los efectos asociados al cambio climático que se pueden generar en el país son de gran relevancia perjudicando la dinámica ambiental del mismo.

Por ello es importante destacar que desde el ámbito de la Ingeniería Ambiental, el uso y ahorro eficiente de los recursos, está en auge, dado que el campo de aplicación es bastante amplio, ya que se puede replicar en diferentes organizaciones sin importar su actividad económica, entendiendo, que estas actividades inciden en su mayoría de manera negativa en los componentes ambientales, ya sean bióticos, abióticos o sociales.

4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.

4.1. OBJETIVO GENERAL.

Determinar la huella de carbono del Hospital Universitario La Samaritana E.S.E. para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero generados, y poder evaluar las principales alternativas de mitigación y compensación de los GEI.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Cuantificar la huella de carbono del Hospital Universitario La Samaritana E.S.E. para determinar las emisiones de gases de efecto invernadero generados, expresados en toneladas de CO₂.
- Evaluar las posibles acciones orientadas a mitigar y compensar el impacto asociado al cambio climático ocasionado por el HUS.

5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

5.1. ESTADO DEL ARTE

Las emisiones de gases efecto invernadero a pesar de una considerable oferta de alternativas para su mitigación, siguen en aumento, tal como lo especifica el COMUNICADO DE PRENSA DEL IPCC del 13 de Abril de 2014, a su vez el profesor Dr Ottmar Edenhofer¹, en este comunicado, expresa que “Las políticas sobre el clima acordes con el objetivo de 2 grados Celsius necesitan tratar de obtener reducciones importantes de las emisiones, asimismo la ciencia nos transmite un mensaje claro: para evitar interferencias peligrosas en el sistema climático, no podemos seguir con el statu quo”.

Desde el último Informe de Evaluación del IPCC, publicado en 2007, han aumentado de manera sustancial, los conocimientos nuevos sobre la mitigación del cambio climático. Los autores del nuevo informe del Grupo de trabajo III (el quinto informe del Grupo), han incluido unas 10.000 referencias a publicaciones científicas en 16 capítulos (CEPAL, 2010).

La estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera exige reducir las emisiones en la producción y utilización de la energía, el transporte, la edificación, la Industria, el uso de la tierra y los asentamientos humanos. Las medidas de mitigación en un sector determinan las necesidades en otros (IPCC, 2014).

La reducción casi a cero de las emisiones en la producción de electricidad es una característica común de los escenarios de mitigación ambiciosos. Pero utilizar la energía eficientemente también es importante, tal y como comenta el Dr Pichs-Madruga² “Reducir el uso de energía nos daría más flexibilidad para elegir tecnologías energéticas que emitan bajos niveles de carbono, en el presente y en el futuro. También puede aumentar la eficacia en función de los costos de las medidas de mitigación”.

Por otro lado, a nivel internacional, fruto de esta preocupación nació el Convenio Marco de Cambio Climático de Naciones Unidas (UNFCCC, 1992) cuyo objetivo final es la estabilización de las concentraciones en la atmósfera de los gases de efecto invernadero a un nivel que evite la interferencia peligrosa de las actividades humanas sobre el sistema climático. La UNFCCC estableció el primer tratado de cambio climático, el Protocolo de Kyoto, acordado por 184

¹ Prof. Dr. Ottmar Edenhofer es Co-Presidente del Grupo de Trabajo III del IPCC, director adjunto y economista en jefe del Instituto de Potsdam para la Investigación del Impacto Climático (PIK). Es profesor de la Economía del Cambio Climático de la Universidad Técnica de Berlín y en la actualidad es líder de investigación del dominio III - Soluciones Sostenibles en PIK, que se centra en la investigación sobre los aspectos económicos de estabilización atmosférica (IPCC, 2014)

² Prof. Dr. Pichs-Madruga. Vicepresidente del Grupo de Trabajo III (Mitigación) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) de Naciones Unidas. Electo en 1997 y re-electo en 2002. Es miembro del Comité Científico Asesor del Instituto Interamericano para la Investigación sobre el Cambio Global (IAI), electo en 2007. (IPCC, 2014)

gobiernos en la ciudad japonesa del mismo nombre en diciembre de 1997. Sin embargo, no entró en vigor hasta 2005, con el compromiso de que 37 países industrializados que se encuentran expuestos en el Anexo I del protocolo en mención, redujeran sus emisiones una media del 5% respecto a los niveles de 1990, en el período de 2008 a 2012. Además, los países en desarrollo (No anexo I), como China, India y Brasil, aceptaron asumir sus responsabilidades, pero sin incluir objetivos de reducción de emisiones (ECODES, 2009). A continuación se relaciona en la ilustración 1 los tres diferentes mecanismos, los cuales permiten cumplir con los compromisos adquiridos en el protocolo de Kyoto, los cuales se conforman uno por intercambio de cuota de emisiones y dos de proyectos enfocados a la reducción y compensación de emisiones:

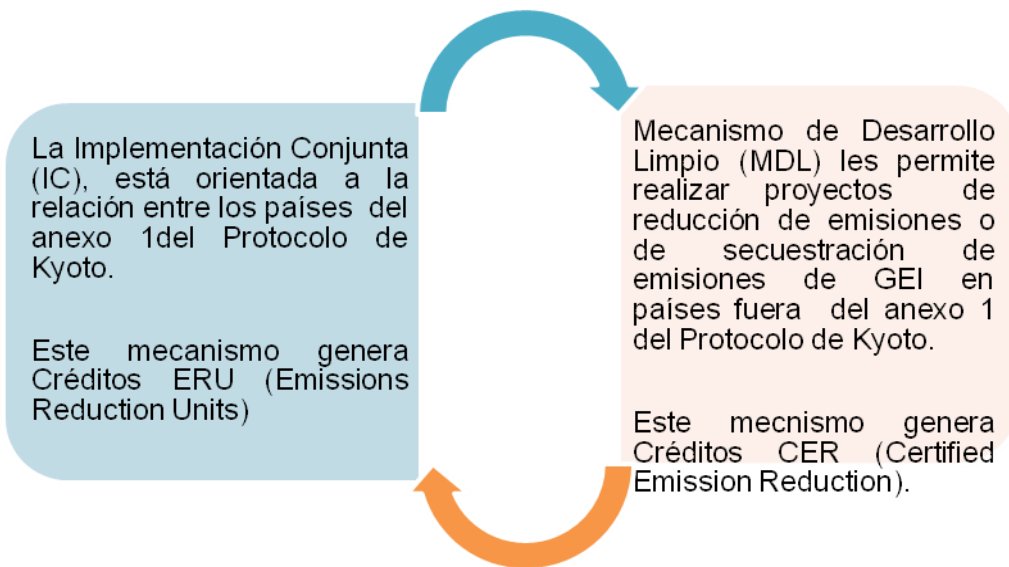


Ilustración 1. Mecanismos de proyecto para el cumplimiento de compromisos del protocolo de Kyoto. Fuente: (Godoy, 2009)

En general el Protocolo de Kyoto es considerado como primer paso importante hacia un régimen verdaderamente mundial de reducción y estabilización de las emisiones de GEI, y proporciona la arquitectura esencial para cualquier acuerdo internacional sobre el cambio climático que se firme en el futuro (UNFCC , 2014)

En contraste el International Standard Organization (ISO) ha desarrollado y está desarrollando estándares relacionados con la medición de emisiones de GEI. Estos se inspiran en general, en metodologías desarrollados previamente, y tienen como objetivo ser un marco reconocido de confianza a los operadores de proyectos de medición de emisiones de GEI Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2010).

A continuación se detallan los estándares más impactantes del ISO relacionados con la Huella de carbono:

Las normas ISO 14.064 (ISO , 2006)e ISO 14.065 (ISO, 2007), tienen como objetivo dar credibilidad y confiabilidad a los reportes de emisión de GEI y a las declaraciones de reducción

o eliminación de GEI (en particular en el caso de empresas sometidas a obligaciones de reducciones de emisiones, en el marco del Protocolo de Kyoto, el EU-ETS). Las normas pueden ser usadas por organizaciones que participan en el comercio, en proyectos o mecanismos voluntarios de reducción de emisiones. Se pueden aplicar a todos los tipos de GEI, no estando limitadas al CO₂ (CEPAL, 2010).

Sin embargo, es importante destacar las tres grandes corrientes estratégicas y metodológicas, existente a nivel global, tales como: I WRI/WBCSD (GHG Protocol, alcance amplio incluyendo los Estados Unidos), Inglaterra (con el PAS 2050 y su análisis/adaptación por otros países como Japón) y Francia (con el método Bilan Carbone TM y una fuerte proactividad e influencia a nivel europeo), que orientan la determinación de marcos metodológicos internacionales y plantean los primeros lineamientos de estrategia de etiquetado de carbono de productos y potenciales medidas que pudiesen derivar en un impuesto carbono a los productos de importación. A continuación se relacionan estas corrientes:

GREENHOUSE GAS PROTOCOL, es la herramienta de contabilidad internacional más utilizado para líderes gubernamentales y empresariales para entender, cuantificar y gestionar las emisiones de gases de efecto invernadero. El GHG Protocol, es una asociación de una década entre el Instituto de Recursos Mundiales y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible, está trabajando con las empresas, los gobiernos y los grupos ecologistas de todo el mundo para construir una nueva generación de programas creíbles y eficaces para luchar contra el cambio climático. (BSI GROUP & GREENHOUSE GAS PROTOCOL)

Proporciona el marco contable de casi todas las normas de GEI y el programa en el mundo - de la Organización Internacional de Normalización para el Registro Climático -, así como cientos de los inventarios de GEI elaborados por empresas individuales (THE GREENHOUSE PROTOCOL, 2012).

PAS 2050, es una metodología que se introdujo en 2008 (revisada en 2011) con el objetivo de proporcionar un consistente método de aplicación internacional para cuantificar la huella de carbono del producto durante su vida útil. Este enfoque reconoce la importancia de que el sector / producto haga una aplicación coherente de normas específicas dentro del mismo. (BSI GROUP, 2011)

BILAN CARBONE™, es una herramienta para la contabilidad de las emisiones gases de efecto invernadero desarrollado por ADEME. Su objetivo principal es evaluar y priorizar el peso de las emisiones de GEI. Las emisiones se calculan sobre la base de los que se generaron en 2006 por parte del "Territorio" y en el 2007 para el componente de "Patrimonio y servicio". Trabajando en conjunto con las actividades de la comunidad y las partes interesadas (industria, residentes, empleados, clientes, etc), que se encuentran en la territorio de la Comunidad de Aglomeración Val de Seine ya sea internamente O externamente ("Territorio") componente ("Patrimonio y servicio" componente). (Boulognebillancour & AlternConsult, 2010)

Finalmente en América Latina existe una serie de iniciativas en etapa inicial, a menudo en base a voluntades institucionales. Además, a pesar de la falta de uniformidad del marco metodológico disponible, empresas tanto locales como multinacionales con bases en América Latina, han implementado procesos de medición de Huella de Carbono hasta, en ciertos casos, lograr procesos de reducción y compensación para un estado “neutro en carbono”. Estas experiencias demuestran los inicios de una concientización y reacción, que varía según los países y sus orientaciones económicas (CEPAL, 2010).

En Colombia, ha venido creciendo la preocupación por los impactos generados por el cambio climático al ser un país susceptible a este cambio sistémico global, asimismo el costo de adaptación a los diferentes mecanismos que se emplean internacionalmente, en materia de emisiones. Sin embargo ya han surgido diversos avances en términos de huella de carbono, donde es importante destacar el caso del estudio sobre la Huella de Carbono de flores de exportación a Europa, (que arrojó resultados positivos a favor de Colombia dado que sus procesos productivos son menos “carbonizados” que los europeos), que demuestra la concientización del país por este tema , asimismo, a través del gobierno la gestión realizada ha sido de espera y negociación de los impactos y soporte de gastos potencialmente generados por la implementación de las medidas proyectadas en Europa y los Estados Unidos por otra parte el sector privado, se encuentra desarrollado distintas iniciativas voluntarias como la medición de la Huella de Carbono de la filial colombiana de Bayer (CEPAL, 2010), la medición y compensación de la Huella de Carbono del municipio de Envigado (FUNDACIÓN NATURA, 2008), la medición y compensación del evento Carbono Cero por la empresa Ecopetrol (NATURA, 2009) y la medición de la Huella de Carbono de operaciones de la empresa Metapetroleum (CEPAL, 2010).

En el sector hospitalario no se conocen experiencias de cuantificación de la huella de carbono, por lo cual el Hospital Universitario la Samaritana sería el primero en interesarse en realizar el cálculo de las emisiones de Gases de efecto invernadero que genera en la prestación de sus servicios.

Asimismo se desconocen las medidas de mitigación tendientes a la disminución de la huella de carbono en el sector hospitalario, por lo cual en esta investigación se evalúan las medidas de mitigación presentadas en el proyecto *“DIAGNOSTICO DE LA ENERGIA ELECTRICA UTILIZADA EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO LA SAMARITANA Y FORMULACIÓN DE PROPUESTAS DE EFICIENCIA ENERGETICA”*, (Briceño & Romero, 2014), y alternativas de generación de energía eléctrica propuestas en el proyecto *“ANALISIS DE PREFACTIBILIDAD TECNICA, ECONOMICA Y AMBIENTAL PARA LA GENERACION ALTERNATIVA DE ELECTRICIDAD EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO LA SAMARITANA”* (Ortiz & Robayo, 2014), que integran el semillero GESEA y del macro proyecto *“GESTION ENERGETICA Y SOSTENIBILIDAD ENERGETICA AMBIENTAL EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO LA SAMARITANA”*, al cual pertenece el presente proyecto.

Para el caso de las medidas de compensación de los gases de efecto invernadero, se desarrollan cuatro propuestas en este proyecto.

5.2. MARCO CONCEPTUAL

5.2.1. Efecto invernadero

El efecto invernadero es la retención de calor en la baja atmósfera debido a la absorción y a la radiación de las nubes y de algunos gases. La Tierra recibe su energía del sol en la forma de radiaciones solares. Las radiaciones solares de onda corta (visibles) recibidas por el Sol pasan a través de la atmósfera con poca o ninguna interferencia y calientan la superficie terrestre. Las radiaciones térmicas de onda larga, emitidas por la superficie terrestre calentada, son absorbidas en parte por restos de elementos por "gases efecto invernadero". Estos gases se encuentran en la atmósfera en pequeñas cantidades y reflejan hacia todas las direcciones las radiaciones térmicas de onda larga. Algunas de estas radiaciones se dirigen hacia la superficie terrestre (Ciesla, 1996).

La cantidad de gases efecto invernadero en la atmósfera pueden influenciar las temperaturas mundiales. Si estos gases aumentaran, las temperaturas podrían subir, en cambio, si disminuyeran las temperaturas bajarán (Ciesla, 1996).



Ilustración 2. Efecto invernadero. Fuente: (Ciesla, 1996)

Como se evidencia en la ilustración 2, el cambio de longitud de onda entre la luz que incide en la superficie terrestre (visible y ultravioleta), esta longitud no es absorbida por los gases de la atmósfera y la que es reflejada por la superficie terrestre una vez que se ha calentado (infrarrojo), es absorbida por el CO₂, generando que el aire se caliente más del doble al contacto por el suelo que por la luz directa del sol.

En conclusión, el efecto invernadero, hace que la luz solar sea más eficiente para calentar la atmósfera y elevar su temperatura media. Sin el efecto invernadero que le da al planeta Tierra, su atmósfera con 0.03% de CO₂, estaría perpetuamente congelado, con una temperatura media global de cerca de -15°C (bajo cero) en lugar de los muy confortables 15 °C (sobre cero)

que es la temperatura media del planeta. Es claro, entonces, que la composición de la atmósfera afecta de manera fundamental al clima; mientras más gases de invernadero como el CO₂ se encuentren en la atmósfera terrestre, mayor será la temperatura global del planeta, y mientras menos haya, más fría será la Tierra (Caballero, Lozano , & Ortega, 2007).

5.2.1. Gases efecto invernadero (GEI)

Por "gases de efecto invernadero" se entiende aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y reemiten radiación infrarroja (Naciones Unidas , 1992)

A continuación se presenta los gases efecto invernadero más significativos según la NTC-ISO 14064-1:

Tabla 1. GASES EFECTO INVERNADERO.

GAS EFECTO INVERNADERO	DESCRIPCIÓN	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL
DIOXIDO DE CARBONO	El dióxido de carbono es el principal gas de efecto invernadero que contribuye al reciente cambio climático. El CO ₂ es absorbido y emitido de forma natural como parte del ciclo de carbono, mediante la respiración de las plantas y los animales, las erupciones volcánicas y como parte del intercambio del océano y la atmósfera. Las actividades humanas tales como la quema de combustibles y los cambios en el uso del terreno, emiten grandes cantidades de carbono a la atmósfera, ocasionando allí un aumento en las concentraciones de CO ₂ .(Agência de Notícias dos Direitos da Infância., 2014)	1

GAS EFECTO INVERNADERO	DESCRIPCIÓN	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL
<p>METANO (CH₄)</p>	<p>El metano es producido mediante actividades tanto naturales como humanas. Por ejemplo, los humedales naturales, las actividades agrícolas; y la extracción de combustible fósil y la transportación, todas emiten metano (CH₄).</p> <p>En la actualidad, el metano es más abundante en la atmósfera terrestre que en ningún otro momento en al menos los pasados 650,000 años. Debido a las actividades humanas, las concentraciones de CH₄ han aumentado drásticamente durante la mayor parte del siglo XX y ahora dos veces y medio más que durante los niveles preindustriales. En las décadas recientes, la tasa de aumento ha disminuido considerablemente.</p>	<p>21</p>
<p>OXIDO NITROSO (NO₂)</p>	<p>El óxido nitroso es producido mediante actividades naturales y humanas, mayormente a través de las actividades agrícolas y procesos biológicos naturales. La quema de combustible y algunos otros procesos también crean N₂O. Las concentraciones de N₂O han aumentado en aproximadamente un 18% desde el inicio de la Revolución Industrial, con un alza relativamente rápida hacia fines del siglo XX. En contraste, la concentración atmosférica de N₂O varió solo levemente en un periodo de 11,500 años antes del inicio del periodo industrial como fuera indicado por las muestras de los núcleos de hielo.</p>	<p>310</p>
<p>HIDROFLUORCARBONOS HFC</p>	<p>Es un grupo de compuestos que contienen sólo hidrógeno, flúor y átomos de carbono. Fueron agrupados de esta manera como alternativa a las sustancias que agotan el ozono derivadas de las necesidades industriales, comerciales y personales. Los HFC son emitidos como subproductos de procesos industriales y también se utilizan en la fabricación. Ellos no agotan considerablemente la capa de ozono estratosférico, pero son potentes gases de efecto invernadero con un potencial de calentamiento global.</p>	<p>Potencial de calentamiento global que van desde 140 (HFC-152a) a 11.700 (HFC-23).</p>

GAS EFECTO INVERNADERO	DESCRIPCIÓN	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL
PERFLUORCARBONOS (PFC)	Grupo de sustancias químicas compuestas de carbono y sólo flúor. Estos productos químicos (principalmente de CF4 y C2F6) se introdujeron como alternativa, junto con los hidrofluorocarbonos, a las sustancias que agotan el ozono. Además, los PFC se emiten como subproductos de procesos industriales y también se utilizan en la fabricación.	12200
HEXAFLUORURO DE AZUFRE (SF ₆)	Este gas, que también integra los de gases del Protocolo de Kyoto, es ampliamente utilizado en la industria pesada como aislante de equipos de alto voltaje, además de auxiliar en la producción de sistemas de enfriamiento de cables.	23900

Fuentes: (EPA, 2013) (GREEN FACTS, 2014)

5.2.2. Potencial de calentamiento global/mundial

Potencial de calentamiento mundial (PCM), es el índice basado en las propiedades radiativas de los gases de efecto invernadero suficientemente mezclados, que mide el forzamiento radiativo³, en la atmósfera actual, de una unidad de masa de cierto gas de efecto invernadero integrado a lo largo de un plazo de tiempo dado, en comparación con el causado por dióxido de carbono, es decir define el efecto que produce hoy una liberación instantánea de 1kg de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO₂. De esta forma, se pueden tener en cuenta los efectos radiativos de cada gas, así como sus diferentes periodos de permanencia en la atmósfera. El PCM representa el efecto conjunto del diferente período de permanencia de esos gases y de su eficacia relativa como absorbentes de radiación infrarroja térmica saliente. El Protocolo de Kyoto está basado en el PCM asociado al ritmo de emisión en un período de 100 años (EPA, 2013)

³**Forzamiento radiativo:** Se denomina forzamiento radiativo al cambio en el flujo neto de energía radiativa hacia la superficie de la Tierra medido en el borde superior de la troposfera (a unos 12.000 m sobre el nivel del mar) como resultado de cambios internos en la composición de la atmósfera, o cambios en el aporte externo de energía solar. Se expresa en W/m². Un forzamiento radiativo positivo contribuye a calentar la superficie de la Tierra, mientras que uno negativo favorece su enfriamiento. (GREEN FACTS, 2014)

5.2.3. Huella de carbono

Comúnmente la huella de carbono se define como la cantidad de emisión de gases relevantes al cambio climático asociada a las actividades de producción o consumo de los seres humanos, aunque el espectro de definiciones varía desde un mirada simplista que contempla sólo las emisiones directas de CO₂, a otras más complejas, asociadas al ciclo de vida completo de las emisiones de gases de efecto invernadero, incluyendo la elaboración de las materias primas y el destino final del producto y sus respectivos embalajes. Las definiciones existentes en la literatura se centran en el CO₂ como el principal eje de análisis, siendo la gran diferencia entre éstas, además del alcance de la huella, la inclusión de los demás gases de efecto invernadero. La propiedad a la que frecuentemente se refiere la huella de carbono es el peso en kilogramos o toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero emitida por persona o actividad (Schneider & Samaniego , 2009).

5.2.4. Eficiencia energética

Según la ISO 50001, define como eficiencia energética la proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía (ISO, 2011).

A nivel global es considerado como el camino más efectivo para reducir las emisiones atmosféricas y requiere de políticas que incentiven la investigación, el desarrollo y la transferencia de nuevas tecnologías, que den incentivos que promuevan la eficiencia en las empresas y los consumidores. Esto involucra tanto los procesos, como los servicios y los productos, se trata de favorecer un ambiente que estimule a los inversionistas y que compatibilice las prioridades ambientales tanto los procesos, como los servicios y los productos (Santos, Gomez , & Ortega, 2010)

5.3. MARCO TEÓRICO

El cambio climático se ha identificado como uno de los máximos retos que afronta la sociedad, teniendo implicaciones tanto para los humanos como para los sistemas naturales, en respuesta a lo anterior, se han desarrollado e implementado iniciativas internacionales, nacionales, regionales y locales para limitar las concentraciones de GEI en la atmósfera terrestre.

Dichas iniciativas sobre gases de efecto invernadero se basan en: la cuantificación, el informe y la verificación de emisiones de GEI. (GENERALITAT DE CATALUNYA , 2012)

Por lo anterior la norma ISO 14064 Gases de efecto invernadero Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (Peres & Pao, 2011), proporciona un modelo a las organizaciones para establecer un proceso de cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero para el inventario, con esta iniciativa se pretende cuantificar la cantidad de emisiones de GEI, medidas en emisiones de CO2 equivalente, que son liberadas a la atmósfera.

Para el desarrollo de la metodología propuesta en la ISO 14064-1, deben identificarse los límites organizacionales en los cuales se realizara la cuantificación de los gases de efecto invernadero, dado que muchas organizaciones cuentan con más de una sede. Es decir la organización debe controlar todas las emisiones y remociones de GEI que genere en el desarrollo de sus actividades.

Las emisiones de GEI asociadas a una actividad se pueden clasificar según se trate de emisiones directas o emisiones indirectas. Las emisiones directas son emisiones de Fuentes que posee o controla el sujeto que genera la actividad. En cuanto a las emisiones indirectas son emisiones que son consecuencia de las actividades que realiza el sujeto, pero que tienen lugar en Fuentes que posee o controla otro sujeto.

A continuación en la ilustración N°3 se representan las emisiones y el alcance al cual pertenecen:

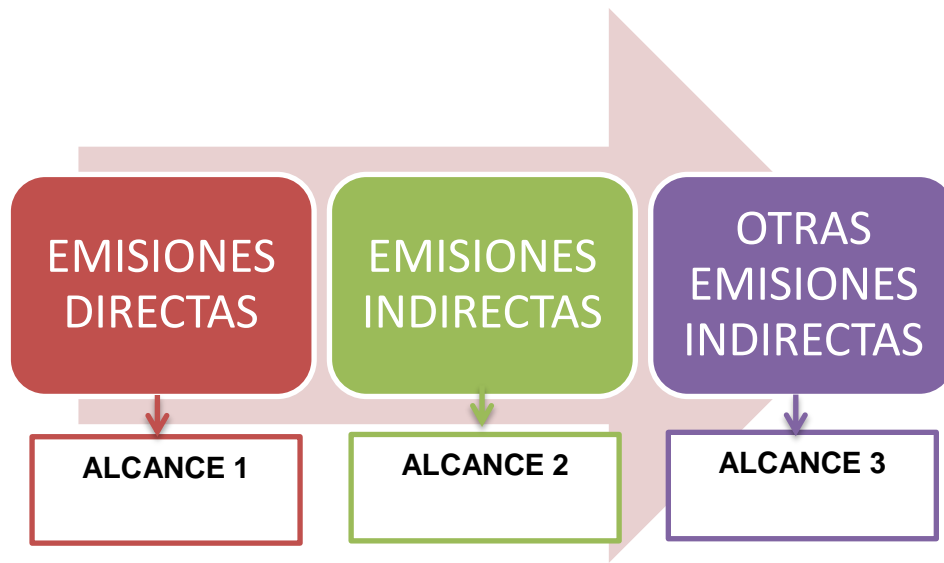


Ilustración 3. Alcances Operacionales
Fuente: (ISO , 2006)

En concreto, se pueden definir tres alcances según las emisiones a las que se hace referencia:

- **Alcance 1: Emisiones directas**

Incluye las emisiones directas que proceden de Fuentes que posee o controla el sujeto que genera la actividad. Por ejemplo, este grupo incluye las emisiones de la combustión de calderas y de vehículos, etc. que el propio sujeto posee o controla.

- **Alcance 2: Emisiones indirectas de la generación de electricidad.**

Comprende las emisiones derivadas del consumo de electricidad y de calor, vapor o frío. Las emisiones de la electricidad y el calor, vapor o frío adquiridos se producen físicamente en la instalación donde la electricidad o el calor son generados.

Estas instalaciones generadoras de energía eléctrica, son diferentes de la organización de la cual se estiman las emisiones.

- **Alcance 3: Otras emisiones indirectas**

Incluye el resto de emisiones indirectas. Las emisiones de alcance 3 son consecuencia de las actividades del sujeto, pero provienen de fuentes que no son poseídas o controladas por el sujeto. Algunos ejemplos de actividades de alcance 3 son la extracción y producción de materiales adquiridos, los viajes de trabajo, el transporte de materias primas, de combustibles y

de productos (por ejemplo, actividades logísticas) o la utilización de productos o servicios ofrecidos por otros.

5.3.1. Metodologías de cuantificación de GEI

Para la cuantificación de emisiones de GEI se deben aplicar las siguientes etapas, si son aplicables:



Ilustración 4. Etapas de la Cuantificación de GEI

Fuente: (ISO , 2006), Modificado por los autores

Al realizarse la cuantificación de GEI, debe seleccionarse una metodología que minimice la incertidumbre y produzcan resultados exactos, coherentes y reproducibles.

Las metodologías de cuantificación de gases de efecto invernadero, propuestas en la ISO 14064-1 son las siguientes:

Metodología basada en cálculos

- ✓ Datos de la actividad de GEI multiplicados por los factores de emisión de GEI
- ✓ El uso de modelos
- ✓ Correlaciones específicas para la instalación
- ✓ Enfoque relacionado con los balances de masa

Metodología basada en medición

- ✓ Medición continua
- ✓ Medición intermitente

Estas metodologías de cuantificación consideran todos los gases de efecto invernadero generados en el desarrollo de las actividades de la organización, por lo cual permite la

estimación de la huella de carbono que en su significado más simple, es la totalidad de GEI emitidos a la atmósfera que genera un individuo producto u organización.

La organización debe explicar la selección de la metodología de cuantificación y también puede combinar la medición con la realización de los cálculos para la obtención de una huella de carbono más exacta. (ISO , 2006)

Posteriormente debe realizarse un inventario de GEI de un año base en el cual se cuente con datos de emisiones que sean verificables. Este año base puede generarse con datos de un solo año o un promedio de varios años, esto con el fin de comparar las emisiones iniciales y las mediciones que se realicen posteriormente.

5.3.2. Medidas de mitigación de la huella de carbono

La mitigación de emisiones es la principal medida que se puede adoptar para abatir las concentraciones de los gases de efecto invernadero en la atmósfera. Existen dos formas principales de mitigación: el control de las Fuentes de emisión y el aumento o preservación de los sumideros de carbono. Estas opciones se pueden aplicar en los sectores de transporte, energía, sector forestal y agropecuario, residencial comercial y servicios.

Una opción de mitigación de GEI se define como cualquier acción que dé como resultado una reducción en las emisiones de un sector determinado, por ejemplo, la eficiencia energética, que reduce el consumo de electricidad y en consecuencia la quema de combustibles para generarla. (ONU, 2014)

Es bastante claro que en los países no desarrollados se otorga una escasa relevancia a las tareas necesarias para enfrentar el cambio climático global y la adopción de medidas para la mitigación de emisiones de GEI, por lo que los proyectos vinculados al cambio climático enfrentan numerosas barreras (SEDEMA, S.F).

La mitigación guarda relación con las políticas y medidas destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Las medidas pueden incluir la reducción de la demanda de bienes y servicios que provocan grandes emisiones, el impulso al aumento de la eficiencia y un mayor uso de tecnologías de bajas emisiones de carbono y de energías renovables. Con políticas correctas, el aumento del nivel de gases de efecto invernadero en la atmósfera puede ralentizarse y con el tiempo estabilizarse (ONU, 2014).

Otra manera de mitigar los efectos del cambio climático es mejorar los depósitos que absorben CO₂, como son los bosques o las turberas. Dejar los actuales bosques intactos y plantar nuevos árboles son dos ejemplos de cómo esto se puede lograr. El Programa de colaboración de las Naciones Unidas para reducir las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal, lanzada en septiembre de 2008, se centra en estos aspectos de la mitigación (ONU, 2014).

5.3.3. Medidas de compensación de huella de carbono.

5.3.3.1. Proyectos de Carbono Forestal.

Los ecosistemas colombianos juegan un papel importante en la captura y almacenamiento de gases efecto invernadero. En la conferencia de Copenhague 2009, se presentaron estudios que mostraron el inmenso potencial de captura del carbono de bosques, manglares, praderas oceánicas, que sumados a los ya conocidos de los páramos, confirman el gran aporte que hace el país al control del cambio climático. No obstante, el mayor interés internacional es evitar la destrucción de estos ecosistemas y en particular el mecanismo que se propone para Reducir las Emisiones por Deforestación y Degradación de bosques (REDD) (Santos, Gomez , & Ortega, 2010)-

5.3.3.2. Mercados de carbono

Existen dos tipos de mercados de carbono: los de cumplimiento regulado y los voluntarios. El mercado regulado es utilizado por empresas y gobiernos que, por ley, tienen que rendir cuentas de sus emisiones de GEI. Está regulado por regímenes obligatorios de reducción de carbono, ya sean nacionales, regionales o internacionales. En el mercado voluntario, en cambio, el comercio de créditos se produce sobre una base facultativa (Seeberg-Elverfeldt, 2010).

- **Bonos de Carbono**

Los bonos de carbono son un mecanismo de descontaminación del medioambiente propuestos en el Protocolo de Kyoto. Consiste en el cultivo de un gran número de árboles o forestación en zonas apropiadas por su extensión de terreno, que hacen parte de la reducción de emisiones de GEI certificadas.

Los países industrializados que inicien la emisión de oxígeno en bosques u otras áreas naturales deben asegurar como norma técnica que la emisión de carbono sea compensada con la emisión de la misma cantidad de oxígeno consumido.

Asimismo, deben acatar la normativa establecida en Kyoto a través de los estándares Certificados de Reducción de Emisiones (CER), que se aplica para cumplir cuotas de reducción de emisiones de GEI y las Emisiones Voluntarias Reducidas (VER), que se usan en el mercado voluntario de carbono, en el que empresas no obligadas por el Protocolo hacen estas compras para poner un sello ambiental en su producto, o para realizar acciones de responsabilidad ambiental empresarial (Valencia, 2009).

- **Bonos de carbono en el mercado oficial: Certificados de reducción de Emisiones (CER)**

Como resultado de las medidas adoptadas en el Mecanismo de Desarrollo Limpio MDL, definido en el protocolo de Kyoto , le permite a los países industrializados adquirir los Certificados de Emisiones Reducidas (CER), provenientes de proyectos sostenibles implementados en países en desarrollo, se definen como documentos emitidos por dichos países que certifican la reducción de los gases efecto invernadero bajo el marco de los MDL, tales como: la aplicación de mejoras tecnológicas en las industrias, la sustitución de combustibles, la generación de energía renovable o los proyectos de captura de carbono por medio de actividades de forestación que se lleven a cabo en países en desarrollo. (Ramírez , 2007)

Los certificados generados por este tipo de actividades pueden ser utilizados por los países industrializados, no firmantes del protocolo, como comprobante de cumplimiento con las metas de reducción de GEI a la atmósfera, asimismo tiene como propósito ayudar a los países no industrializados a lograr un desarrollo sostenible.

Vale aclarar que la principal razón para que los proyectos se implementen en países en desarrollo, obedece a que el costo de reducción de una tonelada de carbono en un país industrializado es muy superior al que representa reducirla en un país en desarrollo, pero independiente de donde se ejecuten proyectos MDL, todas las naciones del mundo se benefician pues, la atmosfera es un bien internacional (Ramírez , 2007).

- **Bonos de carbono en el mercado voluntario: Emisiones Voluntarias Reducidas (VER).**

Con el fin de dotar al mercado de carbono voluntario de mayor credibilidad y uniformidad, en años recientes comenzaron a desarrollarse y afianzarse un conjunto de estándares orientados a garantizar la calidad de los créditos voluntarios emitidos (los VERs – Verified Emission Reductions). Los estándares más importantes en la actualidad son el VCS (Verified Carbon Standard), el GS (Gold Standard) y el Climate Action Reserve (CAR). Asimismo, existen otros estándares, aunque su uso no es tan extendido. (Finanzas Carbono , 2014)

Tabla 2. ESTANDARES ASOCIADOS AL MERCADO VOLUNTARIO DE CARBONO

ESTANDARES PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DE LOS VERs	DESCRIPCIÓN
VCS (Verified Carbon Standard)	<p>Entró en operación en marzo del 2006 con el objetivo de dar uniformidad al mercado voluntario y credibilidad a los certificados de reducción de emisiones voluntarias. Asimismo los VCS asegura que un proyecto se garantice la adicionalidad, se evite la doble contabilidad y prevenga los efectos de fuga, es decir de las emisiones fugitivas.</p>
GS (Gold Standard)	<p>Es una fundación sin fines de lucro financiada por 60 ONGs que opera un esquema de certificación para garantizar la calidad de los créditos de carbono. Esta fundación registra proyectos que reducen emisiones de gases de efecto invernadero y certifica la efectiva reducción mediante la expedición de créditos llamados “GS VERs” (Gold Standard Voluntary Emission Reductions). Estos créditos pueden luego venderse tanto en el mercado voluntario como en los mercados de cumplimiento.</p> <p>Sólo dos categorías de proyectos son elegibles para el registro en el GS: los proyectos de energías renovables y los de mejora de eficiencia energética (por ejemplo, digestores de biogas, hornos eficientes, tecnologías de tratamiento de agua, combustible de biomasa, iluminación eficiente, biodiesel con base en aceite o grasa de desecho.).</p>
Climate Action Reserve (CAR)	<p>Es un programa norteamericano que busca asegurar la integridad, transparencia y valor financiero del mercado de carbono a través del desarrollo de estándares regulatorios y de calidad para el desarrollo, cuantificación y verificación de proyectos de reducción de emisiones de GEI en Estados Unidos. Asimismo, la iniciativa busca proveer un seguimiento de las transacciones de créditos mediante un sistema transparente y de acceso público.</p>

Fuente: (Finanzas Carbono , 2014)

5.4. MARCO LEGAL

- **Ley 697 de 2001**, el Congreso de Colombia declara el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales (CONGRESO DE COLOMBIA, 2001)

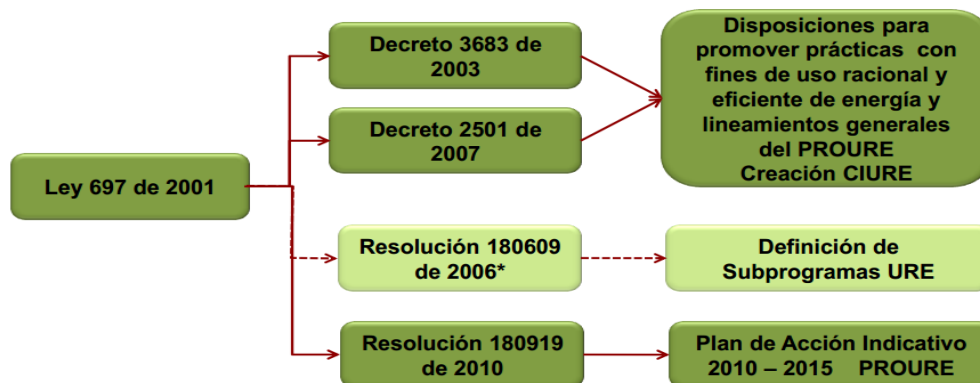


Ilustración 5. Ley 697 de 2001 y sus respectivos decretos.

NOTA: *Derogada por resolución 180919 de 2010. Fuente: (Baez, 2011)

- **Resolución 180740 de 2007**, del Ministerio de Minas y Energía MME, mediante la actualiza el factor de emisión de gases de efecto invernadero para los proyectos de generación de energía con Fuentes renovables conectados al Sistema Interconectado Nacional cuya capacidad instalada sea igual o menor a 15 MW (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA , 2007).
- **Decreto 2331 de 2007** del Ministerio de Minas y Energía MME, que tiene por objeto la utilización o sustitución en los edificios, cuyos usuarios sean entidades oficiales de cualquier orden, de todas las bombillas incandescentes por bombillas ahorradoras de energía, específicamente Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC) de alta eficiencia. Aplica para las instalaciones, edificios y sedes administrativas de proyectos y empresas de todos los sectores económicos, incluyendo el sector eléctrico (PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA, 2007).
- **Nota:** La normatividad en mención aplica para proyectos de generación y transmisión eléctrica que opten al mecanismo de desarrollo limpio.
- **Resolución 0551 de 2009** del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT, mediante la cual se adoptan los requisitos y evidencias de contribución de los

proyectos al desarrollo sostenible del país y se establece el procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan al Mecanismo de Desarrollo Limpio - MDL (MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL , 2009).

- **Resolución 2733 de 2010** del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT, establece el procedimiento para la aprobación nacional de programas de actividades (PoA- por sus siglas en inglés) bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y reglamenta la autorización de las entidades coordinadoras (MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2010).
- **Resolución 2734 de 2010**, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT, introduce mejoras en el procedimiento de aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de GEI que optan al MDL con el ánimo de reducir los tiempos de respuesta, agilizar el proceso interno de evaluación; la segunda. Deroga la Resoluciones 0453 y 0454 de 2010. (MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2010)
- La **Resolución 18-019 de 2010**, del Ministerio de Minas y Energía, adopta el Plan de Acción Indicativo 2010 – 2015 para desarrollar el Programa de Uso Eficiente y Racional de la Energía y demás formas de energía No convencionales – PROURE y se definen sus objetivos y subprogramas. El plan define compromisos muy específicos para los sectores y en particular para el de servicios públicos en materia de ahorro. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA , 2010)
- **Resolución 182544 de 29 de diciembre de 2010 y Resolución 180173 de 14 de febrero de 2011**, del Ministerio de Minas y Energía MME, modifican parcialmente la **Resolución 180540 de 2010**, al establecer una transitoriedad hasta 31 de diciembre de 2011 para lámparas incandescentes con potencia de 75 w y 150w y hasta diciembre de 2013 para lámparas hasta 60w. Donde menciona que transcurridos estos plazos, no se permitirá el uso y comercialización de las bombillas o lámparas incandescentes para iluminación de espacios donde se requiera la luz artificial para el desarrollo de actividades humanas (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, 2010), (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2011)
- **Ley 1715 del 13 de Mayo de 2014**, del Congreso de Colombia, promueve el aprovechamiento de las Fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión

eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como respuesta de la demanda. (CONGRESO DE COLOMBIA, 2014)

- **Plan Energético Nacional**

Desarrollado por la Unidad de Planeación Minero Energética -UPME, entidad adscrita al Ministerio de Minas y Energía, establece una serie de estrategias y recomendaciones, con visión de largo plazo, que orientan la formulación de políticas para atender las necesidades energéticas del País y enfrentar con éxito las condiciones de productividad y competitividad del entorno internacional. El Plan tiene como objetivo central “maximizar la contribución del sector energético al desarrollo sostenible del país”.

El Sector Eléctrico Colombiano –SEC, que ha sido un importante actor en el proceso de construcción de la visión ambiental del país, ha posicionado el compromiso ambiental como elemento estratégico de la eficiencia y sostenibilidad empresarial, elemento clave de la Responsabilidad Social Empresarial. Todo esto se formaliza tanto en políticas sectoriales y empresariales como en la gestión para la inserción adecuada de los proyectos en el medio natural y social de las regiones que influyen. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍAS & UPME, 2006).

- **Sistema de Gestión Energética ISO 50001**

La implementación de esta Norma Internacional es aplicable a organizaciones de todo tipo y tamaño, independientemente de sus condiciones geográficas, culturales o sociales. Está destinada a conducir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, de los costos de la energía y de otros impactos ambientales relacionados, a través de una gestión sistemática de la energía (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2011).

- **ISO 14064 e inventarios de GEI**

El estándar de ISO, en este caso, la ISO 14064:2006, y el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, han sido lanzados como una solución a la falta de claridad y consistencia en una variedad de propuestas efectuadas por gobiernos y organizaciones para contabilizar y eliminar las emisiones GEI. La Organización Internacional para la Estandarización, ISO por sus siglas en inglés, es una organización global con casa matriz en Ginebra, Suiza, que cuenta con 163 países miembro, y 18.500 estándares ISO vigentes que proveen beneficios tecnológicos, económicos y sociales.

El Dr. Chan Kook Weng, convocante del grupo de trabajo de la ISO que desarrolló el estándar ISO 14064, explica que “El objetivo de la ISO es proveer un set de requisitos o especificaciones no ambiguos y verificables para apoyar a las organizaciones y defensores de proyectos de reducción de emisiones GEI. La norma ISO 14064 entrega claridad y consistencia entre aquellos que reportan sus emisiones GEI y sus partes interesadas”. (SGS, 2012)

La ISO 14064:2006 está dividida en 3 partes⁴:

ISO 14064-1: Especificación y guía a nivel de la organización para cuantificar y reportar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y su eliminación.

ISO 14064-2: Especificación y guía a nivel de proyecto para la cuantificación, monitoreo, y reporte de reducciones en las emisiones de GEI o aumento en su eliminación.

ISO 14064-3: Especificación y guía para la verificación y validación de las afirmaciones sobre gases de efecto invernadero que apuntan a verificar inventarios desarrollados según la ISO 14064-1, y validar y verificar aquellos desarrollados según la ISO 14064-2. (SGS, 2012)

5.5. MARCO HISTÓRICO

La evolución de las sociedades humanas ha generado que se empleen diversas fuentes de energía, las cuales han sido reemplazadas a medida que se descubren nuevas fuentes más eficientes.

El sol es la primera y principal fuente de energía del planeta, y es quien posibilita el desarrollo de toda forma de vida incluyendo a la humana.

La primera fuente de energía no solar que utilizaron las sociedades humanas fue la misma fuerza humana. Más tarde al dominar el fuego, se empezó a utilizar la leña. Luego se logró la domesticación de algunos animales de tiro o de carga, que sirvieron para algunas tareas agrícolas o en el transporte. Durante la edad antigua algunas civilizaciones empezaron a utilizar la energía eólica en la navegación.

Con el uso de los diferentes tipos de energía y los impactos ambientales generados por las acciones antrópicas, se evidenciaron los efectos de la contaminación de los ecosistemas a nivel global. Principalmente los efectos generados por el denominado calentamiento global.

A mediados del siglo XIX, científicos descubrieron que los gases de la atmósfera de la Tierra atrapan el calor del sol, lo que aumenta ligeramente la temperatura de la Tierra con el correr del tiempo. Lo que se conoce como "efecto invernadero". Varios científicos, durante fines del siglo XIX y principios del XX, experimentaron con la teoría de que el dióxido de carbono es un gas que tiene un profundo impacto en la temperatura de la Tierra. Hacia mediados de la década del 50, el científico Roger Revelle comenzó a dar alertas al público y a los gobiernos sobre que el efecto invernadero debía ser tomado con seriedad. (Hurd, S.F)

⁴Es indispensable resaltar, que dentro de las subdivisiones de la ISO 14064, para el desarrollo del proyecto, se tendrá en cuenta la ISO 14064-1.

De esta problemática ambiental surge la idea de medir o cuantificar las emisiones de Gases de efecto invernadero, que se arrojan a la atmósfera contribuyendo al cambio climático, esta iniciativa se denomina Huella de Carbono.

En cuanto al sector salud, un caso a destacar a nivel internacional es el del Hospital de Hervey Bay, Queensland en Australia. El gobierno del estado de Queensland lanzó un ambicioso programa destinado a reducir la huella de carbono de su sistema de salud. Queensland Health introdujo medidas de eficiencia energética en sus centros de atención sanitaria. Un centro, el Hospital de Hervey Bay, con 104 camas, redujo su consumo de energía en un 20% entre 2005 y 2007 una reducción de las emisiones anuales de carbono equivalente a retirar 600 coches de la vía pública, según Patrick McGuire, responsable de la Unidad de Ecoeficiencia de Queensland Health. Este hospital introdujo estos recortes gracias a una mejora de su sistema de iluminación y aire acondicionado, y también a una actualización del sistema de gestión informatizada del edificio, que supervisa y controla las funciones del edificio, incluidos el aire acondicionado, los gases de uso médico, el calentamiento del agua y la producción de vapor. El hospital ha intensificado sus esfuerzos de conservación del agua instalando restrictores del flujo y reciclando el agua del aire acondicionado y el riego. (OMS & SALUD SIN DAÑO, S.F)

A nivel Latinoamérica, El Hospital Clínica Bíblica recibió de la Universidad EARTH la Declaratoria de Carbono Neutral, que lo convierte en el primer centro médico latinoamericano en recibir una distinción de este tipo. Para lograrlo, el hospital debió demostrar que cuenta con un sistema de información robusto sobre la cuantificación y registro de datos de emisiones, reducciones y compensaciones de Gases de Efecto Invernadero. Pasando por una verificación de inventario de huella de carbono del año 2012, donde se revisó los procesos de mitigación (paneles solares) y compensación (procesos de reforestación, que se realizan con el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal FONAFIFO), donde tuvo un impacto nacional e internacional, pues cumple con la verificación de los requisitos de la norma ISO 14064-1 internacional. (SUMMA, 2014)

Por otro lado a nivel nacional, el Hospital La Victoria E.S.E , encamino un plan de acción de acuerdo al informe de huella de carbono, motivado por la Secretaria Distrital de Ambiente, donde se viene ejecutando medidas de mitigación, donde el hospital se encuentra implementando la iniciativa de Hospital verde en la cual se encuentra involucrado fuertemente el tema del manejo adecuado de recurso y el uso eficiente de la energía. (HOSPITAL LA VICTORIA E.S.E, 2014)

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, para el sector salud , la huella de carbono ha sido objeto de interés por parte del sector salud, desde el reconocimiento de la OMS, a partir de la conformación de la Red Global que sustenta en el compromiso de los miembros de poner en práctica la Agenda Global para Hospitales Verdes y Saludables, un marco integral de salud ambiental para hospitales y sistemas de salud, cuyo lanzamiento se realizó en octubre de 2011 (SALUD SIN DAÑO, 2011).

6. DISEÑO METODOLÓGICO.

Tabla 3. Metodología.

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	HERRAMIENTAS
<p>Cuantificar la huella de carbono del Hospital Universitario La Samaritana E.S.E. para determinar las emisiones de gases de efecto invernadero generados, expresados en toneladas de CO₂.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Establecimiento del alcance según parámetros de la ISO 14064-1 -Identificar fuentes de emisión y sumideros. -Seleccionar metodología de cuantificación de emisiones. -Recopilar datos de actividades que generan emisiones (consumo de energía eléctrica, gas natural y agua) -Seleccionar factores de emisión -Calcular y analizar emisiones. 	<ul style="list-style-type: none"> -Libros sobre huella de carbono y gestión de la energía. - ISO 14064-1 -Inspección visual (Visita de campo)-
<p>Evaluar las posibles acciones orientadas a mitigar y compensar el impacto asociado al cambio climático ocasionado por el HUS.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Identificar de datos de medidas de mitigación. -Proponer medidas de compensación. - Evaluar y comparar alternativas de mitigación y compensación. 	<ul style="list-style-type: none"> -Base de datos de consumos (Electricidad, gas natural, agua) del HUS -Graficas de consumo de energía eléctrica vs. Tiempo -Graficas de consumo energía térmica Vs. Tiempo -Graficas de consumo agua Vs. Tiempo -Revisión bibliográfica y ajustes a las características del HUS -Graficas de consumos vs. Unidad de valor relativo a través de Regresión lineal.

Fuente: Autores

7. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO LA SAMARITANA ESE, BASADOS EN LA NORMA ISO 14064-1

A continuación se representa la metodología, basada en la ISO 14.064-1: Cuantificación y reporte de emisión y remoción de GEI a nivel de organizaciones. Posteriormente aplicada para la medición de la huella de carbono en el Hospital Universitario La Samaritana E.S.E

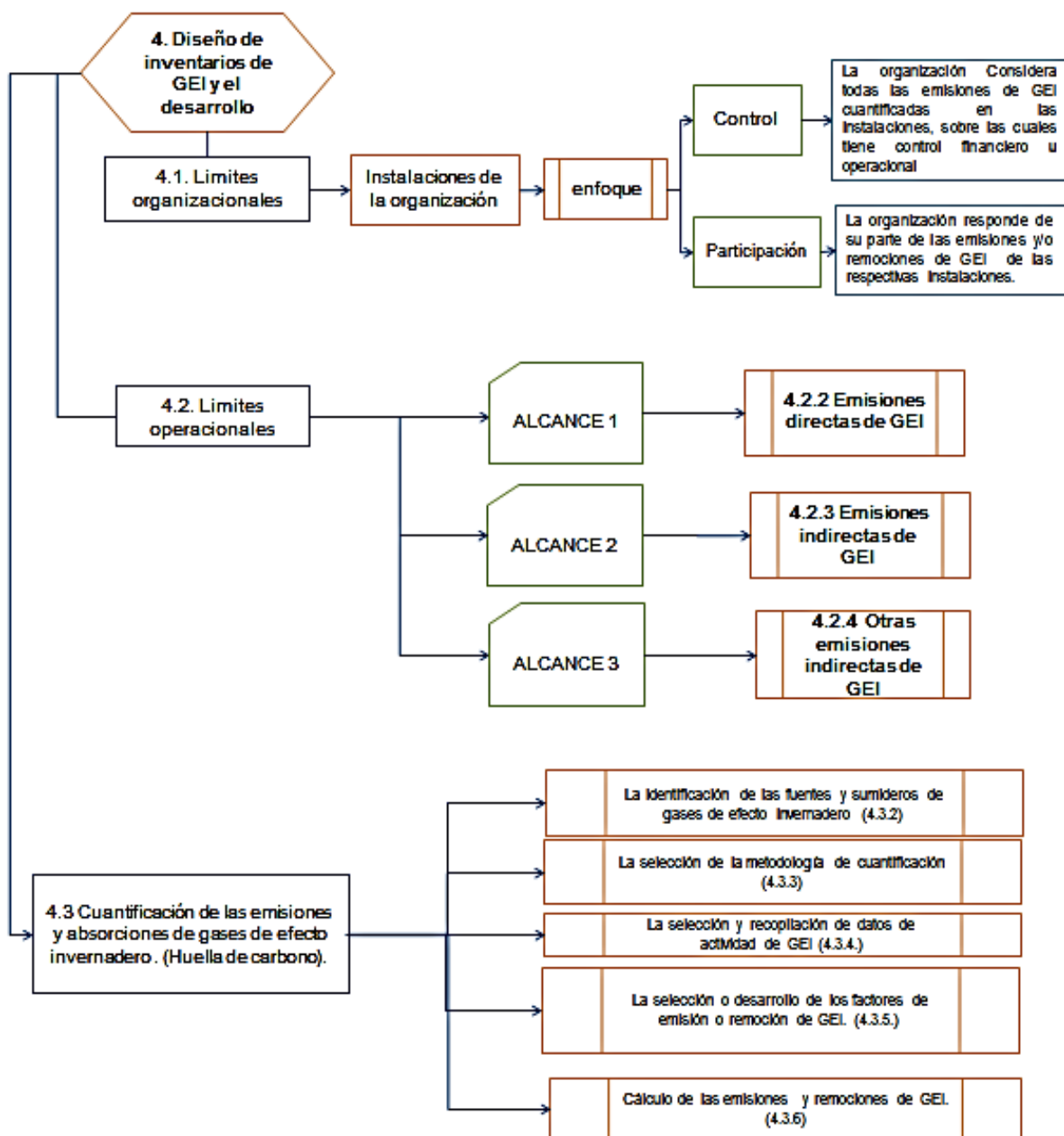


Ilustración 6. Diagrama metodológico para el cálculo de la huella de carbono de una organización.
Fuente: (ISO , 2006), Autores

7.1. ALCANCE ORGANIZACIONAL.

El Hospital Universitario La Samaritana es una Empresa de Servicios de Salud de Alta y Mediana Complejidad, centro de referencia para el Departamento de Cundinamarca, cabeza de red de 37 hospitales del Departamento, con una cobertura de 116 municipios, que superan los dos millones de habitantes, con 73 años de calidad en actividad docente, científica y asistencial, ofreciendo el respaldo de tal manera que brinde medicina de gran calidad (**HOSPITAL UNIVERSITARIO LA SAMARITANA, 2014**).

En el marco de la medición de la huella de carbono aplicando la metodología establecida en la ISO 14064-1, se establecen, los límites organizacionales en los cuales se realizara dicho inventario.

Dado que este hospital cuenta con dos sedes adicionales en el municipio de Girardot y el municipio de Zipaquirá, se debe aclarar que el desarrollo de esta investigación se realizó en la sede principal del hospital, es decir en la sede de la ciudad de Bogotá en la Carrera 8 No. 0-29 Sur Localidad Santa Fe, y de esta manera se definió como enfoque del alcance organizacional, el control operacional, enmarcado en los siguientes limites organizacionales. (**HOSPITAL UNIVERSITARIO LA SAMARITANA, 2014**)

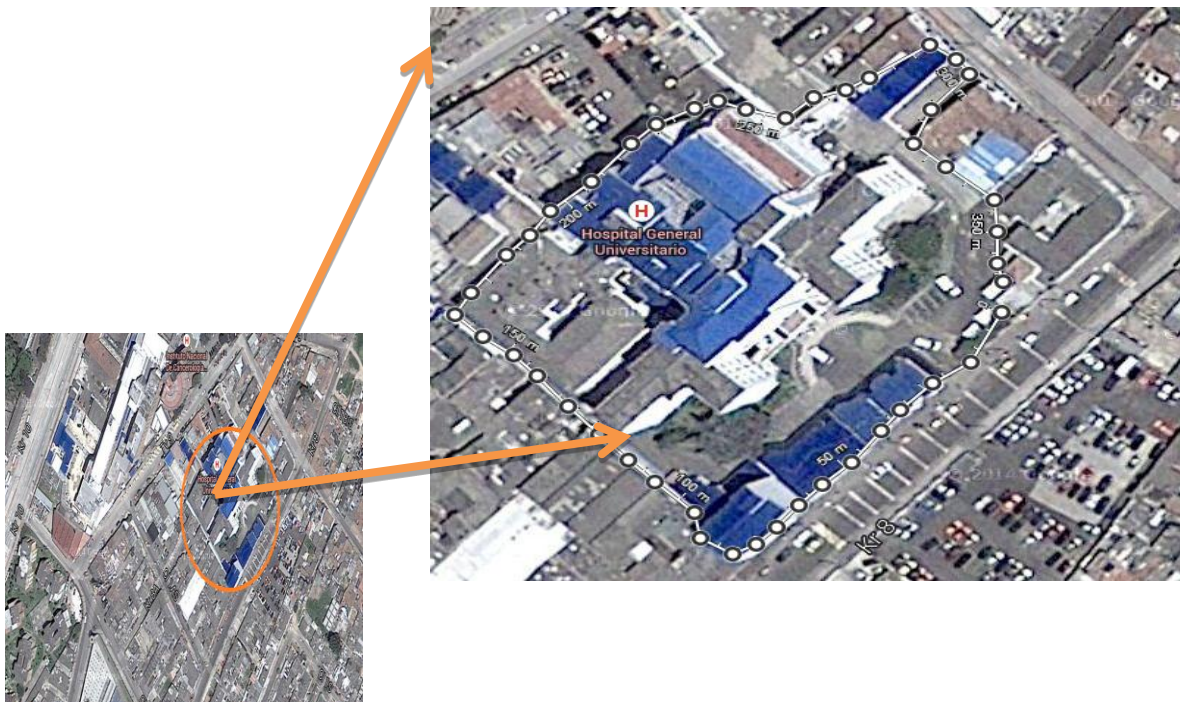


Ilustración 7. Imagen Satelital Hospital universitario La Samaritana sede Bogotá

Fuente: Google Maps 2014

Las áreas seleccionadas en la sede Bogotá para realizar la cuantificación de los gases y con las cuales se cuenta información son las siguientes:

Tabla 4. Áreas hospitalarias dentro del límite organizacional

Área	Datos
Edificio Administrativo	CONSUMO MULTIANUAL DE ENERGIA ELECTRICA, TERMICA Y AGUA
Edificio Asistencial	
Área de Mantenimientos	

Fuente: Autores

Los datos de consumo de energía eléctrica del hospital, no se tienen discriminados por cada una de las áreas, por lo cual la huella de carbono se estimara para todas las áreas del hospital anteriormente mencionadas. Siendo las áreas de la tabla 4 las principales estructuras del HUS, de esta manera el enfoque para la cuantificación de la huella de carbono es de control operacional.

Por lo anterior en la organización se tiene definido los consumos de energía, que son de manera constante ya que el hospital opera los 365 días al año, contribuyendo de esta manera a las emisiones de gases efecto invernadero, es por ello que la huella de carbono representa un indicador que permite definir objetivos, políticas de reducción de emisiones más efectivas e iniciativas de ahorros de costo enfocadas, en consecuencia de un mejor conocimiento de los puntos críticos para la reducción de emisiones. Además, la organización contribuye a demostrar ante terceros, su compromiso con la responsabilidad social y ambiental, mejorando su reputación en el mercado.

7.2. ALCANCE OPERACIONAL

Este límite permite identificar las actividades susceptibles de generar emisiones a la atmósfera, objeto de la medición de la huella de carbono dentro del hospital. Este límite a su vez divide en tres Alcances operacionales, los cuales darán como resultado la Huella de carbono total de la organización.

Tabla 5. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE EMISIÓN GEI Y ALCANCE

<i>AREA</i>	<i>FUENTE GENERADORA DE EMISION</i>	<i>CONSUMO</i>	<i>TIPO DE EMISIÓN</i>	<i>GEI ASOCIADO</i>	<i>ALCANCE</i>
Edificio Administrativo	Extintores	Agente expulsante	FUGITIVA	CO ₂	1
	Equipos médicos y otros	Electricidad	INDIRECTA	CO ₂	2
	Baños	Agua	INDIRECTA	CO ₂	3
	Oficinas	Papelería	INDIRECTA	CO ₂	3
Edificio Asistencial	Calderas	Gas natural	DIRECTA	CO ₂	1
	Extintores	Agente expulsante	FUGITIVA	CO ₂	1
	Calderas y cocina	Gas natural	DIRECTA	CO ₂	1
	Cocina	Alimentos	INDIRECTA	CO ₂	3
	Todo el edificio	Agua	INDIRECTA	CO ₂	3
	Oficinas	Papelería	INDIRECTA	CO ₂	3
	Sistema de refrigeración	Refrigerantes	FUGITIVA	HFC	1
	Ambulancias	Gasolina	INDIRECTA	CO ₂	1
(Area de Mantenimiento)	Extintores	Agente expulsante	FUGITIVA	CO ₂	1
	Equipos médicos y otros	Electricidad	INDIRECTA	CO ₂	2
	Baños	Agua	INDIRECTA	CO ₂	3
	Oficinas	Papelería	INDIRECTA	CO ₂	3

Fuente: Autores

7.2.1.Descripción Consumos

- **Consumo Energía Eléctrica:** El consumo de energía eléctrica en el HUS se genera principalmente del uso continuo de equipos médicos, equipos ofimáticos, luminarias y uso de ascensores por parte del personal del HUS y los pacientes que reciben el servicio.
- **Consumo de Gas Natural:** El gas natural utilizado en el hospital deriva de la preparación de alimentos en el área de la cocina y el empleado en las calderas para el calentamiento de agua y generación de vapor.
- **Consumo de Agua:** El agua utilizada en el HUS, se debe principalmente al consumo para alimentación, necesidades básicas de los pacientes, así como también, todos los procesos médicos y administrativos.
- **Consumo de Alimentos:** Compra y preparación de alimentos para la atención de pacientes.
- **Consumo de Papelería:** Todos los procesos administrativos en la realización de informes, facturación, autorizaciones, resultados, programación de citas, entre otros.
- **Consumo de Gasolina:** Este consumo se genera en el uso de las ambulancias del HUS.
- **Consumo de refrigerantes:** Los refrigerantes son empleados en el aire acondicionado del hospital.
- **Consumo de agente expulsante:** El agente expulsante, se emplea en la recarga de los extintores de CO₂.

7.2.2.EMISIONES DIRECTAS DEL HUS ALCANCE 1. ISO 14064-1

Las emisiones directas generadas en el Hospital Universitario La Samaritana, son principalmente aquellas emisiones arrojadas a la atmósfera, por las chimeneas de las calderas del HUS, así como las emisiones generadas por la recarga de Extintores de CO₂, la recepción de pacientes que vienen en las ambulancias y emisiones provenientes de los cuartos fríos ubicados en el área de la cocina, como se demuestra en la tabla N° 5 .

La primera fase de la cuantificación consiste en realizar la medición de los gases de efecto invernadero generados a través del consumo de energía térmica, dentro del hospital al igual que el uso de los extintores de CO₂.

Este alcance determina las emisiones directas arrojadas a la atmósfera por parte de la organización.



Ilustración 8. Caldera HUS

Fuente: Autores

Emisiones Fugitivas:

Comprenden la suma de emisiones provenientes de descargas accidentales, fugas involuntarias provenientes de los componentes de los equipos, incluyendo, entre otros, válvulas, bridas y otras conexiones, bombas, compresores, dispositivos para liberar presión, (GCE, S.F), en este caso para el Hospital Universitario La Samaritana E.S.E. HUS, serían aquellas emisiones generadas por el uso de extintores y al sistema de refrigeración.

7.2.3. EMISIONES INDIRECTAS DEL HUS ALCANCE 2. ISO 14064 – 1

Las emisiones indirectas generadas en el Hospital, derivan principalmente del consumo de energía eléctrica, empleada para la prestación de los servicios médicos, dichos consumos se ven representados por el uso de equipos médicos para la atención de pacientes, equipos ofimáticos del área administrativa e iluminación de todas las áreas del hospital.



Ilustración 9. Equipos médicos

Fuente: Autores

7.2.4. OTRAS EMISIONES INDIRECTAS ALCANCE 3 ISO 14064-1

Para este tipo de emisión se identificaron las siguientes actividades, que potencialmente, pueden generar emisiones de gases de efecto invernadero en el HUS, como lo son:

- ✓ Consumo de Papelería
- ✓ Uso de combustibles
- ✓ Consumo de Alimentos
- ✓ Uso de gases medicinales
- ✓ Uso de refrigerantes
- ✓ Consumo de agua entre otros.

8. CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL HUS.

Al conocer los límites organizacionales y operacionales del HUS, se procede a desarrollar la metodología de la ISO 14.064-1, para el cálculo de la huella de carbono, la cual se realizó en las siguientes etapas:

8.1 ETAPA 1. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE GEI.

En este numeral, se identifican las fuentes generadoras de gases de efecto invernadero en el hospital, las cuales se describen a continuación:

Tabla 6. Fuentes de Emisión de GEI en el hospital

ALCANCE OPERACIONAL	EQUIPO	CONSUMO ENERGETICO/AGUA	DESCRIPCIÓN
EMISIONES DIRECTAS	CALDERAS	Gas Natural	Las Calderas son utilizadas, en el Hospital para generar vapor y agua caliente, empleados en la esterilización de instrumentación quirúrgica y en las áreas de hospitalización para baño de pacientes. De igual forma en la cocina se utiliza el vapor para la cocción de alimentos. Por otro lado los datos de consumo de las calderas se toman diariamente, sin embargo los usados para el cálculo van a ser los de las facturas del gas natural, los cuales, están unidos a los consumos de la cocina.
EMISIONES INDIRECTAS	EQUIPOS MEDICOS EQUIPOS OFIMATICOS	Energía Eléctrica	Estos equipos son empleados para prestar el servicio de salud inmediato a los pacientes del hospital, que dependiendo, del área de hospitalización tendrán especialidades y características diferentes, sin embargo los consumos no están discriminados por tipos de equipos, por lo tanto los datos se toman de la factura de energía eléctrica, como

			consumos totales de todos los equipos del HUS. Estos equipos son aquellos empleados en el área administrativa del hospital, para la realización de informes, balances, facturación entre otros.
	BOMBILLAS, LAMPARAS FLUORESCENTES	Energía Eléctrica	Las lámparas fluorescentes y bombillas son las encargadas, de iluminar todas las áreas del Hospital, incluyendo zonas verdes y área de parqueaderos.
OTRAS EMISIONES INDIRECTAS	GRIFOS, DUCHAS Y MANGUERAS	AGUA	El consumo de agua es de gran importancia en el hospital, dado que la mayoría de las actividades del mismo requiere la utilización del recurso hídrico, como lo es la preparación de alimentos, el lavado de instrumentación, lavado de áreas de hospitalización, mantenimientos, aseo general, entre otros.

Fuente: Autores

La Cuantificación de la huella de carbono del HUS, se determinó para los consumos de gas natural, energía eléctrica y agua, debido a la falta de información de las otras actividades generadoras de GEI. En otros casos no se contó con los factores de emisión sustentados para el cálculo de la huella, por lo cual quedaron excluidos de esta cuantificación.

En la tabla No. 7 se relacionan las actividades generadoras de GEI, que NO se tuvieron en cuenta para la cuantificación de la huella de carbono.

Tabla 7. Exclusiones de las actividades de GEI

ALCANCE	ACTIVIDAD GENERADORA DE GEI	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN EXCLUSIÓN.
Emisiones Directas	Extintores de CO ₂	Los extintores de CO ₂ son recargados cada año, por lo cual se genera una emisión directa a la atmósfera, en este caso no se contó el dato de la cantidad de extintores de CO ₂ , y el número de recargas realizadas.	La emisión de los extintores de CO ₂ no se incluyó en la cuantificación de GEI, principalmente por la falta de registros a los mantenimientos realizados en los años de estudio.
	Refrigerantes	Para el caso de los refrigerantes, no se contó con los registros de refrigerante usado ni la cantidad de recargas realizadas a los sistemas de enfriamiento.	Se desconoce el tipo de refrigerante empleado en las recargas de los sistemas de enfriamiento así como la frecuencia de recarga de los mismos.
	Gasolina	La Gasolina empleada en el HUS está directamente relacionada con el uso de las ambulancias, en esta medida, no se contó con el estimativo de ambulancias propias en el HUS ni el número de recargas realizadas a los Vehículos.	El combustible empleado para la recarga de las ambulancias se identificó el factor de emisión correspondiente a la gasolina, pero se desconoce la cantidad de ambulancias así como la cantidad de combustible empleados en las mismas.

Otras Emisiones Indirecta	Papelería	Principalmente generada en las zonas administrativas y facturación, en este caso no se contó con el consumo de papelería realizado en el hospital.	Los consumos detallados de papelería en el HUS, no se tiene discriminado por el tipo de papel , ni las cantidades utilizadas. Asi mismo la papelería hace parte del alcance 3 de la metodología propuesta en la ISO 14064-1 en la que se establece que este alcance es opcional.
	Alimentos	La preparación de alimentos es indispensable para la atención de los pacientes en el Hospital, pero en este caso no se contó con la información de los alimentos preparados ni las cantidades utilizadas.	Se desconoce el tipo y cantidad de los alimentos preparados en el HUS. Este tipo de actividad hace parte del alcance 3 y según la metodología de la ISO 14064-1 este alcance es opcional.

Fuente: Autores

NOTA: La exclusión de las actividades mencionadas en la tabla N. 7 para la cuantificación de GEI, se dio principalmente a que la información necesaria para incluirla fue limitada.

8.2 ETAPA 2. SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CUANTIFICACIÓN DE GEI.

El cálculo y cuantificación de la huella de carbono del HUS debe realizarse empleando algunas metodologías definidas en la ISO 14064-1.

Para el caso del HUS la metodología de cálculo empleada, se desarrolla a través de los datos de consumo de gas natural, electricidad y agua, multiplicado por los factores de emisión, específicos para cada uno de las actividades susceptibles de generar GEI, mencionados anteriormente, la metodología escogida recibe por nombre datos de la actividad multiplicados por el factor de emisión.

Esta metodología fue seleccionada por las características de la información encontrada en el HUS, que estaba disponible para la cuantificación de GEI. Los factores de emisión también fueron seleccionados de acuerdo a las condiciones del hospital y la representatividad para Colombia.

La fórmula general para el cálculo de las emisiones se describe a continuación:

$$\text{CARGA AMBIENTAL} \times \text{FACTOR DE EMISION} = \text{EMISIONES DE GE}$$

Ecuación 1. Calculo de Emisiones de GEI

Se empleará esta fórmula dado que los GEI asociados a las actividades a cuantificar son en su mayoría Dióxido de carbono CO₂. Si se contara con el dato de refrigerantes se debería emplear una fórmula que contemple el potencial de calentamiento global, dado que este producto genera Hidrofluorocarbonos.

8.3 RECOPIACIÓN DE DATOS DE LA ACTIVIDAD DE EMISIÓN DE GEI

Para la cuantificación de la Huella de Carbono organizacional del HUS se emplearon los datos de consumos de las facturas de gas natural, Energía eléctrica y agua de la organización de los años 2011,2012 y 2013 obtenidos a través de la revisión documental en el hospital.

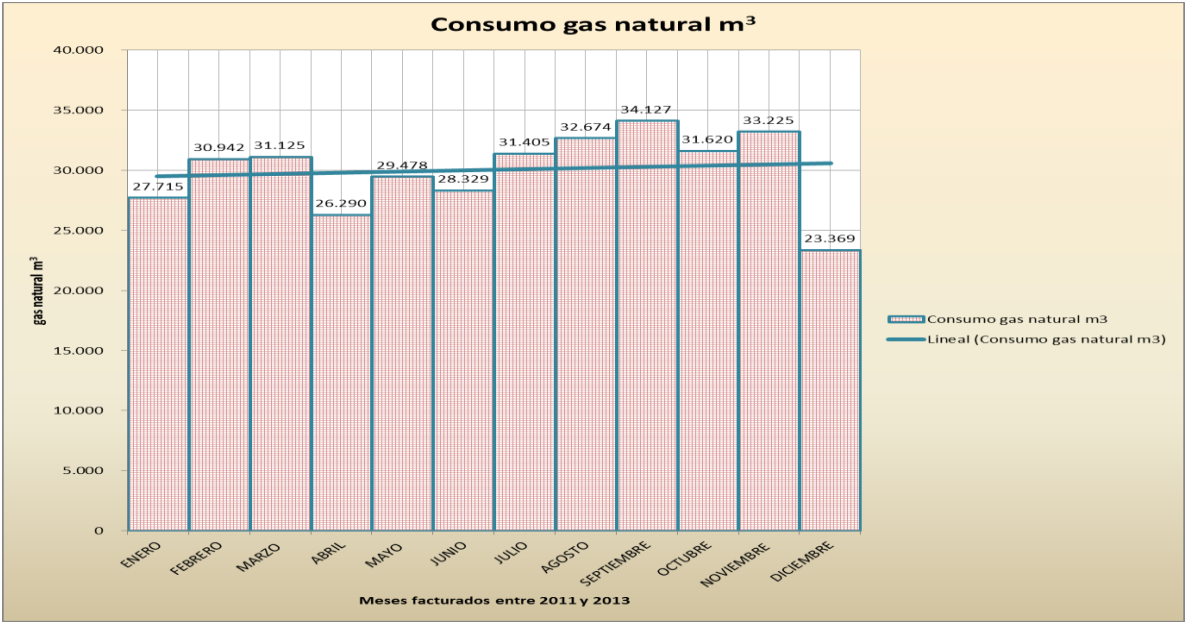
Se seleccionaron los años mencionados anteriormente, para la cuantificación de emisiones de GEI, debido a la disponibilidad de los datos, ya que para los años anteriores a 2010 no se contaba con la totalidad de los mismos. Por otra parte dentro de la metodología de la ISO 14064-1 debe realizarse una línea base que en el caso del hospital se relacionan con las unidades de valor relativo que hacen referencia a los servicios prestados a los usuarios del HUS.

Las UVR se describirán en el numeral 8.6 de este proyecto y se relaciona con la recopilación de los datos de las actividades de GEI, dado que el hospital las calcula y se cuenta con esta base de datos desde el año 2011.

8.3.1. Consumo de gas natural

En la gráfica N°1 se demuestra que en el período comprendido entre Diciembre a Enero es donde se encuentran los consumos más bajos, siendo el valor mínimo de 23.369 m³, que corresponde al mes de Diciembre, logrando ascender entre el período de Febrero y Marzo, para luego disminuir entre Abril y Junio, a partir de este mes hasta el de Noviembre se incrementa dicho consumo, logrando obtener una tendencia positiva, evidenciando de esta manera que en los meses de Septiembre con 34.127 m³ y Noviembre con 33.275 m³ respectivamente, se dan los consumos máximos.

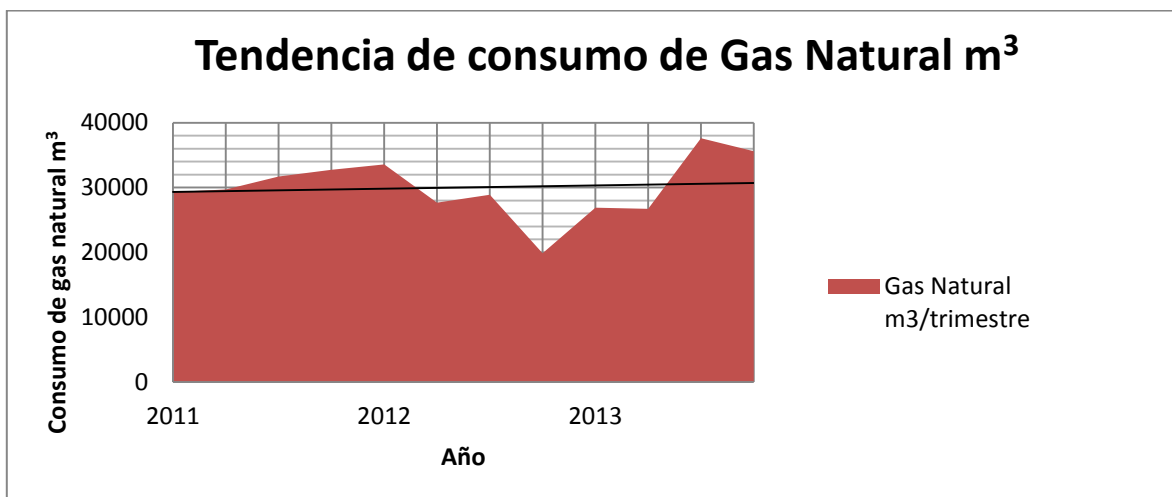
Gráfica 1. Tendencia de consumo de gas natural mensual multianual



Fuente: Autores

A continuación se relaciona en la gráfica N° 2, la tendencia de consumo de gas natural en el hospital para los últimos tres años:

Gráfica 2. Tendencia de consumo de gas natural.



Fuente: Autores

Tabla 8. Consumo Gas Natural multianual

ALCANCE 1	DESCRIPCION	AÑO	TOTAL (m ³)
EMISIONES DIRECTAS	CONSUMO DE GAS NATURAL	2011	123.465
		2012	110.004
		2013	126.830

Fuente: Autores

Al realizar el análisis estadístico de los datos de estudio, se encontró que para los años 2011, 2012 y 2013 el consumo de gas natural osciló entre los 19.867 m³ y 37.610 m³. Siendo el dato de 37.610 m³ el pico más alto de este periodo de tiempo en el último trimestre del año 2013. Para los años 2011 y 2012 el consumo se mantiene entre los 29.314 m³ y 31.703 m³, aunque al final del 2012 e inicio de 2013 se presenta una caída en el consumo de gas natural que fue representativa cuyo consumo arrojó el dato del 19.867 m³.

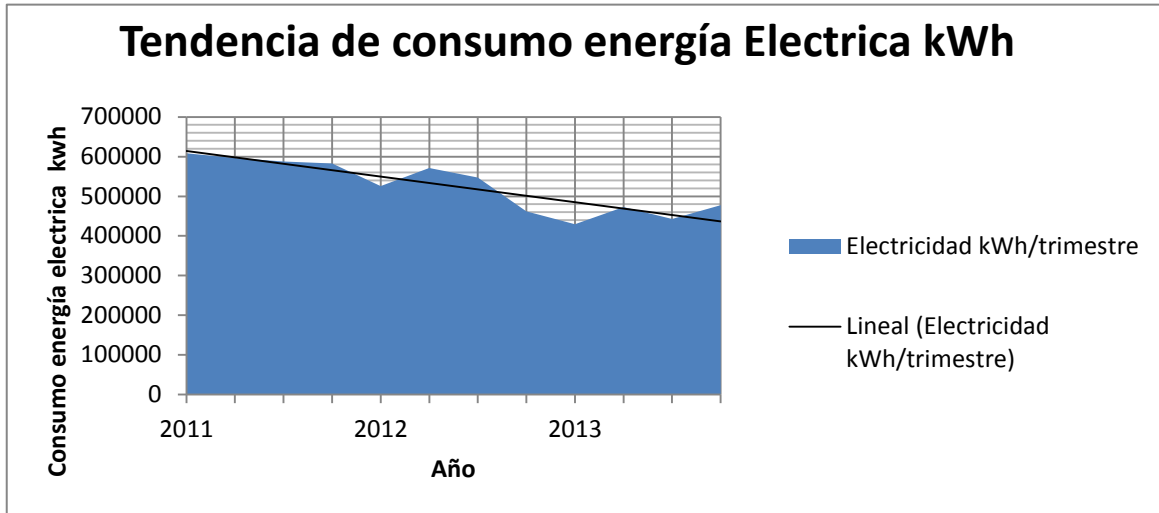
Para concluir la tendencia es positiva, como se demuestra en la gráfica de la ecuación de la recta, demostrando un aumento constante al transcurrir los periodos de tiempo. El factor de correlación de Pearson⁵, es de 0.10, que aunque sea débil, hay una relación con los datos.

⁵FACTOR DE CORRELACIÓN DE PEARSON: El coeficiente de Pearson (también llamado coeficiente de correlación del producto-momento), se representa con el símbolo 'r' y proporciona una medida numérica de la correlación entre dos variables. e mide en una escala de 0 a 1, tanto en

8.3.2. Consumo de energía eléctrica

Con los datos de los consumos de energía eléctrica se realizó la tendencia de consumo para los años en estudio:

Gráfica 3. Tendencia de Consumo energía Eléctrica kWh.



Fuente: Autores

Tabla 9. Consumo Energía Eléctrica multianual

ALCANCE 2	DESCRIPCION	AÑO	TOTAL (kWh)
EMISIONES INDIRECTAS	CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA	2011	2.375.253
		2012	2.106.197
		2013	1.822.800

Fuente: Autores

Para el caso del consumo de energía eléctrica en la organización para los años de 2011, 2012 y 2013 el consumo oscila entre los 60.000 kWh y 50.000 kWh

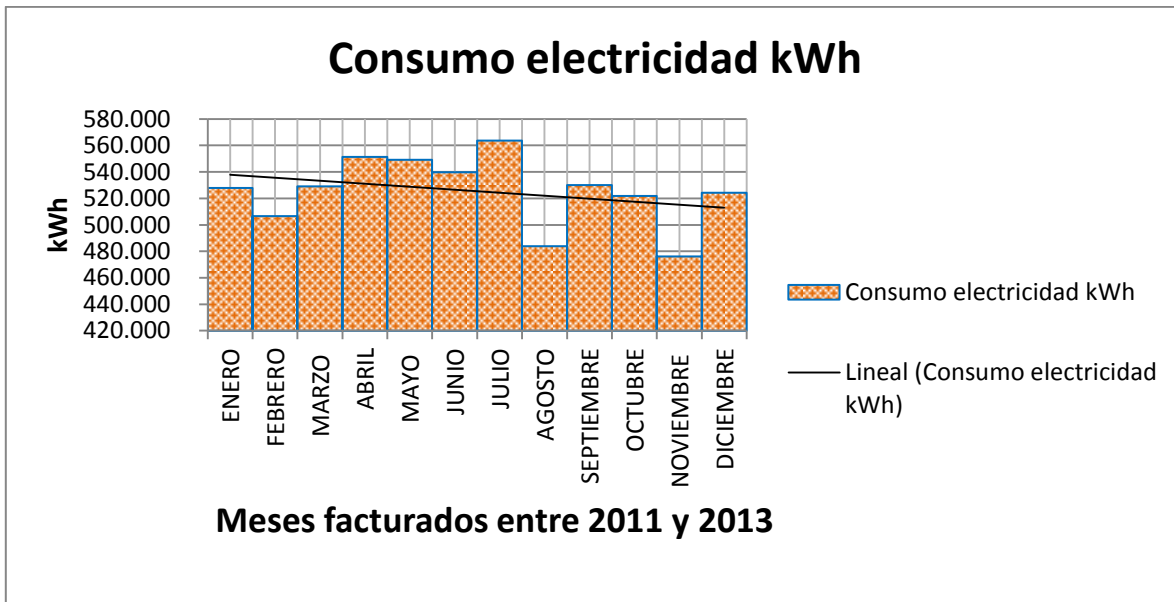
Aunque en este caso no se evidencian picos o caídas significativos del consumo siendo este estable para estos años, sin embargo es importante resaltar que el consumo de energía eléctrica disminuye para el último año analizado, a su vez se demuestra en la ecuación lineal una pendiente negativa, es decir que a medida del transcurso del tiempo el consumo está disminuyendo, demostrando una relación inversamente proporcional en promedio, el

dirección positiva como negativa. Un valor de "0" indica que no hay relación lineal entre las variables. Un valor de "1" o "-1" indica, respectivamente, una correlación positiva perfecta o negativa perfecta entre dos variables. Normalmente, el valor de se ubicará en alguna parte entre 0 y 1 o entre 0 y -1. (CCA , S.F)

factor de correlación de Pearson es de 0.80 siendo un valor bastante directo de correlación entre los datos, arrojando una tendencia positiva.

Asimismo se determinó la tendencia de consumo mensual multianual:

Gráfica 4. Consumo de energía eléctrica mensual multianual



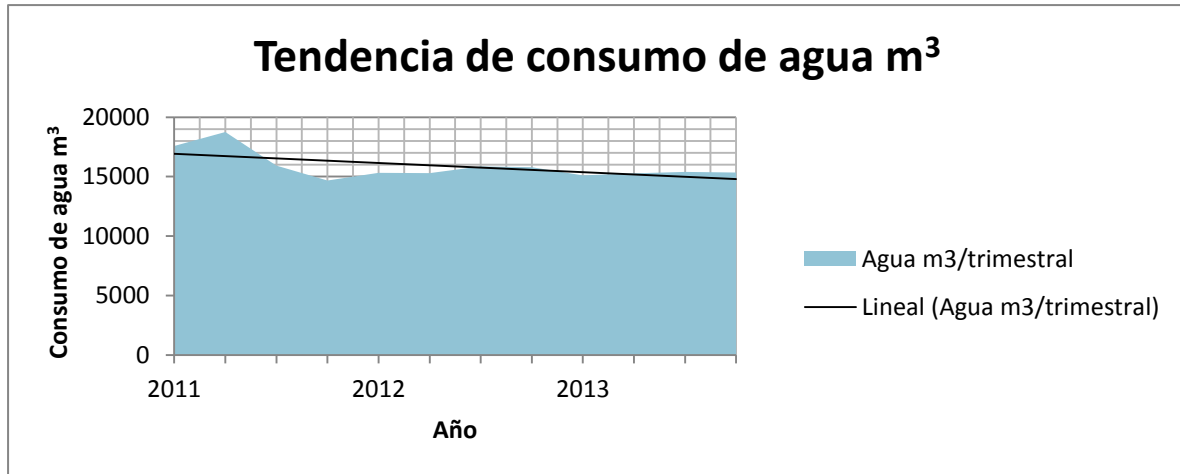
Fuente: Autores.

La gráfica N° 4, indica el consumo de energía eléctrica mensual multianual en el Hospital Universitario La Samaritana E.S.E, en la cual se evidencia que los mayores consumos están dados en el mes de Julio con un promedio de consumo de 563602 kWh, de manera contraria el consumo mínimo promedio es de 476175 kWh obtenido es en el mes de Noviembre. La tendencia muestra que en los periodos comprendidos entre Diciembre y Marzo los consumos se mantienen bajos, a partir de Abril se genera un alza en el consumo de energía eléctrica por parte del hospital, descendiendo en el mes de Agosto, lo anterior se relaciona tal y como lo demuestra la ecuación lineal, que muestra una pendiente negativa, que refleja que al transcurrir los periodos de tiempo, es decir en el segundo semestre el consumo tiende a disminuir. El factor de correlación es de 0,311, lo que quiere decir que hay una correlación positiva débil de las variables que se encuentran en la gráfica N°4

8.3.3. CONSUMO DE AGUA

A continuación se relaciona la línea de tendencia multianual para el consumo de agua

Gráfica 5. Tendencia de consumo de agua anual



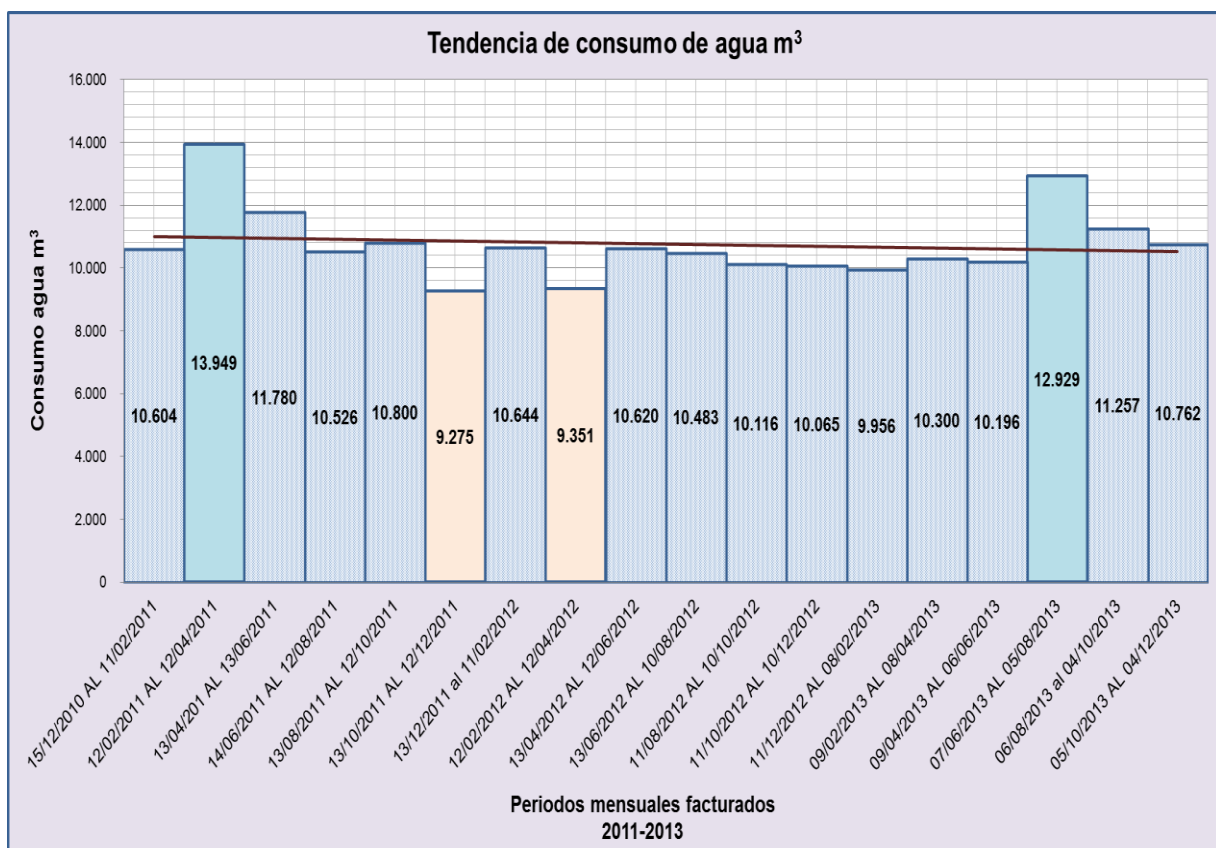
Fuente: Autores.

ALCANCE 2	DESCRIPCION	AÑO	TOTAL (m ³)
OTRAS EMISIONES INDIRECTAS	CONSUMO DE AGUA	2011	66.934
		2012	62.269
		2013	61.128

Fuente: Autores

En el análisis estadístico de consumo de agua para el periodo de tiempo comprendido entre el año 2011 y 2012, evidencia que el consumo de agua oscila entre 18.764 y 14.675 m³, siendo los datos de consumo promedios máximos y mínimos correspondientes. La tendencia es decreciente, donde se evidencia que la variable año al aumentar, la otra que en este caso el consumo tiende a disminuir. Por otro lado el coeficiente de correlación de Pearson indica que los datos se encuentran relacionados en un 0.60074953 lo que quiere decir que hay una correlación no tan fuerte de los datos y/o variables.

Gráfica 6. Tendencia de consumo de agua mensual multianual.



Fuente: Autores.

En el análisis estadístico de la gráfica N°6, se puede denotar que en los periodos facturados de consumo del mes de Febrero al mes de Abril del año 2011 y del mes de Junio al mes de Agosto, fueron donde se presentaron los mayores consumos correspondientes a 13.949 m³ y 12.929 m³ respectivamente, por el contrario los consumos mínimos corresponden a los periodos facturados en el mes de Octubre a Diciembre del año 2011 y Febrero a Abril del año 2012, con consumos de 9.275m³ y 9.351 m³ respectivamente. En cuanto a la tendencia es levemente decreciente, se muestra con poca notoriedad que el consumo disminuye al transcurrir los periodos mensuales, asimismo el factor de correlación de Pearson es bajo acercándose a 0, en donde la correlación de datos es muy débil.

8.4. SELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISION.

- **Factor de emisión:** Un factor de emisión es la relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera, en este caso emisiones de GEI y las unidades de la actividad. Utilizados para la cuantificación de los GEI y la obtención de la huella de carbono.

Para la cuantificación de los GEI emitidos por las emisiones se realizó la investigación de los siguientes Factores de emisión:

Tabla 11. Factores de emisión

	Fuente	Factor de emisión	Descripción
Gas Natural	Factores de emisión para combustibles colombianos (UPME FECOC , 2013)	1.0402 Kg de CO ₂ /m ³ = 0.001042 Ton CO ₂ / m ³	Por cada m ³ de gas natural consumido en el HUS, se están generando 1.0402 kg de CO ₂ a la atmósfera.
Electricidad	Emisiones de Dióxido de Carbono de las plantas de generación despachadas centralmente en Colombia durante 2013 (XM, 2013)	0.192 Kg CO ₂ / kWh= = 0.000192 Ton CO ₂ / m ³	Por cada kWh de electricidad consumida en el HUS se están generando 0.192 kg de CO ₂ a la atmósfera.
Agua	Este factor de emisión, se obtiene a partir de la división de los datos de las emisiones del EAAB en el año 2011 (EAAB, 2011), (95.054 ton CO ₂ /año) y la facturación de m ³ de agua, (300.61 millones de m ³) (EAAB, 2011)	0.0003162 Ton CO ₂ /m ³	Por cada m ³ de agua consumido en el HUS, se están generando 0.0003162 ton CO ₂ a la atmósfera.

Fuente: (UPME FECOC , 2013) (XM, 2013), (EAAB, 2011) & Autores

8.5 CALCULO DE EMISIONES DE GEI

De acuerdo con la metodología seleccionada anteriormente, para la obtención del total de emisiones en unidad de Ton de CO₂ eq/año se efectúan las siguientes formulas:

8.5.1. Emisiones directas

Ecuación 2. Emisiones asociadas al consumo de gas natural

$$\text{Consumo de gas natural m}^3 \text{ trimestral} * \text{factor de emisión gas natural Ton CO}_2/\text{m}^3 = \text{Ton CO}_2\text{eq trimestral}$$

En la tabla No. 12 presentada a continuación se relaciona los datos de consumo de Gas Natural multiplicados por el factor de emisión aplicando la ecuación No. 2.

Tabla 12. Emisiones asociadas al consumo de gas natural trimestral

Año	Gas Natural m3/trimestre	FE Gas Natural Ton CO ₂ eq / m ³	Emisiones Ton CO ₂ eq /trimestre
2011	29314	0.0010402	30.49
	29706	0.0010402	30.90
	31703	0.0010402	32.97
	32742	0.0010402	34.05
2012	33571	0.0010402	34.92
	27673	0.0010402	28.78
	28893	0.0010402	30.05
	19867	0.0010402	20.66
2013	26897	0.0010402	27.97
	26718	0.0010402	27.79
	37610	0.0010402	39.12
	35605	0.0010402	37.03

Fuente: Autores

8.5.2. Emisiones indirectas

Para el caso de la energía eléctrica se aplicó la ecuación No. 3 con los datos de consumo de energía eléctrica y los factores de emisión.

Ecuación 3. Emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica

$$\text{Consumo de energía eléctrica kWh trimestral} * \text{factor de emisión Ton CO}_2/\text{kWh} = \text{Ton CO}_2\text{eq trimestral}$$

Tabla 13. Emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica trimestral

Año	Electricidad kWh/trimestre	FE Electricidad ton CO ₂ /kWh	Emisiones ton CO ₂ /trimestre
2011	608400	0.000192	116.81
	596400	0.000192	114.50
	587705	0.000192	112.83
	582747	0.000192	111.88
2012	525731	0.000192	100.94
	571266	0.000192	109.68
	547200	0.000192	105.06
	462000	0.000192	88.70
2013	429600	0.000192	82.48
	472800	0.000192	90.77
	442800	0.000192	85.01
	477600	0,000192	91.69

FUENTE: Autores

8.5.3. Otras emisiones indirectas

La ecuación No. 4 se aplica a los datos de consumo de agua por el factor de emisión desarrollado.

Ecuación 4. Emisiones asociadas al consumo de agua

$$\text{Consumo de agua m}^3 \text{ trimestral} * \text{factor de emisión ton CO}_2/\text{m}^3 = \text{ton CO}_2\text{eq trimestral}$$

Tabla 14. Emisiones asociadas al consumo de agua trimestral

Año	Agua m ³ /trimestral	FE Agua ton Co ₂ eq/m ³	Emisiones ton Co ₂ eq /trimestre
2011	17578	0.0003162	5.55
	18754	0.0003162	5.93
	15926	0.0003162	5.03
	14675	0.0003162	4.64
2012	15319	0.0003162	4.84
	15295	0.0003162	4.83
	15861	0.0003162	5.01
	15793	0.0003162	4.99
2013	15106	0.0003162	4.77
	15278	0.0003162	4.83
	15398	0.0003162	4.86
	15346	0.0003162	4.85

FUENTE: Autores

Para la determinación de la huella de carbono se tomaron los datos base de consumos de energía eléctrica, energía térmica en este caso gas natural y del consumo de agua, desarrollado para los años en los cuales se contaba con datos de dichos consumos, correspondientes a los años comprendidos entre 2011 y 2013.

De esta manera se multiplicaron estos valores por los factores de emisión de cada tipo de consumo energético en la organización y posteriormente se sumaron para obtener la huella de carbono total de la organización, contemplando así los alcances 1, 2 y 3 propuestos en la ISO 14064-1.

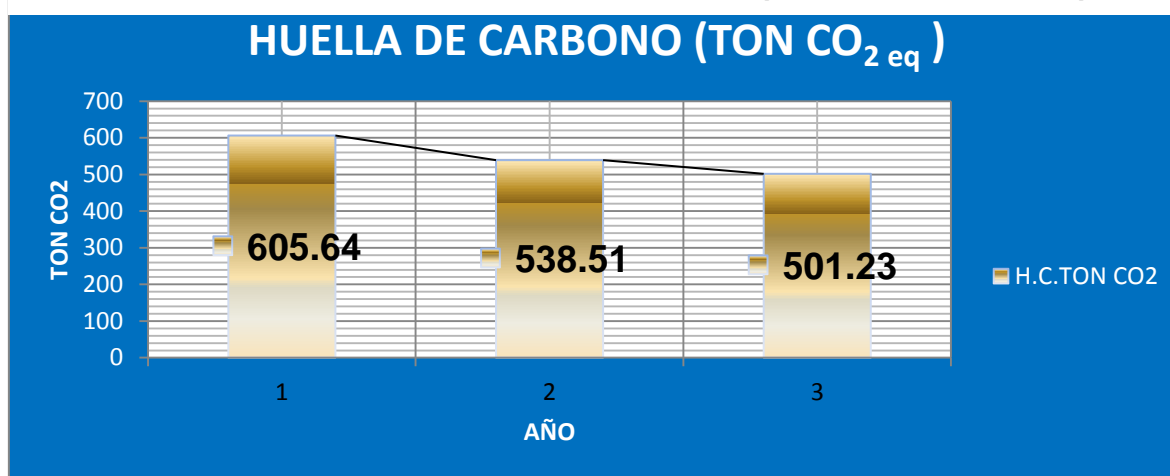
A continuación en la tabla N.15 se relacionan los años que se tienen, la sumatorias de las emisiones de los consumos contemplados en el presente proyecto:

Tabla 15. Emisiones del HUS correspondientes a los años de estudio.

AÑO	H.C.TON CO ₂
2011	605.64
2012	538.50
2013	501.23

Fuente: Autores

Gráfica 7. Tendencia de la huella de carbono expresada en Ton CO₂ eq



Fuente: Autores

El análisis estadístico de la gráfica N° 7, que comprende la tendencia de la huella de carbono durante los tres años de estudio, muestra un comportamiento que tiende a disminuir a través del transcurso del tiempo, es decir que la relación de emisiones de gases efecto invernadero expresadas en toneladas de CO₂eq es inversamente proporcional al tiempo, evidenciando que en el año 2012 la huella de carbono, disminuyó en un 11% a comparación del año 2011 y en el año 2013 se redujo en un 17.2% al compararla con el primer año de estudio, mostrando claramente una disminución significativa, sin embargo no deja de ser materia de estudio dado que las emisiones generadas contribuyen desde el sector hospitalario en mayor o menor medida al cambio climático.

8.6. AÑO BASE.

Se debe establecer un año base histórico para las emisiones de los gases efecto invernadero, con el fin de hacer comparaciones o para usos imprevistos para el inventario de gases efecto invernadero.

La disponibilidad de la información al ser limitada, se determina el año base de la siguiente manera:

Se usan datos representativos de las actividades del hospital, en este caso las **UVR (Unidad de valor relativo)**, que se define como un dato, en el que se agrega la atención al paciente, cuyo propósito es hacer un comparativo entre instituciones y ejercicios de eficiencia, mediante una fórmula que vuelve equivalente la producción hospitalaria, ponderando las consultas electivas y urgentes, partos y cirugías (entre otros), acorde a la institución hospitalaria y discrimina algunos de estos servicios por nivel de complejidad. (CUESTIONARIO DE CAMARA , 2012). Este dato se encuentra disponible únicamente de forma trimestral, a partir del año 2011 hasta el año 2013.

Tabla 16. RELACIÓN DE LAS UVR (UNIDAD DE VALOR RELATIVO) Y LAS EMISIONES DURANTE LOS AÑOS DISPONIBLES

AÑO	TRIMESTRE	UVR	EMISIONES CO2 eq
2011	TRIMESTRE I	2.735.109,19	152.86
	TRIMESTRE II	3.314.555,06	151.33
	TRIMESTRE III	3.630.275,40	150.85
	TRIMESTRE IV	3.472.584,79	150.58
2012	TRIMESTRE I	2.992.101,16	140.70
	TRIMESTRE II	2.925.007,56	143.30
	TRIMESTRE III	2.951.132,88	140.13
	TRIMESTRE IV	2.950.904,86	114.36
2013	TRIMESTRE I	2.527.155,35	115.23
	TRIMESTRE II	2.902.160,50	123.40
	TRIMESTRE III	3.412.158,56	129.00
	TRIMESTRE IV	4.695.408,29	133.58

Fuente: Autores

Posteriormente se relacionan los datos sobre emisiones de gases efecto invernadero previamente calculados en el numeral 8.5, con las UVR (Unidad de valor relativo), para el periodo de tiempo comprendido entre 2011 y 2013, como se expone en la tabla N° 16, a través de un gráfico de dispersión⁶, la cual permite analizar la existencia de una relación entre estas variables, a través de una línea base que básicamente se define como un conjunto de variables recopiladas, a su vez a través de una ecuación lineal se analiza dicha relación como se demuestra en la tabla N°17.

⁶ GRÁFICA DE DISPERSIÓN: Consiste de una gráfica en el plano cartesiano para mostrar la relación entre dos variables. Cuando se analizan procesos, la relación entre una variable controlable y una característica de frecuente importancia. Conociendo esta relación se puede llegar a decidir cómo controlar un conjunto de variables para llegar a obtener una característica deseada. (UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, S.F)

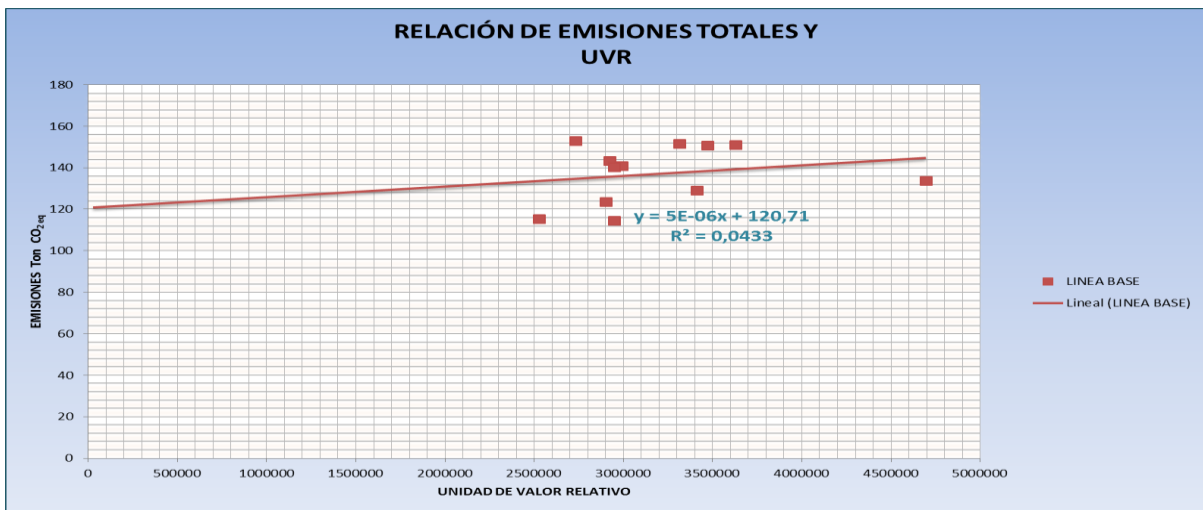
Tabla 17. Relación lineal.

Ecuación	Ecuación 5. Ecuación lineal $y = mx + b$
y	EMISIONES Ton CO ₂ eq
m(pendiente)	Cantidad de emisiones generadas por cada unidad de UVR.
x	UVR
b	Cantidad no asociadas a la generación de UVR.

Fuente: Autores

En la gráfica N° 8, se demuestra que por cada 0.000005 Ton de CO₂ eq, emitido a la atmosfera se asocia a una unidad de valor relativo y que por cada 120.71 Ton de CO₂ eq emitido a la atmosfera, no se asocian a la generación de una unidad de Valor relativo y/o actividad del hospital, de esta manera se determina que es mayor la generación de emisiones que no están relacionadas directamente con las actividades del hospital. Por otro lado el factor de correlación de Pearson, corresponde a 0.2, el cual muestra que no hay una correlación de datos significativa, sin embargo existe una tendencia positiva entre las dos variables medidas.

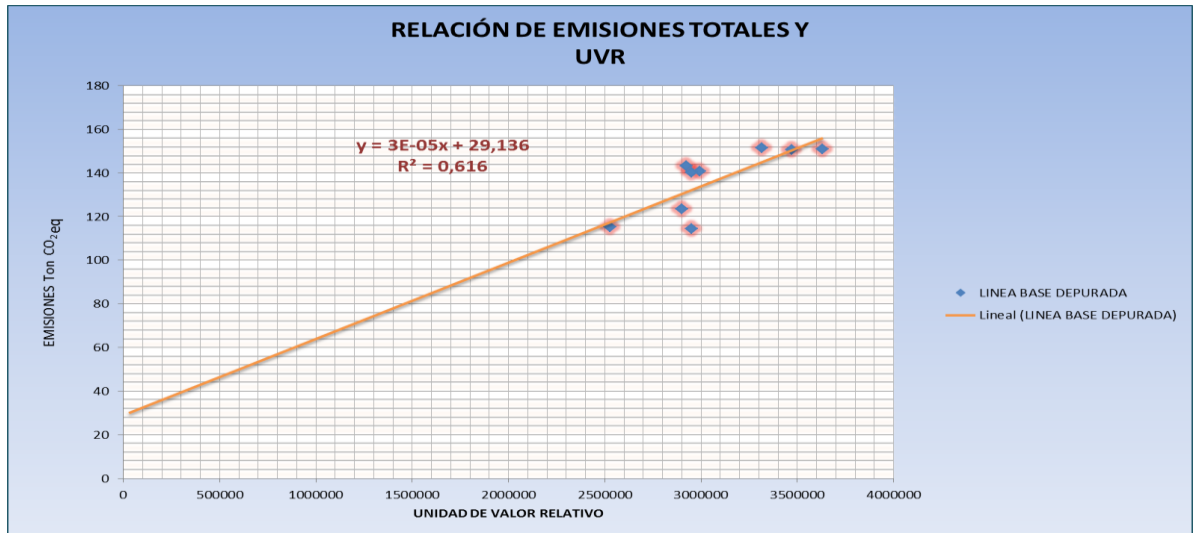
Gráfica 8. Relación de emisiones totales y UVR (LINEA BASE)



Fuente: Autores

Sin embargo, se realiza un ajuste lineal ya que algunos datos están alejados de la línea de tendencia, quedando una línea base depurada como se demuestra en la gráfica N 9:

Gráfica 9. Relación de emisiones totales y UVR (LINEA BASE DEPURADA)



Fuente: Autores

De esta manera se establece que los datos a eliminar corresponden a los siguientes:

Tabla 18. Datos excluidos para la determinación de la línea objetivo

TRIMESTRE	UVR	EMISIONES CO2 eq
TRIMESTRE I	2.735.109,19	152.86355
TRIMESTRE III	3.412.158,56	129.00837
TRIMESTRE IV	4.695.408,29	133.58792

Fuente: Autores

Por consiguiente se aplica este criterio de eliminación de los datos atípicos⁷, que son los que más se alejan de la línea de tendencia, en este caso, el criterio fue tomar a los más alejados analizados de forma visual. De acuerdo a lo anteriormente mencionado, se obtiene una mejora en el factor de correlación de Pearson, de 0.2 a 0.8, pasando de una correlación de datos débil a una correlación fuerte y directa de datos.

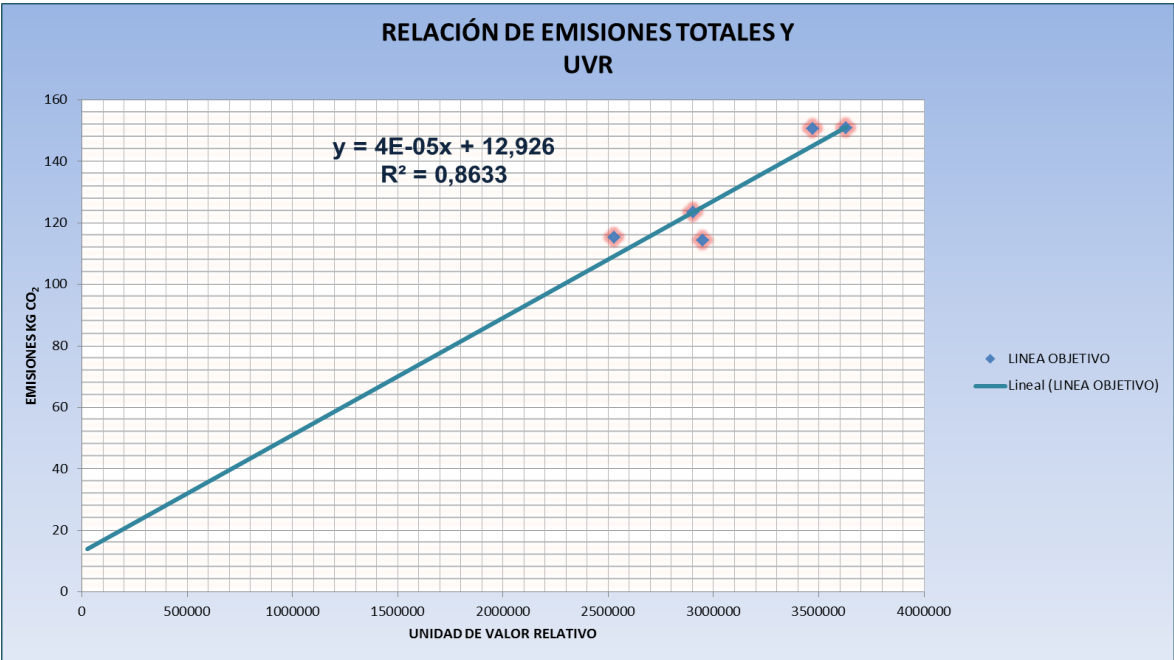
Ya después de realizar el ajuste lineal, en donde se correlacionan directamente las variables de emisiones y UVR, se evidencia una tendencia positiva, interpretando de esta manera, que a medida que aumenta la producción, en este caso las UVR, las emisiones también aumentan de forma proporcional, debido a que al prestar una mayor cantidad de servicios en el hospital o el aumento de pacientes, se va a requerir de un mayor gasto energético,

⁷Eliminar datos outliers o valores atípicos es válido, especialmente si se sistematiza; lo que no es válido es alterar o añadir puntos a conveniencia (vicente, 2011).

para efectuar el cumplimiento de la prestación del servicio. No obstante al realizar el ajuste de los datos, se denota un contraste comparando la línea base sin depurar, ya que en este caso por cada 0,00003 Ton de CO₂ eq, emitido a la atmosfera se asocia a una unidad de valor relativo, habiendo una diferencia de 0,000025 Ton de CO₂ eq entre ambas líneas bases, indicando que en la línea base depurada las emisiones relacionadas con la actividad son mayores al eliminar datos atípicos, sin embargo, las emisiones que no están relacionadas con la actividad disminuyen considerablemente en un 76%, lo cual representa una diferencia de 91 Ton de CO₂ eq.

Con la línea base depurada, se procede a escoger los datos que estén por debajo de la línea de tendencia, de esta manera se obtiene la línea objetivo:

Gráfica 10. Relación de emisiones totales y UVR (LINEA BASE OBJETIVO)



Los datos adecuados para obtener la línea objetivo se relacionan a continuación:

Tabla 19. DATOS ADECUADOS PARA LA OBTENCIÓN DE LINEA OBJETIVO

AÑO	TRIMESTRE	UVR	EMISIONES Ton CO ₂ eq
2011	TRIMESTRE III	3.630275.4	150.852731
2011	TRIMESTRE IV	3.472584.7	150.586068
2012	TRIMESTRE IV	2.950904.8	114.363400
2013	TRIMESTRE I	2.527155.3	115.237976
2013	TRIMESTRE II	2.902160.5	123.400567

Estos datos se consideran adecuados, debido a que son típicos y reflejan los mejores comportamientos que se han tenido durante los tres años con base a la relación de emisiones generadas y las UVR'S del HUS.

En cuanto a el análisis estadístico de la línea objetivo obtenida a través de la gráfica N° 10, se deduce que las emisiones expresadas en Ton CO₂ eq, asociadas por cada unidad de valor relativo generada en el HUS, es mayor a las emisiones asociadas en la línea base depurada, con una diferencia de 0,00001 Ton CO₂ eq, es decir varía en un 25% , por lo tanto la meta queda definida como, mantener la tendencia de que por cada emisión de 0,00003 Ton de CO₂ eq, emitido a la atmósfera se asocia a una unidad de valor relativo, para el año 2014.

9. ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO

9.1 MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Las medidas de mitigación de eficiencia energética presentadas en este proyecto, se realizaron en uno de los proyectos del semillero GESEA, denominado *DIAGNOSTICO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA UTILIZADA EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO LA SAMARITANA Y FORMULACIÓN DE PROPUESTAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA REDUCCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES*. (Briceño & Romero, 2014)

Estas propuestas de mitigación son de eficiencia energética y se proponen para la disminución de las emisiones generadas por el uso de energía eléctrica, desarrolladas en el proyecto anteriormente mencionado.

Tabla 20. Medidas de Mitigación

PROPUESTA	DESCRIPCIÓN
Reemplazo de Computadores	Reemplazo de la totalidad de los equipos instalados actualmente en el hospital, por sistemas más eficientes, livianos, fáciles de manejar y de mayor acceso al usuario. Se plantea el cambio a equipos portátiles en todas las estaciones de trabajo, mejorando el rendimiento del personal por el fácil acceso a los mismos, reducción de espacio ocupado, alta eficiencia.
Buenas prácticas operativas ahorradores	Cambio de tecnología de los bombillos fluorescentes compactos y migrar a LED (Diodo Emisor de Luz), la cual es la más innovadora hasta la fecha en iluminación y de bajo consumo. Se propone reemplazar cada uno de los puntos donde está instalado un bombillo fluorescente compacto, por algún sistema LED que mejor se adapte para cada una de las situaciones específicas.

PROPUESTA	MITIGACIÓN
Cambio de tecnología Iluminación Ahorradores	<p>Se propone hacer un cambio de tecnología de los bombillos fluorescentes compactos y migrar a LED (Diodo Emisor de Luz), la cual es la más innovadora hasta la fecha en iluminación y de bajo consumo. Se propone reemplazar cada uno de los puntos donde está instalado un bombillo fluorescente compacto, por algún sistema LED que mejor se adapte para cada una de las situaciones específicas.</p>
Buenas Prácticas Operativas Tubos fluorescentes	<p>Esta propuesta igual que la propuesta 3, se enmarca en el uso responsable y adecuado de la iluminación instalada en el hospital. Se modeló el caso concreto con este tipo de luminarias, obteniendo resultados de reducción favorables, disminuyendo el número de horas que se hace uso de estas, pasado de 24 horas a solo 12 de funcionamiento.</p>
Cambio de Tecnología Iluminación tubos T8.	<p>Se propone reemplazar Tubos T8 por luminarias que cuenten con tecnología LED y que se ajusten a las mismas instalaciones y por ende, evitar la mayor cantidad de traumatismo que se pueda generar el momento de que sea implementada.</p>
Buenas Prácticas Operativas en Ascensores.	<p>Esta propuesta está enfocada principalmente a implementar programas de buenas prácticas operativas de estos equipos, ya que a pesar de estar dispuestos al servicio del público, cuentan con funciones más específicas como el transporte de camillas y pacientes con discapacidad.</p>

Fuente: (Briceño & Romero, 2014) modificado por los Autores

A continuación en la tabla No. 19 se describe el tiempo de vida del proyecto, la inversión, el ahorro económico generado por estas propuestas, así como las Ton CO₂ eq reducidas al implementar esas medidas de mitigación:

Tabla 21. Ahorro económico y Ton CO₂ eq reducidas

Propuestas	Tiempo de vida proyecto (Años)	Emisiones de CO₂ Ahorradas (Ton CO₂)	Inversión(\$)	Ahorro anual
Reemplazo de Computadores	5	323.5	\$1.145.841.600	\$ 520.594.436
Buenas practicas Operativas Ahorradores	10	8.2	\$ 25.000.000	\$ 13.207.102
Cambio de tecnología Iluminación Ahorradores	5	20.6	\$ 22.525.000	\$ 33.149.492
Buenas Prácticas Operativas Tubos fluorescentes	10	40.3	\$ 25.000.000	\$ 64.838.542
Cambio de Tecnología Iluminación tubos T8.	8	120.2	\$ 269.815.000	\$ 189.675.024
Buenas Prácticas Operativas en Ascensores	10	68	\$ 25.000.000	\$ 109.456.200

Fuente: (Briceño & Romero, 2014)

El ahorro anual asociado a estas medidas de mitigación, se determina dado que al tratarse de propuestas de buenas prácticas operacionales y cambio de tecnología en la iluminación del HUS, estas inciden en la disminución del consumo de energía eléctrica directamente relacionado con los costos a pagar en la facturación.

9.2 MEDIDAS DE MITIGACIÓN A TRAVÉS DE LA GENERACIÓN ALTERNATIVA DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Las medidas de mitigación para el caso de generación alternativa de energía eléctrica, se desarrollaron con base a las características estructurales y ubicación del HUS. Estas propuestas se formularon en el proyecto *ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONOMICA Y AMBIENTAL PARA LA GENERACION ALTERNATIVA DE ELECTRICIDAD EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO LA SAMARITANA* (Ortiz & Robayo, 2014)

Para la selección de las alternativas de generación de energía eléctrica se desarrolló una matriz con todas las posibles alternativas de generación, a las cuales se les asignaba una calificación, dependiendo de las características actuales del hospital.

Al realizar esta calificación se seleccionaron 2 de las alternativas que más se acercaban a satisfacer la necesidad de energía eléctrica en el HUS, después de realizada la calificación en la matriz desarrollada en el proyecto mencionado anteriormente, arrojando como resultado que las alternativas más favorables a aplicar en el hospital, eran las de generación de energía fotovoltaica y la generación de energía minieólica (Robayo & Ortiz)

Tabla 22. Medidas de mitigación generación de energía eléctrica.

TIPO DE ENERGÍA	ALTERNATIVA	DESCRIPCIÓN
Energía Fotovoltaica	Panel solar fotovoltaico monocristalino	Se propone instalar dispositivos en los tejados del HUS, teniendo un área susceptible de intervención de 1375,2 m ² , estos dispositivos convierten energía luminosa en energía eléctrica a través de metales sensibles a la luz, consiguiendo un voltaje adecuado a las aplicaciones eléctricas; los paneles captan la energía solar transformándola directamente en eléctrica en forma de corriente continua, que se almacena en acumuladores, para que pueda ser utilizada fuera de las horas de luz. (MILIARIUM, 2008). En ellos difieren las células que pueden ser: Monocristalino (está compuesta por un solo cristal de silicio controlando el crecimiento del propio cristal de silicio, policristalino (no se controla el crecimiento del cristal de silicio, con lo que el cristal crece en todas direcciones creando un conjunto de cristales diferentes unidos entre sí), y amorfo (estas son manufacturadas mediante la colocación de una fina capa de amorfo (no cristalino) de silicio sobre una amplia variedad de superficies. Este es el menos eficiente y menos costoso de producir de los tres tipos). (ISOLARI, 2014)
	Panel solar fotovoltaico policristalino	
	Panel solar fotovoltaico Amorfo	

TIPO DE ENERGÍA	ALTERNATIVA	DESCRIPCIÓN
Energía minieólica	Aerogenerador TECHNOSUN	Se propone instalar aerogeneradores dispositivos a modo de molino de viento, que generan energía eléctrica gracias a la acción del viento, en los tejados del HUS, teniendo un área susceptible de intervención de 1375,2 m ² (Ortiz & Robayo, 2014), los aerogeneradores evaluados en esta propuesta son tres, que se diferencian por la generación de energía expresada en MWh TECHNOSUN: Las turbinas mini eólicas generan 24 MWh/año. SOUTHWEST: Las turbinas mini eólicas generan 2 MWh/año. NEMO: Las turbinas mini eólicas generan 1 MWh/año.
	Aerogenerador SOUTHWEST	
	Aerogenerador NEMO	

Fuente: (Robayo & Ortiz, 2014) & Autores.

En la tabla No. 22 presentada a continuación se describe el tiempo de vida del proyecto, la inversión, el ahorro económico generado por estas propuestas, así como las Ton CO₂ eq reducidas al implementar esas medidas de mitigación:

Tabla 23. Ahorro anual y Ton CO₂ reducidas con las alternativas de generación de energía eléctrica.

TIPO DE ENERGÍA	ALTERNATIVAS	TIEMPO DE VIDA PROYECTO (AÑOS)	EMISIONES DE TON CO ₂ eq AHORRADAS	INVERSIÓN(\$)	AHORRO ANUAL
Energía Solar Fotovoltaica	Panel solar fotovoltaico monocristalino	25	37	\$ 466.092.900	\$ 59.012.510
	Panel solar fotovoltaico policristalino	25	34	\$ 396.450.048	\$ 54.138.074
	Panel solar fotovoltaico amorfo	25	16.3	\$ 384.588.691	\$ 25.900.678

TIPO DE ENERGÍA	ALTERNATIVAS	TIEMPO DE VIDA PROYECTO (AÑOS)	EMISIONES DE TON CO ₂ eq AHORRADAS	INVERSIÓN(\$)	AHORRO ANUAL
Energía Minieólica	Aerogenerador TECHNOSUN	20	2.2	\$ 66.931.662	\$ 3.558.696
	Aerogenerador SOUTHWEST	25	0.2	\$ 4.663.149	\$ 314.636
	Aerogenerador NEMO	23	0.1	\$ 2.061.237	\$ 113.138

Fuente: (Robayo & Ortiz,2014)

Las características técnicas, ambientales y económicas se encuentran detalladas en el mencionado proyecto, perteneciente al semillero GESEA.

Asimismo las medidas de mitigación propuestas, mencionadas en el capítulo 9, son objeto de evaluación a través de la curva de costos de abatimiento, por lo cual se describen parcialmente en este proyecto.

10. ALTERNATIVAS DE COMPENSACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DEL HUS.

Para la compensación de la huella de carbono organizacional del HUS, se plantearon 2 medidas de compensación de las toneladas de CO₂ eq emitidas, relacionadas con la siembra de árboles, adopción de cuencas y compra de bonos de carbono.

Además de las propuestas de mitigación descritas en el capítulo 9, se formulan alternativas de compensación para evaluar, cuáles de estas propuestas resultan ser más costos eficientes para el HUS.

10.1 ALTERNATIVA 1. PROGRAMA FORESTAL A TRAVÉS DE LA ADOPCIÓN DE ÁRBOLES EN LA CUENCA DEL RIO BOGOTÁ.

Con el apoyo de la fundación AL VERDE VIVO se adoptaran árboles nativos para la reforestación de la cuenca del rio Bogotá, contribuyendo así a la compensación de las emisiones de GEI emitidas por el HUS

10.1.2 Descripción del proyecto.

La fundación AL VERDE VIVO, desarrolla las siguientes actividades para la siembra de los arboles adoptados, los cuales se plantan a través de los programas ofrecidos por la fundación, los cuales consideran las siguientes actividades:

- Gestión para el terreno de siembra
- Traslado del árbol
- Preparación del terreno para la siembra
- Suministro de herramientas, plateo, ahoyado, riego, abonamiento, siembra, mano de obra
- Mantenimiento de por vida de los árboles
- Certificado virtual de adopción de la siembra, expedida por la Fundación.

Todas estas actividades las desarrolla la fundación, con el acompañamiento si se requiere de personal del HUS, contribuyendo así con la responsabilidad social de la organización además de la compensación de las emisiones de GEI. (Vivo, 2008)

}

Tabla 24. Costo de la compensación

Cantidad Árboles	Ton CO ₂ eq capturada/árbol	Costo por árbol
1 árbol	0.333	\$30.000

Fuente: (AL VERDE VIVO, 2014)

El dato de Ton CO₂ eq capturada por árbol, es suministrado por la fundación AL VERDE VIVO, con la cual se desarrollara las medidas de compensación planteadas.

Para el caso del Hospital en el 2013 se emitieron a la atmósfera, producto de las actividades del HUS **501.23 ton CO₂ eq**, las cuales se podrían compensar con la siembra de 1505 árboles.

Dato obtenido a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 6. Ecuación para compensación a través de árboles.

$$\frac{\text{ton CO}_2 \text{ eq emitidas por el HUS}}{\text{ton CO}_2 \text{ Capturada}} = \text{Número arboles a sembrar}$$

Es decir 501.23 Ton CO₂ eq se dividen por el factor de captura investigado en este caso 0.333 Ton CO₂ eq por árbol, y al aplicar la ecuación N 5 nos arroja, que utilizando ese factor de captura se necesitarían 1505 árboles para la compensación de la huella.

Tabla 25. Costo total alternativa 1

Número de arboles	Ton CO ₂ eq	Costo Total Alternativa 1
1505 arboles	501.23	\$ 45.150.000

Fuente: Autores

La inversión de este proyecto sería de \$45.150.000 pesos colombianos al multiplicar el número de árboles a sembrar por el valor unitario del mismo.

10.2 ALTERNATIVA 2. MANTENIMIENTO DE BOSQUE ALTO ANDINO.

Para la reducción del costo unitario de la siembra de cada árbol, la fundación ofrece una segunda oportunidad de compensación, en este caso el mantenimiento del bosque alto andino sembrado, se adoptarían 1.050 árboles dado que se emplea el mismo factor de emisión y estos tienen un costo de \$15.050.000 millones de pesos; los cuales compensarían el 100 % de las emisiones emitidas en el año 2013.

En este caso el costo unitario por árbol sería de \$10.000 pesos que incluye el costo de mantenimiento, registro fotográfico y certificado de adopción.

Tabla 26. Costo alternativa 2

No. De arboles	Costo de mantenimiento por individuo	Costo total Propuesta
1505	\$10.000	\$15.050.000

Fuente: Autores

10.3 ALTERNATIVA 3. COMPRA DE CERTIFICADO VCS

A través de la ONG Cero CO₂, se propone la compra de un bono de carbono, apoyando el proyecto **CONSERVACION DE LA AMAZONIA EN MADRE DIOS EN PERÚ.**

10.3.1 Descripción del Proyecto

La Amazonía se encuentra en gran riesgo de deforestación, especialmente después de la construcción de la carretera transoceánica que atraviesa la selva. Los recursos actuales no son suficientes para controlar adecuadamente la selva del Amazonas y protegerla de los agricultores, ganaderos y taladores ilegales que la invaden atraídos por el gran valor y fácil acceso de sus especies forestales. El Proyecto REDD - Conservación de Madre de Dios en la Amazonia va a reducir dramáticamente esta deforestación, incrementando la vigilancia de la selva, y a través de beneficios a las comunidades locales. El proyecto REDD ha sido doblemente validado por dos de los estándares más prestigiosos del Mercado Voluntario de carbono (MVC): Verified Carbon Standard (VCS) y Climate Community and Biodiversity Standard (CCBS). El primer estándar se encarga de validar el número de absorciones de CO₂ que genera el proyecto (créditos de carbono), mientras que CCBS valida la contribución del proyecto a la mejora de los aspectos sociales y ambientales en la zona. Su contribución al desarrollo sostenible de la zona le ha permitido conseguido la "Calificación gold" de CCBS. Además, para garantizar la transparencia el proyecto está registrado en Markit Environmental Registry. (CEROCO2, S.F)

10.3.2 Toneladas de CO₂ equivalente a compensar

Las toneladas de CO₂ equivalente a compensar son las del año 2013 que corresponden a 501,23, compensación que se calculó a través de la página web de Cero CO₂ como se muestra en las siguientes ilustraciones:



Ilustración 10. Proyecto de Compensación

Fuente: (CEROCO2, S.F)

Para este proyecto la tonelada de CO₂ compensada tiene un costo de 8 Euros, se realiza la conversión de Euros a Pesos Colombianos, teniendo en cuenta que para la fecha el valor de 1 Euro corresponde a \$2553,10 pesos. (Colombia, 2014)

Tabla 27. Conversión de Euros a Pesos

Ton CO ₂ eq	Euros	Pesos Colombianos
1	8	20472.78

Fuente: Autores

Asimismo los costos de la compensación en pesos Colombianos de 501,23 Ton CO₂ eq se obtendría de la siguiente manera:

$$501,23 \text{ tonCO}_2 \text{ eq} * 20472,78 = \$ 10.261.571,5 \text{ COP}$$

Ecuación 7. Valor de Compensación en Pesos Colombianos

El costo de la compensación total sería de \$10.261.571,5 millones de pesos obteniendo un certificado VCS. Que corresponde al mercado Voluntario de reducción de emisiones.

10.4 ALTERNATIVA 4. COMPRA DE CERTIFICADO MADERABLE ICONTEC

A través de la ONG CO₂ CERO y sus programas forestales maderables certificado por el ICONTEC, se podría realizar la compra de este certificado para los árboles necesarios para la compensación de la huella de carbono del HUS, asumiendo como factor de captura el dato suministrado por la fundación Al verde Vivo. Y que para este caso se necesitarían 1505 árboles para la compensación de la huella total de la organización.

Tabla 28. Factor de captura por árbol

No. Arboles	ton CO ₂ eq compensada
1	0.333

Fuente: Al Verde Vivo

De esta manera en la tabla No.30 Se relaciona el valor de la alternativa propuesta.

Tabla 29. Costo total Alternativa 4

No. De Arboles	Costo de Certificado por individuo maderable	Ton CO ₂ eq a compensar	Costo total alternativa 4
1505	\$12.000	501.23	\$18.060.000

Fuente: Autores

Para esta alternativa de compensación también se empleó el factor de captura de la fundación AL VERDE VIVO, aunque las ton CO₂ eq capturadas pueden variar, de una ONG a otra. Sin embargo no se contó con el factor de captura de esta propuesta por lo cual se empleó el suministrado por Al Verde Vivo.

En Colombia hasta ahora se están empezando a desarrollar programas que se asocian a los mercados de reducción de emisiones, desarrollados por el ICONTEC.

Tabla 30. Resumen propuestas de compensación.

Propuesta	Inversión	Ton CO ₂ eq compensadas
Programa forestal a través de la adopción de árboles en la cuenca del rio Bogotá.	\$ 45.150.000	501.23
Mantenimiento de bosque alto andino.	\$15.050.000	
Compra de certificado VCS	\$ 10.261.571	
Compra de certificado maderable ICONTEC.	\$18.060.000	

11. CURVA DE COSTOS DE ABATIMIENTO

Las curvas de costo de abatimiento de gas invernadero, proporcionan una base cuantitativa para las discusiones sobre qué acciones serían las más efectivas en reducir las emisiones y lo que podrían costar. Proporcionan un mapa global de las oportunidades para reducir las emisiones de gases invernaderos. (Valenzuela, 2010).

Es una representación gráfica de los costos de abatimiento de una cartera de opciones de mitigación junto a sus potenciales de mitigación, en ella se pueden observar las distintas opciones ordenadas ascendentemente de acuerdo al costo unitario de abatimiento. De esta forma la curva presenta de forma sintética la información relevante para poder evaluar y comparar los efectos de distintas medidas, considerando además que estas pueden ser agrupadas sectorialmente (Clerc, Díaz, & Campos, 2013).

Para el desarrollo de la curva de abatimiento se emplearon las alternativas de mitigación de eficiencia energética y de generación alternativa de energía eléctrica, mencionada anteriormente en la tabla No. 11 y medida de compensación propuestas en el capítulo 10 de este proyecto a desarrollarse en el HUS.

Esta es una adaptación de la curva de costos de abatimiento ya que se incluye dentro de la evaluación las medidas de compensación propuestas.

Para el caso de la evaluación de las medidas de mitigación se empleó la ecuación N. 8 presentada a continuación:

Ecuación 8. Evaluación mitigación 2014

$$\text{Mitigación 2014} = \frac{(\text{Inversión/No. Años}) - \text{ahorro anual}}{\text{Emisiones anuales mitigadas}}$$

Para la evaluación de las medidas compensación se empleó la siguiente ecuación en donde se consideran como datos de evaluación, la inversión y las emisiones compensadas:

Ecuación 9. Evaluación compensación 2014

$$\text{Compensación 2014} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Emisiones compensadas}}$$

Las ecuaciones 8 y 9 se aplicaron a las propuestas mencionadas en los capítulos 9 y 10 de este proyecto, para el desarrollo de la curva de costos de abatimiento.

Al aplicar las ecuaciones obtenemos los costos de las toneladas de las emisiones mitigadas o compensadas, para cada una de las propuestas, son los siguientes:

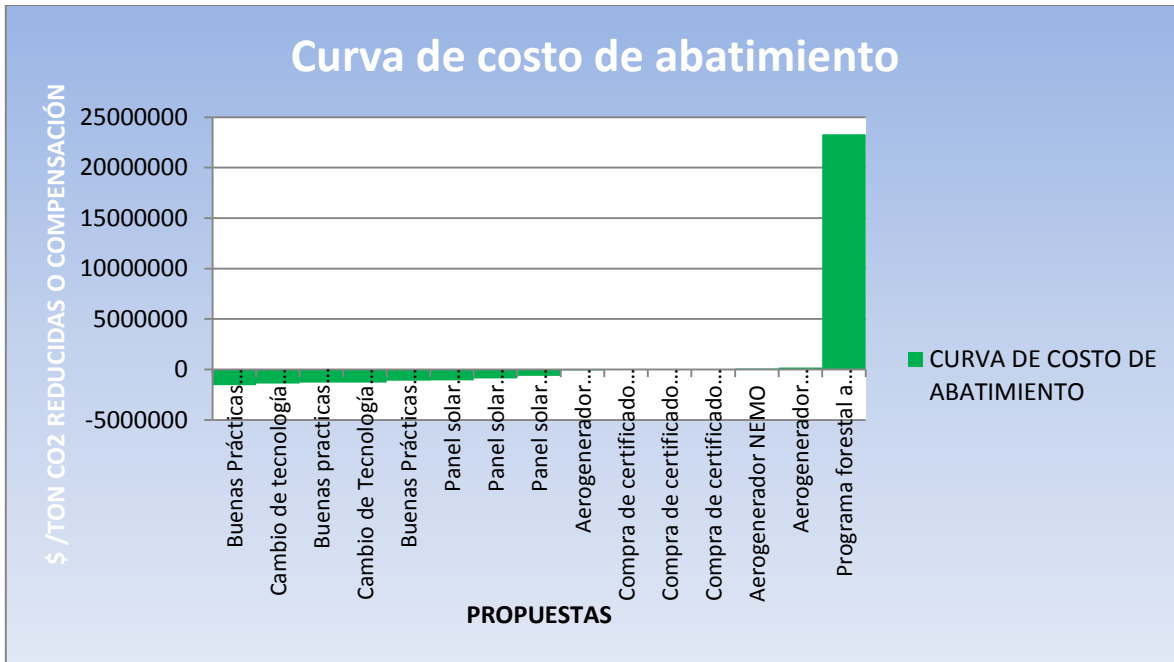
Tabla 31. Costos de las emisiones de las Ton CO2 eq reducidas o compensadas.

PROPUESTAS	\$/Ton CO2 eq reducidas o compensadas
Reemplazo de Computadores	-900853,527
Buenas practicas Operativas Ahorradores	-1305744,146
Cambio de tecnología Iluminación Ahorradores	-1390509,32
Buenas Prácticas Operativas Tubos fluorescentes	-1546862,084
Cambio de Tecnología Iluminación tubos T8,	-1297405,566
Buenas Prácticas Operativas en Ascensores	-1572885,294
Panel solar fotovoltaico monocristalino	-1091048,486
Panel solar fotovoltaico policristalino	-1125884,473
Panel solar fotovoltaico amorfo	-645222,7215
Aerogenerador TECHNOSUN	-96414,95455
Aerogenerador SOUTHWEST	184952,78
Aerogenerador NEMO	88487,62
Programa forestal a través de la adopción de árboles en la cuenca del rio Bogotá,	\$ 90.078
Mantenimiento de bosque alto andino,	\$ 30.026
Compra de certificado VCS	\$ 20.473
Compra de certificado maderable ICONTEC,	\$ 36.031

Para graficar a curva de abatimiento se deben organizar los costos de menor a mayor para la identificación de las alternativas más costo – eficientes.

A continuación se relaciona las alternativas y la evaluación costo eficiente en la gráfica N°11:

Gráfica 11. CURVA DE COSTOS DE ABATIMIENTO



FUENTE: Autores

Al obtener la curva de abatimiento de las propuestas de mitigación y compensación obtenemos que, las propuestas de mitigación son más viables de aplicar debido a que generan un ahorro en el transcurso del proyecto.

De igual forma se evidencia que las propuestas de eficiencia energética y/o buenas prácticas operativas reducen los costos de consumo de energía eléctrica.

Finalmente las medidas de compensación propuestas son las que mayor costo implican para la compensación total de las emisiones de GEI, en este caso el que mayor costo implica es el Programa forestal a través de la adopción de árboles en la cuenca del río Bogotá, siendo el más costoso de aplicar si de captura de CO₂ se trata.

12. CONCLUSIONES

- La huella de carbono estimada para el año 2013, siendo este el último año de estudio, es de 501. 23 Ton CO₂ eq, siendo los principales generadores de estas emisiones los consumos relacionados con energía eléctrica, térmica y consumo de agua en el Hospital Universitario La Samaritana E.S.E.
- En el enfoque del alcance se determinó delimitar que la huella de carbono no se cuantificaba para las sedes de Girardot y Zipaquirá.
- El alcance organizacional para la medición de la huella de carbono del HUS, en la sede de la ciudad de Bogotá con los lineamientos establecidos en la ISO 14.064 -1, el enfoque escogido es de control operacional.
- El consumo de gas natural es la actividad que más genera emisiones de gases efecto invernadero con un promedio de 83.01 TON CO₂ eq al año, por el contrario el consumo de agua es la actividad que menos aportes de emisiones hace a la atmosfera con un 20.06 TON CO₂ eq al año.
- A través de la revisión bibliográfica se contó con los factores de emisión de las actividades de GEI a cuantificar, dentro de los alcances operacionales, para electricidad, gas natural y agua, suministrados por la UPME, XM y la EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ.
- A través de la revisión bibliográfica se contó con los factores de emisión de las actividades de GEI a cuantificar, dentro de los alcances operacionales, para electricidad, gas natural y agua, suministrados por la UPME, XM y la EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ.
- Se proponen 4 medidas de compensación de emisiones de GEI enfocadas a la siembra, mantenimiento de árboles y apoyo a la conservación de la amazonia peruana para la obtención de un certificado VCS.
- Se deben evaluar otras medidas de mitigación, diferentes a las que se asocian al consumo de energía eléctrica, ya que las emisiones directas principalmente provienen del consumo de energía térmica, cuyo consumo tiene una tendencia de aumento con relación al tiempo, por lo tanto es de gran importancia tener en cuenta medidas asociadas a esta actividad.

- La curva de costo de abatimiento para la valoración de las propuestas de mitigación y compensación arrojaron como resultado que las medidas de mitigación propuestas generan en el transcurso del proyecto más ahorros económicos al HUS.

13. RECOMENDACIONES

- Es importante incluir dentro de la determinación de huella de carbono organizacional, las actividades que fueron excluidas debido a la información limitada de los consumos asociados a dichas actividades, de esta manera poder realizar un acercamiento más específico del cálculo de las emisiones generadas por el hospital, ya que algunas de estas actividades como los refrigerantes, emiten gases efecto invernadero como los Hidrofluorcarbonos HFC, que tienen un potencial de calentamiento global bastante significativo.
- Aunque la tendencia de la huella de carbono es que ha disminuido en el último año de estudio, es importante mantener dicha tendencia, apoyándose en las medidas de mitigación y compensación que el HUS implemente.
- Ensayar la valoración con alternativas distintas a mitigación y compensación, dado que se tendría un campo mayor de acción al momento de hacerla en la curva de costo de abatimiento, de esta manera buscar con mayor profundidad las medidas más óptimas para la minimización del impacto ambiental.

14. BIBLIOGRAFÍA

- AL VERDE VIVO. (2014). *Adopta un árbol*. Recuperado el 2014, de <http://www.alverde vivo.org/pon-tu-semilla/adopta-un-arbol>
- Baez, O. (2011). PROURE, Plan de acción indicativo (2010-2015). Ministerio de Minas y Energía. Colombia.
- Boulognebillancour & AlternConsult. (2010). *GUIDE METHODOLOGIQUE Introduction et facteurs d'émission*. Francia.
- Briceño, J., & Romero, L. (2014). "DIAGNOSTICO DE LA ENERGIA ELECTRICA UTILIZADA EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO LA SAMARITANA Y FORMULACIÓN DE PROPUESTAS DE EFICIENCIA ENERGETICA". Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Escuela Colombiana de Carreras Industriales.
- BSI GROUP & GREENHOUSE GAS PROTOCOL . (s.f.). www.ghgprotocol.org. Obtenido de <http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/GHG%20Protocol%20PAS%202050%20Factsheet.pdf>
- BSI GROUP. (2011). *BRITISH ESTANDAR INSTITUTION*. Obtenido de PAS 2050: <http://www.bsigroup.es/es/certificacion-y-auditoria/Sistemas-de-gestion/Biblioteca-de-BSI/Area-de-Sostenibilidad/LD-News-Source-/PAS-2050---Verificacion-de-la-Huella-de-Carbono-/>
- Caballero, M., Lozano , S., & Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático; una perspectiva desde las ciencias de la Tierra. (U. N. (UNAM), Ed.) *Revista digital universitaria*, 8(10), 5.
- CCA . (S.F). *Centros Comunitarios de Aprendizaje*. Obtenido de Coeficiente de Pearson: http://www.cca.org.mx/cca/cursos/estadistica/html/m14/coef_pearson.htm
- CEPAL. (2010). Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales aplicaciones en América Latina. . Brasil : Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- CEROCO2. (S.F). *PROYECTOS DE COMPENSACIÓN*. Recuperado el 2 de 08 de 2014, de http://www.ceroco2.org/index.php?option=com_proyecto&view=detalle&proyecto=11&Itemid=54
- Ciesla, W. (1996). CAMBIO CLIMATICO, BOSQUES Y ORDENACIÓN FORESTAL. UNA VISIÓN EN CONJUNTO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Clerc, J., Díaz, M., & Campos, B. (2013). Banco Interamericano de Desarrollo. *Desarrollo de una metodología para la construcción de curvas de abatimiento de emisiones GEI incorporando la incertidumbre asociada a las principales variables de mitigación*. Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo.
- CONGRESO DE COLOMBIA. (2001). LEY 697 DE 2001. COLOMBIA.
- CONGRESO DE COLOMBIA. (13 de 05 de 2014). *LEY 1715*. Obtenido de <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Leyes/Documents/LEY%201715%20DEL%2013%20DE%20MAYO%20DE%202014.pdf>

- Congreso de Colombia. (2014). LEY 1715 DE 2014. Bogotá, Colombia.
- Corporación autonoma regional de Cundinamarca. (s.f.).
- CUESTIONARIO DE CAMARA . (2012). Proposición N° 003 de Julio de 2012 y 010 de Julio 26. BOGOTÁ: Congreso de la Republica.
- EAAB. (2011). EXPERIENCIA EN EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO CORPORATIVA EAB-ESP – AÑO BASE 2011. Bogotá , Colombia: Empresa de Acueducto y alcantarillado de Bogotá.
- EAAB. (2011). INFORME DE SOSTENIBILIDAD FINAL . Bogotá: Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá. .
- ECODES. (2009). *www.ecodes.org*. (s. d. Sostenible, Ed.) Recuperado el 2014 de 08 de 18, de <http://www.ecodes.org/cambio-climatico-y-ecodes/marco-internacional-protocolo-de-kyoto#.VA9MiPI5M74>
- EPA. (2013). *United States Environmental Protection Agency*. Recuperado el 13 de 08 de 2014, de <http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/global.html>
- FERNANDEZ-VITORA, V. C. (1995). *GUIA METODOLOGICA PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL*. Madrid, España: Mundiprensa.
- Finanzas Carbono . (2014). <http://finanzascarbono.org/>. Recuperado el 24 de 08 de 2014, de <http://finanzascarbono.org/mercados/mercado-voluntario/acerca/estandares/>
- FUNDACIÓN NATURA. (2008). *Envigado, primer Municipio CarbonoCero*. Obtenido de <http://www.natura.org.co/generales/envigado-primer-municipio-carbonocero.html>
- GCE. (S.F). GRUPO CONSULTIVO DE EXPERTOS SOBRE LAS COMUNICACIONES NACIONALES DE LAS PARTES NO INCLUIDAS EN EL ANEXO I DE LA CONVENCIÓN. *MANUAL SOBRE EL SECTOR DE LA ENERGÍA : Emisiones Fugitivas* .
- GENERALITAT DE CATALUNYA . (2012). Comisión Interdepartamental del Cambio Climático. *GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)*. Cataluña, España: Oficina Catalana del Canvi Climatic.
- Godoy, N. (16 de 12 de 2009). Mecanismos del protocolo de Kioto: Desarrollo y oportunidades para Argentina. Argentina: Bolsa de Comercio del Rosario.
- GREEN FACTS. (07 de 2014). *Facts on Health and the Enviroment* . Recuperado el 17 de 08 de 2014, de <http://www.greenfacts.org/es/glosario/def/forzamiento-radiativo.htm>
- HOSPITAL LA VICTORIA E.S.E. (27 de 04 de 2014). *Hospital Verde*. Recuperado el 01 de 09 de 2014, de Informe Huella de Carbono: <http://www.esevictoria.gov.co/joomla31/index.php/nuestra-institucion/hospital-verde/huella-de-carbono>
- HOSPITAL UNIVERSITARIO LA SAMARITANA. (2014). *Quienes somos*. Recuperado el 17 de 02 de 2014, de <http://www.hus.org.co/index.php?idcategoria=68>
- Hurd, K. (S.F). *LA HUELLA DE CARBONO RELACIONADA CON EL CALENTAMIENTO GLOBAL*. Recuperado el 17 de 08 de 2014, de http://www.ehowespanol.com/huella-carbono-relacionada-calentamiento-global-info_270290/
- IPCC. (2014). *COMUNICADO DE PRENSA DEL IPCC: LAS EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO SE ACELERAN A PESAR DE LAS MEDIDAS PARA*

- REDUCIR LAS*. Génève, Suiza : MIEMBROS DEL PANEL GUBERNAMENTAL DEL CAMBIO CLIMATICO.
- IPCC. (13 de Abril de 2014). *MIEMBROS DEL PANEL GUBERNAMENTAL DEL CAMBIO CLIMATICO*. Obtenido de www.ipcc-w3.de/Members/edenhofer/
- ISO . (2006). *Gases de efecto invernadero*. . ICONTEC .
- ISO. (2007). Requisitos para los organismos de validación y verificación de gases de invernadero para el uso en la acreditación u otras formas de reconocimiento. the International Organization for Standardization.
- ISO. (2011). 5001. *SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA*.
- ISO 9001. (2008). Sistema de gestión de la calidad (SGC). *SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD*. ICONTEC.
- ISOLARI. (2014). *Paneles solares, instalaciones y mantenimiento*. Recuperado el 2014, de Tipos de placas fotovoltaicas: <http://www.isolari.es/tipos-de-placas-fotovoltaicas>
- MILIARIUM. (2008). *Ingeniería Civil y Medio Ambiente*. Recuperado el 2014, de Energía solar [fotovoltaica: http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/Energia/EnergiasRenovables/EnergiaSolarFotovoltaica.asp](http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/Energia/EnergiasRenovables/EnergiaSolarFotovoltaica.asp)
- MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (29 de 12 de 2010). *Resolución 2734 de 2010* . Recuperado el 2014, de <http://www.ambientalex.info/normasnal/Resolucionmavdt2734de2010.pdf>
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL . (25 de 03 de 2009). *RESOLUCIÓN 0551 DE 2009*. Recuperado el 2014, de <http://diario-oficial.vlex.com.co/vid/evidencias-invernadero-optan-limpio-mdl-54677656>
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (31 de 12 de 2010). *RESOLUCIÓN 2733 DE 2010*. Recuperado el 2014, de http://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambientevdt_2733_2010.htm
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA . (23 de 05 de 2007). *RESOLUCION 180740 DE 2007*. Recuperado el 2014, de http://www.avancejuridico.com/actualidad/documentosoficiales/2007/46637/r_mme_180740_2007.html
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA . (2 de 06 de 2010). *RESOLUCIÓN 18 - 0919 DE 2010*. Recuperado el 2014, de faolex.fao.org/docs/texts/col95173.doc
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. (29 de 12 de 2010). *RESOLUCIÓN 182544*. Obtenido de basedoc.superservicios.gov.co/.../ServletControl;...182544_2010...
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. (30 de 09 de 2011). *APLICACIÓN DE LA NORMA ISO 50001*. Colombia: SENA.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. (2011). *RESOLUCIÓN 18173* . Obtenido de http://www.minminas.gov.co/minminas/kernel/usuario_externo_normatividad/form_consultar_normas.jsp?parametro=2460&site=18
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍAS & UPME. (2006). *PLAN ENERGÉTICO NACIONAL 2006-2025*. Colombia: Subdirección de Planeación Energética.
- Naciones Unidas . (1992). *CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMATICO*.

- NATURA, F. (2009). *CarbonoCero certifica el compromiso ambiental de Ecopetrol*. Obtenido de <http://www.natura.org.co/generales/carbonocero-certifica-el-compromiso-ambiental-de-ecopetrol.html>
- OMS & SALUD SIN DAÑO. (S.F). HOSPITALES SALUDABLES, PLANETA SALUDABLE, PERSONAS SALUDABLES. *Abordando el cambio climático en los establecimientos de salud*. Organización Mundial de la Salud.
- ONU. (2014). Portal de la Labor del Sistema de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático.
- ortiz, C. R. (2014). ANALISIS DE PREFACTIBILIDAD TECNICA, ECONOMICA Y AMBIENTAL PARA LA GENERACION ALTERNATIVA DE ELECTRICIDAD EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO LA SAMARITANA.
- Ortiz, S. L., & Robayo, C. R. (2014). "ANALISIS DE PREFACTIBILIDAD TECNICA, ECONOMICA Y AMBIENTAL PARA LA GENERACION ALTERNATIVA DE ELECTRICIDAD EN EL HOSPITAL UNIVERSITARIO LA SAMARITANA". Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Carreras Industriales.
- Peres, F., & Pao, S. (2011). ENTENDIENDO LOS REQUISITOS DE LA VERIFICACIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO. BRASIL: SGS (Société Générale de Surveillance).
- PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. (22 de 06 de 2007). *DECRETO 2331 DE 2007*. Recuperado el 2014, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=25479>
- Ramírez , C. (2007). El Mercado de los CER´s, una Alternativa Rentable y Sostenible. *M&M El mueble y la madera* , 40-41.
- SALUD SIN DAÑO. (8 de 10 de 2011). *AGENDA GLOBAL PARA HOSPITALES VERDES Y SALUDABLES*. Obtenido de Un marco integral de salud ambiental para los hospitales y los sistemas de salud de todo el mundo: <http://www.hospitalesporlasaludambiental.net/wp-content/uploads/2011/10/Agenda-Global-para-Hospitales-Verdes-y-Saludables.pdf>
- Santos, C., Gomez , A., & Ortega, S. (2010). Colombia: Hacia una economía baja en carbono. Bogotá, Colombia: ANDI (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia).
- Schneider, H., & Samaniego , J. (2009). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL .
- SEDEMA. (S.F). Secretaría del Medio Ambiente. *DISTRITO FEDERAL: UNA ESTRATEGIA LOCAL DE ACCIÓN CLIMÁTICA*. Distrito Federal, México.
- Seeberg-Elverfeldt, C. (2010).] LAS POSIBILIDADES DE FINANCIACIÓN DEL CARBONO PARA LA AGRICULTURA, LA ACTIVIDAD FORESTAL Y OTROS PROYECTOS DE USO DE LA TIERRA EN EL CONTEXTO DEL PEQUEÑO AGRICULTOR CAPITULO 2 . Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- SGS. (01 de 03 de 2012). *ISO 14064 E INVENTARIOS DE GEI*. Recuperado el 11 de 06 de 2013, de <http://www.sgs-latam.com/es-ES/Local/LATAM/News-and-Press-Releases/2012/03/ISO-14064-e-Inventarios-de-Gei.aspx>

- SUMMA. (2014). Costa Rica: Hospital Clínica Bíblica recibe declaratoria Carbono Neutral. *Revista SUMMA*, 1.
- Tarboton, D., Bras, R., & Rodriguez-Iturbe. (1991). *On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data. Hydrological Processes*. (Vol. 5).
- THE GREENHOUSE PROTOCOL. (2012). www.ghgprotocol.org. Recuperado el 2014 de 08 de 18, de <http://www.ghgprotocol.org/>
- UNED. (11 de 06 de 2013). *UNED BIBLIOTECA VIRTUAL ENERGÍA Y DESARROLLO SOSTENIBLE*. Recuperado el 26 de 10 de 2013, de <http://www.uned.es/biblioteca/energiarenovable3/impacto.htm>
- UNFCCC . (2014). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Obtenido de Protocolo de Kyoto, Información básica.: https://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php
- UNFCCC. (1992). CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMATICO. Organización de las Naciones Unidas.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. (S.F). *Dirección Nacional de Innovación Académica*. Recuperado el 05 de 09 de 2014, de Probabilidad y Estadística: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2001065/html/un1/cont_139_39.html
- UPME FECOC . (2013). <http://www.siame.gov.co/>. Recuperado el 26 de 06 de 2014, de <http://www.siame.gov.co/Inicio/C%C3%A1lculofactordeemisi%C3%B3n/tabid/77/Default.aspx>
- Valencia, F. L. (12 de 12 de 2009). Bonos de Carbono: Negocio ambiental para países industrializados. *UNperiodico*, pág. 1.
- Valenzuela, P. (2010). Curvas de abatimiento de CO2. Seminario de Electrónica Industrial, Primer Semestre 2010 .
- vicente. (2011). *EL TAO DE LA FISICA*. Recuperado el 26 de 08 de 2014, de <http://vicente1064.blogspot.com/2011/03/5-ejemplos-sencillos-sobre-la.html>
- Wiedmann, T., & Jan Minx. (2007). Definition of 'Carbon Footprint'. ISA Reino Unido Research Report. 07-01. Reino Unido: Research & Consulting.
- XM. (2013). <http://www.xm.com.co/>. Recuperado el 26 de 06 de 2014, de Emisiones de Dióxido de Carbono de las plantas de generación despachadas centralmente en Colombia durante 2013: <http://www.xm.com.co/Pages/Emisiones-de-Di%C3%B3xido-de-Carbono-de-las-plantas-de-generaci%C3%B3n-despachadas-centralmente-en-Colombia-durante-2013.aspx>