

CAMPUS VERDES: REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

RUTH NATALIA ANGARITA TARAZONA

CARLOS HUMBERTO CORDERO HERRERA

JUAN MOISES REALES OSPINO

GILBERTO ALONSO VERA PABÓN



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES

BUCARAMANGA

2014

CAMPUS VERDES: REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

RUTH NATALIA ANGARITA TARAZONA
CARLOS HUMBERTO CORDERO HERRERA
JUAN MOISES REALES OSPINO
GILBERTO ALONSO VERA PABÓN

Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Electricista

DIRECTOR
GABRIEL ORDÓÑEZ PLATA
Ingeniero Industrial, Ph.D

CODIRECTORES
JUAN MANUEL REY LÓPEZ
Ingeniero Electricista

PEDRO PABLO VERGARA BARRIOS
Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2014

A mi familia por su apoyo y comprensión durante esta etapa universitaria que
culmina con este proyecto.

A mis amigos y todas las personas que he tenido el gusto de conocer puesto que
por pequeña o irreverente que parezca su huella en mi vida, me han llevado a ser
quien soy y por lo tanto han contribuido con este logro.

A Santiago Piñeros.

RUTH

A mis padres por brindarme su apoyo incondicional para superar todos los obstáculos que tuve a lo largo de la carrera y a mis hermanas por su comprensión y cariño.

CARLOS

Principalmente a Dios que nunca desamparo ninguno de mis pasos en esta trayectoria universitaria.

A mis padres que sin importar el lugar o el momento siempre me han apoyado y respaldado con gran amor.

A mis hermanos que desde cualquier parte del mundo me han brindado su apoyo incondicional y a todos aquellos amigos que de una u otra forma compartieron de su valioso tiempo con migo.

Y a la familia Castellanos Bautista que me recibió con un hijo más en su hogar.

JUAN MOISES

A mi madre María Isabel, la razón de mi vivir, que con su paciencia, esfuerzo y sacrificio, me dio la fortaleza para no desfallecer y cumplir este sueño. Este triunfo es más suyo que mío.

A mi padre Gilberto, por ser ese amigo incondicional que me supo brindar el entusiasmo y la alegría en los momentos de dificultad.

A Manuel Iván, que con su ejemplo y su apoyo fue fundamental en mi crecimiento personal, académico e intelectual.

GILBERTO ALONSO

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a la Universidad Industrial de Santander y a la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones por acogernos como estudiantes y apoyarnos en nuestra formación como ingenieros electricistas.

A nuestro director de proyecto de grado, Dr. Gabriel Ordoñez Plata, por guiarnos y asesorarnos durante la realización de este proyecto. Igualmente, agradecemos a nuestros codirectores de proyecto de grado, a los ingenieros Juan Manuel Rey López y Pedro Pablo Vergara Barrios, por su paciencia y acompañamiento en cada una de las etapas de este proyecto.

A nuestros familiares y amigos, por su inagotable apoyo.

CONTENIDO

INTRODUCCION

1.	CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE CAMPUS VERDE.....	31
1.1.	DESARROLLO SOSTENIBLE: Antecedentes.....	31
1.2.	¿QUÉ ES EL DESARROLLO SOSTENIBLE?.....	34
1.3.	DIMENSIÓN ECONÓMICA.....	36
1.4.	DIMENSIÓN AMBIENTAL.....	37
1.5.	DIMENSIÓN SOCIAL.....	39
1.6.	RELACIÓN ENTRE CAMPUS VERDE Y SOSTENIBILIDAD.....	43
1.7.	NORMATIVIDAD Y CERTIFICACIÓN.....	45
2.	METODOLOGÍAS DE CERTIFICACIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL PARA CAMPUS VERDES....	48
2.1.	GLOBAL REPORTING INICIATIVE – GRI.....	50
2.1.1.	Estado de las universidades frente al Global Reporting Initiative.	51
2.2.	ECO-MANAGEMENT AND AUDIT SCHEME – EMAS.....	53
2.3.	THE SUSTAINABILITY TRACKING ASSESSMENT & RATING SYSTEM – STARS.....	56
2.4.	CAMPUS SUSTAINABILITY ASSESSMENT FRAMEWORK – CSAF.....	58
2.5.	INTERNATIONAL SUSTAINABLE CAMPUS NETWORK - GLOBAL UNIVERSITY LEADER FORUM ISCN – GULF.....	59
2.6.	NORMAS ISO 14031 y 14001.....	61
2.6.1.	Indicadores de Desempeño Ambiental (IDA).....	62
2.6.2.	Indicadores de Calidad Ambiental (ICA).....	63
2.7.	OTRAS HERRAMIENTAS DE SOSTENIBILIDAD.....	65
2.8.	SONDEO GENERAL DE COSTOS Y MEMBRESÍAS.....	68
3.	MARCO NORMATIVO.....	72
3.1.	ANTECEDENTES.....	72
3.2.	CONSTITUCIÓN.....	72
3.3.	TRATADOS Y CONVENIOS INTERNACIONALES.....	73
3.4.	LEGISLACIÓN AMBIENTAL APLICABLE A LA UIS.....	75
3.5.	NOTAS FINALES DE LA SECCIÓN.....	76
4.	CERTIFICACIONES.....	78

4.1.	VALORACIÓN DE EFICIENCIA DE REFERENCIA DE EDIFICIOS, VERDE (GBCE)	79
4.2.	LEADERSHIP IN ENERGY & ENVIRONMENTAL DESIGN. LEED (USGBC).....	82
4.3.	BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT ENVIRONMENTAL ASSESSMENT. BREEAM (BRE GROUP).....	86
4.4.	GREEN STAR (GBCA).....	91
4.5.	COMPREHENSIVE ASSESSMENT SYSTEM FOR BUILDING ENVIRONMENTAL EFFICIENCY. CASBEE (IBEC).....	92
4.6.	NOTAS FINALES DE LA SECCIÓN.....	97
4.7.	POSIBLES APLICACIONES EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL SANTANDER.....	100
5.	DIAGNÓSTICO DEL CAMPUS UIS.....	101
5.1.	EDUCACIÓN	103
5.2.	INVESTIGACIÓN.....	104
5.2.1.	Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM.	105
5.3.	OPERACIÓN.....	107
5.3.1.	Gestión Ambiental.	107
5.3.1.1.	Programa de calidad de aire y ruido.	107
5.3.1.2.	Programa de flora y fauna.	107
5.3.1.6.	Uso Eficiente del Agua.....	109
5.3.2.	Proyecto SUMA.....	109
5.3.3.	Infraestructura.....	109
5.4.	ALIANZAS.....	110
5.4.1.	Consejo Colombiano de Construcción Sostenible.....	110
5.4.1.1.	Aliados institucionales.	111
5.5.	CERTIFICACIÓN LEED EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.....	112
5.6.	ISO 50001	115
5.6.1.	Organización Internacional de Estandarización.	115
5.6.2.	Sistema de Gestión.	115
5.6.3.	Gestión Energética.....	116
5.6.4.	SGEn Sistema de Gestión de la Energía.	116
5.6.5.	Modelo del SGEN para la ISO 50001.	116
5.7.	NORMA ISO 50001:2001	117

5.7.1.	Objetivos y beneficios de la implementación de ISO 50001.	117
5.7.2.	Metodología de la Norma.	118
5.7.3.	5 Pasos para la Implementación.....	119
5.8.	IMPORTANCIA DE LA NORMA.....	122
5.9.	RENDIMIENTO SUPERIOR DE ENERGÍA.....	123
5.10.	Algunas aplicaciones generales.....	124
5.10.1.	Coca-Cola Enterprises – United Kingdom.	125
5.10.2.	Northern Marine Management – United Kingdom/USA.	126
5.10.3.	Heritage Ahungalla Hotel – Sri Lanka.	127
5.11.	APLICACIONES ESPECÍFICAS EN UNIVERSIDADES.....	128
5.11.1.	University College Cork (UCC).	128
5.11.2.	Massachusetts Institute of Technology.....	130
5.11.3.	Sheffield Hallam University.	135
5.12.	DIFERENCIAS ENTRE LA ISO 14001, LEED Y ISO 50001.	137
5.13.	RECOMENDACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ISO 50001 EN CAMPUS UNIVERSITARIOS.....	138
6.	INVESTIGACION	139
6.1.	EDUCACIÓN Y SOCIALIZACIÓN: GENERALIDADES.....	139
6.2.	SOCIALIZACIÓN.....	143
6.2.1.	Posibles aplicaciones en la Universidad Industrial Santander.	145
6.3.	EDUCACIÓN Y SOCIALIZACIÓN: APLICACIONES	146
6.3.1.	Nottingham Advantage Award: Environmental Sustainability Project Management, Universidad de Nottingham.	146
6.3.2.	Masters in Engineering Science in Sustainable Energy, Colegio Universitario de Cork. ...147	
6.3.3.	Environmental Art Competition: Sustainable Depictions, Universidad de Connecticut.	148
6.3.4.	Masters of Science in Learning for Sustainability, Universidad de Plymouth.	149
6.3.5.	Campus as a Laboratory/Living Laboratory for Sustainability.	150
6.3.5.1.	Universidad de Melbourne.....	150
6.3.5.2.	Universidad de Cambridge.....	151

6.3.6.	Coursera y edX – Aprendizaje gratuito online, más de 100 universidades y organizaciones de todo el mundo.	152
6.3.7.	Taller de proyectos interdisciplinarios, Universidad Nacional de Colombia.	153
6.3.8.	ReYUse, Universidad de York.....	154
6.3.9.	Análisis.....	155
7.	ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA.....	156
7.1.	ORIENTACIÓN.....	159
7.2.	GEOMETRÍA	159
7.3.	ILUMINACIÓN NATURAL	161
7.3.1.	Evaluación de sistemas en operación.	163
7.3.2.	Sistema de control de iluminación.	164
7.3.3.	Simulación.	165
7.4.	VENTILACIÓN NATURAL.....	166
7.5.	MATERIALES.....	171
7.5.1.	Investigaciones en materiales con desempeño superior.	171
7.5.2.	Techos verdes.	173
7.6.	POSIBLES APLICACIONES EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.....	175
7.7.	APLICACIONES: ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA.....	177
7.7.1.	Centre for Sustainable Energy Technologies (CSET), Universidad de Nottingham, campus Ningbo, China.	177
7.7.2.	Western Gateway Building (WGB), Colegio Universitario de Cork.	180
7.7.3.	Genome Sciences Building, Universidad de Carolina del norte, sede Chapel Hill.	182
7.7.4.	Veterinary Medicine Research Facility 3B, Universidad de California, Davis.	184
7.7.5.	Sustainability Resource Center, Universidad de California, San Diego.	187
7.7.6.	Biochemistry Building (2009), Universidad de Oxford.	188
7.7.7.	Análisis.	191
8.	GENERACIÓN DISTRIBUIDA.....	195
8.1.	GENERALIDADES.....	195
8.1.1.	Características de la generación distribuida.	196
8.1.2.	Tecnologías de GD implementadas en universidades y proyectos de investigación	
	198	

8.1.2.1.	Experiencias significativas de GD en universidades.....	201
8.1.3.	Avances de la generación distribuida en Colombia.	205
8.2.	APLICACIONES: GENERACION DISTRIBUIDA.....	207
8.2.1.	Entorno de la generación distribuida.	207
8.2.2.	Políticas e importancia social de la GD en Colombia.	210
8.2.3.	Colombia Inteligente.....	210
8.2.4.	Generación distribuida en zonas no interconectadas.....	211
8.2.5.	Proyecto Luces para Aprender.....	212
8.2.6.	Casos de éxito de generación distribuida en zonas no interconectadas en Colombia. 213	
8.2.6.1.	Ejemplos representativos de GD y eficiencia energética en la industria colombiana.	214
8.2.6.1.1.	Caso Flores.....	214
8.2.6.1.2.	Parque Jepírachi.	215
8.2.6.1.3.	Central Hidromontañas.....	216
8.2.7.	Laboratorios de GD y redes inteligentes más relevantes en el mundo	217
8.4.	ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE.....	221
8.4.1.	Problemáticas medioambientales.	222
8.4.2.	Panorama energético.....	223
8.4.3.	Estado de la energía en Colombia.	227
8.4.4.	Aspectos ambientales de la generación de electricidad en Colombia.	228
8.4.	APLICACIONES: ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE	230
8.4.1.	Estrategias Nacionales.....	230
8.4.2.	Proure.	231
8.4.3.	Perspectivas de las Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE) en Colombia. . 232	
8.4.4.	Participación de las universidades colombianas.	233
8.4.5.	Solar Decathlon.	233
9.	MOVILIDAD EN UN CAMPUS VERDE	234
9.1.	TRANSPORTE.....	234
9.1.1.	Movilidad y Estacionamientos.	235

9.1.2.	Movilidad Sostenible.....	236
9.1.3.	Caminar y Peatonalizar.....	236
9.1.4.	La Bicicleta Como Símbolo De Sostenibilidad.....	236
9.1.5.	El Transporte Público Y Masivo, Un Reto.	238
9.1.6.	UNIVERSIDADES DEL MUNDO Y LA MOVILIDAD SOSTENIBLE	240
10.	ECONOMÍA Y PRESUPUESTO DE UN CAMPUS VERDE	242
11.	CONCLUSIONES.....	251
12.	RECOMENDACIONES	257
	CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....	259
	BIBLIOGRAFIA.....	312
	ANEXOS	323

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo genérico PHVA en el tiempo[87].	62
Figura 2. Categorías certificación CASBEE	97
Figura 3. Ciclo PDCA [183], [196].	119
Figura 4. Mejora de rendimiento [192]	124
Figura 5. Elementos que conforman un tubo solar [344].	161
Figura 6. Colector solar estático tipo T-CPC [67].	162
Figura 7. Componentes de un techo verde [367].	174
Figura 8. CSET, arquitectura pasiva del semisótano. A la izquierda, tragaluces y techo verde en el área sur [378] y a la derecha, fachada y entrada este, parcialmente en doble vidrio [379].	178
Figura 9. Aislamiento térmico y ventilación del edificio. A la izquierda, doble fachada del edificio [378] y a la derecha, ventilación natural de la edificación[381].	179
Figura 10. Iluminación natural en el WGB. A la izquierda, fachadas norte y oeste, principal y parcialmente en vidrio, respectivamente [387]. A la derecha, techo de vidrio del atrio [388].	180
Figura 11. Genome Sciences Building, a la izquierda la fachada este, donde se observa la disposición del piso al nivel del suelo, salientes verticales, invernadero y área de la fachada cubierta de vidrio [393]. A derecha, jardín al interior de la geometría en L [394].	184
Figura 12. Iluminación y ventilación natural en la Veterinary Medicine Reasearch Facility 3B. A la izquierda, fachada sur en color blanco y ventanas con repisas de luz exteriores [401], a la derecha, oficina con ventana operable y repisa de luz interior [400].	186
Figura 13. Sustainable Resource center, a la izquierda puede observarse el complejo del cual hace parte y los paneles solares que abastecen el sistema de	

iluminación [407]. A la derecha, el interior del centro y mobiliario en materiales verdes [408].....	188
Figura 14. Edificio de Bioquímica de la Universidad de Oxford. A la izquierda la entrada sureste, en los pisos superiores se aprecia las cortinas interiores para proteger contra la iluminación solar excesiva [414] . A la derecha, salientes verticales [415]......	190
Figura 15. Edificio de Bioquímica de la Universidad de Oxford. A la izquierda, techo en vidrio del atrio central [411]. A la derecha, renovación del aire entre el doble vidrio de la fachada sur [417].	191
Figura 16. Bomba de calor geotérmica, tipo vertical de bucle cerrado [421]	194
Figura 17. Evolución de las redes de distribución[496]......	208
Figura 18. Zonas no interconectadas en Colombia[507]	212
Figura 19. Instalaciones de Termoflores [517].	214
Figura 20. Ubicación del Parque eólico Jepirachi [525].	216
Figura 21. Centrales de Generación Distribuida en Colombia[527]......	217
Figura 22. Suministro de energía mundial estratificado por cada tipo de fuente energética[484].	225
Figura 23. Capacidad mundial de generación de electricidad por energías renovables entre los años 2000 y 2012[485].	226
Figura 24. Clasificación de países según el tipo de generación de electricidad con fuentes renovables hasta el año 2012[487]	226
Figura 25. Comparación entre tiempos relativos en la utilización de la bicicleta y los medios masivos de transporte [568].	239

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Universidades con informes de sostenibilidad y reportes ambientales	51
Tabla 2. Universidades con reportes de sostenibilidad completos publicados hasta el 2011.....	52
Tabla 3. Universidades con sistema de gestión ambiental reglamentados por el EMAS.	54
Tabla 4. Puntuación Mínima Requerida para cada clasificación	57
Tabla 5. Numero de Instituciones participantes y Clasificación para todas las versiones STARS. Información disponible solo para usuarios registrados STARS [23]	57
Tabla 6. Descripción de Instituciones STARS participantes. Información disponible solo para usuarios registrados STARS [23].	58
Tabla 7. Universidades españolas con sistemas de gestión ambientales basados en ISO 14001 y EMAS.....	64
Tabla 8. Principales fortalezas y debilidades de herramientas alternativas para la evaluación medioambiental en instituciones de educación superior [37].	66
Tabla 9. Herramientas de Evaluación de la sostenibilidad con sus posibles costos y campos de desarrollo o aplicación.	69
Tabla 10. Categorías de Impacto Certificación Verde	79
Tabla 11. Categorías certificación Verde	81
Tabla 12. Categorías de Certificación LEED	85
Tabla 13. Categorías de Certificación BREEAM.....	87
Tabla 14. Categorías de Certificación Green Star	92
Tabla 15. Categorías de Certificación CASBEE	97
Tabla 16. Consolidado de potencial certificación del complejo E3T con base en el estándar LEED (Tomado de “Uso Racional de la Energía a partir del Diseño de Aplicaciones Sostenibles en el Edificio Eléctrica II de la Universidad Industrial de Santander” por G. A. Osma Pinto, 2011, p. 67)	113
Tabla 17. Factores de dependencia para la Generación Distribuida [434].....	197

Tabla 18. Tecnologías utilizadas en la GD.	199
Tabla 19. Experiencias de GD en universidades.	201
Tabla 20. Objetivos propuestos por Colombia Inteligente [475].	211
Tabla 21. Casos de éxito de GD en ZNI [513].	213
Tabla 22. Laboratorios de GD en centros de investigación [530].	218
Tabla 23. Laboratorios de GD en la industria [538].	220
Tabla 24. Tipos de Energías [481].	223
Tabla 25. Impactos ambientales de la generación Hidroeléctrica y Termoeléctrica [492].	229
Tabla 26. Estrategias del estado respecto al medio ambiente [548].	231
Tabla 27. Apuestas en movilidad sostenible de algunas de las universidades más importantes en términos de sostenibilidad [571]	241
Tabla 28. iniciativas sostenibles en distintas universidades del mundo como alternativas para reducir costos [584]	245
Tabla 29. Datos sobre ahorro de universidades americanas relacionadas con políticas sostenibles	247
Tabla 30. Ahorros anuales en proyectos de conservación del campus en universidades americanas [582]	249

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Built Environment Efficiency (BEE)	93
--	----

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: Actas	324
ANEXO B: Evidencias	341
ANEXO C: Listas de Asistencia	346

RESUMEN

TÍTULO: CAMPUS VERDES: REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE.*

AUTORES: ANGARITA TARAZONA, Ruth Natalia
CORDERO HERRERA, Carlos Humberto
REALES OSPINO, Juan Moisés
VERA PABÓN, Gilberto Alonso **

PALABRAS CLAVE: Estado del arte, seminario investigativo, campus verde, universidad sostenible, campus sostenible, medio ambiente, implementaciones, educación, economía, energía.

DESCRIPCION.

Actualmente y desde la revolución industrial, el desarrollo de la humanidad ha estado ligado a explotación indiscriminada de recursos naturales, a partir de procesos que en su mayoría contaminan el ambiente. Adicionalmente, el estilo de vida consumista de la sociedad se traduce en un abuso al medio ambiente, puesto que no se da un uso racional de recursos como agua y electricidad; y se generan continuamente desechos que en su mayoría no son reciclados. Estos dos aspectos antes mencionados son solo las características más notables de una problemática que abarca cada actividad humana desde el transporte hasta la producción de alimentos: la contaminación y explotación de los recursos naturales. Como respuesta a esta situación insostenible y nada beneficiosa para la humanidad, nació el concepto del desarrollo sostenible, y de la integración de este concepto a las instituciones de educación superior nace el concepto de campus verde.

La tarea de crear un campus verde o integrar el concepto de desarrollo sostenible en una institución de educación superior implica un arduo trabajo en la transformación de sus actividades administrativas, educativas, operacionales y sociales. En este trabajo de grado llevado a cabo en la modalidad seminario investigativo, reconociendo la extensión y multidisciplinario del concepto, y brindando un enfoque energético dado el perfil de los autores. Inicialmente se estudia de manera global los conceptos básicos, alcance, características y metodologías de evaluación de un campus verde. Para posteriormente centrarse en las investigaciones e aplicaciones llevadas a cabo en diferentes universidades alrededor del mundo en las siguientes temáticas: energía, medio ambiente, generación distribuida, economía, presupuesto, transporte, educación, socialización y arquitectura bioclimática (en esta también se profundiza sobre ciertas certificaciones para edificaciones verdes). Finalmente, este estado del arte es analizado para brindar posibles aplicaciones en la Universidad Industrial de Santander.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director Dr. Gabriel Ordóñez Plata. Codirectores Ing. Juan Manuel Rey López e Ing. Pedro Pablo Vergara Barrios.

ABSTRACT

TITLE: GREEN CAMPUS: A REVIEW OF THE STATE OF ART.*

AUTHORS: ANGARITA TARAZONA, Ruth Natalia
CORDERO HERRERA, Carlos Humberto
REALES OSPINO, Juan Moises
VERA PABÓN, Gilberto Alonso **

KEYWORDS: State of art, research seminar, green campus, sustainable campus, sustainable university, environment, implementations, education, economy, energy.

DESCRIPTION

Nowadays and, since the industrial revolution, human development has been closely related with the exploitation of natural resources, exploitation that, by the most part, uses methods that pollute the environment. Additionally, our society is a consumer society; we do not make a rational use of resources like water or electricity, and loads of waste are generated every day. The aforementioned aspects are just the representation of a problematic that is part of every human activity from transportation to food production: pollution and exploitation of natural resources. As a response to this unsustainable reality, the concept of sustainable development was established; and the integration of this concept to the universities developed the concept of green campus.

In this degree work, we took into consideration that many different activities are carried out every day at a higher education institution (administrative, educational, operational, and other events); therefore, the creation of a green campus is multidisciplinary task. This degree work was carried out as a research seminar with an energy aspect focus given the background of the authors. In this degree work the basic concepts are initially studied, such as, the characteristics and the evaluation of a green campus. Then, the focus was shifted to the research and implementations that other universities around the world have developed: energy, environment, distributed generation, economy, budget, transportation, education, socialization, and bioclimatic architecture (In the last one, some certifications for green buildings are also studied). Finally, the state of art is reviewed in order to make some suggestions for future green implementations to transform the campus of the Industrial University of Santander into a green campus.

* Degree Work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Electrical, Electronics and Telecommunications Engineering. Director PhD. Gabriel Ordóñez Plata. Co-directors BS. Juan Manuel Rey López and BS. Pedro Pablo Vergara Barrios.

INTRODUCCION

El modelo de desarrollo mundial actual, no reconoce el impacto generado al planeta por la explotación de recursos, las industrias y la vida diaria, además continuamente se crean desigualdades que lastiman la calidad de vida. Esto llevó a un cambio global en la manera como entendemos nuestra relación con el ambiente [6-7]. A partir del documento Our Common Future, WCED¹ (1987) y la declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo, UNCED² (1992), se demanda la creación de modelos de desarrollo alternativos que aseguren la sustentabilidad ecológica y mejoren, a la vez, la calidad de vida de la población [8]. Esta demanda se ve plasmada en las instituciones de educación superior a través de la visión de un Campus Verde. El concepto de Campus verde busca crear conciencia y acciones a favor del medio ambiente como parte fundamental de la filosofía del campus universitario, es por esto que se busca fortalecer el desarrollo sostenible, entendido como el uso racional de los recursos naturales a fin de preservar el planeta como un hábitat para la vida de las generaciones futuras. Muchos de los problemas ambientales complejos que se relacionan con la sostenibilidad se encuentran en el centro de la agenda académica, social y económica.

La sostenibilidad es una filosofía y una forma de vida que tiene como objetivo la conservación de los recursos ambientales, sociales y económicos. En un campus universitario, la sostenibilidad puede ser incorporada a través de clases (responsabilidad ambiental como parte de la formación de sus estudiantes), investigación, actividades fuera de la aulas que fomenten en la vida universitaria una actitud con mayor compromiso hacia el medio ambiente (comunidad que asume activamente su compromiso con la sustentabilidad), políticas que

¹ World Commission on Environment and Development.

² United Nations Conference on Environment and Development.

modifiquen las actividades de la universidad para generar menos impacto al ambiente y, diferentes tecnologías y desarrollos verdes en energía renovable, conservación del agua, reciclaje y reducción del consumo de los diferentes recursos, entre otros. Analizar los tipos y funciones de desarrollo sostenible sobre los cuales la universidad, puede acumular indicaciones hacia el desarrollo sostenible [9].

Con este estado del arte se dejó estructurada las bases teóricas, se recopiló conceptos y posibles aplicaciones en la UIS de tecnologías en sus edificaciones, así como también la posible integración de una nueva visión de desarrollo sostenible en el perfil del profesional UIS. Además, se investigó acerca de sistemas de gestión que mejoren el manejo de recursos, con el fin que la UIS logre ser un campus sustentable.

El seminario de investigación tiene como tema central el estado del arte en Campus Verdes, en este se indagará sobre las diferentes posibilidades de aplicación de tecnologías, normatividad y planes para mejorar el enfoque actual de la Universidad Industrial de Santander específicamente en el tema de la sostenibilidad del campus en materia energética.

El Seminario de Investigación se compone de las siguientes actividades:

La relatoría

Es la actividad en la que el relator expone el tema investigado correspondiente a la sesión, como resultado de su investigación y estudio, es decir, los asistentes al seminario esperan aprender de cada relator algo nuevo que permita avanzar en el conocimiento sobre el objeto de estudio. Cada relator tiene la libertad de organizar su material argumental con el propósito de generar una perspectiva analítica del estado actual de su trabajo. Por su parte, en el tiempo de debate los participantes del seminario preguntan, complementan y aportan sus conocimientos, con vistas

a hacer progresar la investigación [3]. En la relatoría se puede proponer una problemática o una confrontación de resultados para motivar un debate que conduzcan a diversos intentos de solución o explicación, presentando argumentos y contraargumentos sometidos a discusión que lleve a un enriquecimiento académico.

Correlatoría

Su función central es complementar y enriquecer la relatoría; la atención del correlator debe estar en la exposición del relator, que dé sus propios aportes o puntos críticos que motiven o sirvan de base para la discusión y evaluación de la relatoría. También debe destacar los aportes más relevantes de la relatoría y complementarlos para contribuir al debate general del grupo.

Discusión

En esta actividad se materializa el trabajo grupo, ya es donde se pone a prueba la preparación y la contribución personal al grupo. La discusión o debate será un escenario propicio para analizar, enriquecer y evaluar el trabajo, tanto del relator como del correlator por medio de la resolución de preguntas o cuestiones relevantes sobre el tema del seminario. De este modo cada uno aprenderá a escuchar y seguir la argumentación de un expositor, a valorar lo positivo así como contraargumentos, tesis y posiciones, y a aprender a participar cuando es pertinente y necesario, registrando, anotando y organizando las ideas y argumentos cuando se desea intervenir, respetando y demostrando interés por apreciar y evaluar los argumentos contrarios y sacar conclusiones [4], [5].

Entre los objetivos del seminario se encuentran:

- La formación de nuevas habilidades en los investigadores por de medio de los diferentes roles en asumidos en el seminario.

- Enriquecer de forma integral el conocimiento recopilado, identificando las relaciones del problema objeto de estudio con el contexto económico, político o social.
- Respuestas con nuevos argumentos; la discusión del seminario tiene como fin de obtener mejores resultados en la investigación, se llega a conclusiones grupales y planteamientos de nuevos interrogantes que complementan el tema expuesto.
- El desarrollo de competencias como grupo investigador y la formación desde el trabajo personal hacia el trabajo en equipo; para esto, cada participante debe reconocer sus intereses, estilos de aprendizaje, su capacidad para aprender en interacción con pares; debe apropiarse de la metodología e instrumentos con los cuales trabajará.
- Programar y ejecutar ejercicios estructurados que permiten a los estudiantes, desarrollar competencias como expositores, actores críticos que aportan en el avance del conocimiento, aportando buenas revisiones y análisis sobre los tópicos en desarrollo [2].

1. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE CAMPUS VERDE

1.1. DESARROLLO SOSTENIBLE: Antecedentes

El desarrollo sostenible en la sociedad actual se ha convertido en una necesidad primordial, dado que el ser humano depende de los recursos medioambientales para poder llevar a cabo sus actividades diarias. De esta manera, es necesario orientar a la humanidad hacia el uso eficiente de los recursos naturales con el fin que no se produzcan impactos negativos sobre el medio conservando su estabilidad y preservándole para ser aprovechada por las generaciones futuras. Como punto de partida se hace esencial encontrar un equilibrio entre las actividades humanas tanto económicas, ecológicas y socio-culturales, reduciendo el impacto sobre el medio ambiente circundante. De tal manera, que a finales del siglo XX, cuatro temas claves surgieron de las preocupaciones colectivas y las aspiraciones de los pueblos del mundo: La paz, la libertad, el desarrollo económico y el medio ambiente [10].

Debido a estas problemáticas, en las décadas de los 70's y 80's, se inició por parte de los entes gubernamentales mundiales, tales como la ONU³, estudios para solucionar dichas preocupaciones internacionales mediante la elaboración de los principales documentos que a futuro fueron seguidos por conferencias mundiales y tratados internacionales como la cumbre de Rio y los protocolos de Kioto y Montreal [11]. De acuerdo con lo anterior, se llevó a cabo la cumbre mundial de las Naciones Unidas en Estocolmo, Suecia, en junio de 1972 [12], donde se le dio apertura al concepto de sostenibilidad ambiental, resaltando la interdependencia entre la humanidad y el medio ambiente, dejando una declaración de responsabilidades a los entes gubernamentales.

³ Organización de las Naciones Unidas

Con esto, se buscó reformar el modelo educativo con el fin de enfocarse en la creación de una sociedad sostenible y justa mediante la difusión de la importancia de la preservación del medio ambiente, así como también la socialización de las tecnologías amigables con el medio, la alfabetización ambiental y el desarrollo de la ética ambiental. Siguiendo esa premisa, en 1988 fue lanzado por la EUA⁴ el programa Campus Copernicus, el cual nace con el fin de involucrar a los entes de educación superior con el desarrollo de la sostenibilidad, por medio del intercambio de conocimientos y experiencias sobre el desarrollo sostenible fomentando la educación ambiental y la investigación.

En esa corriente, en el inicio de la década de los 90's, en la Universidad Tufts en Talloires, Francia, se reúnen 40 directivos universitarios con el fin de firmar la Declaración de Talloires [13], adoptando medidas urgentes para hacer frente a los problemas ambientales de la época. Esto mediante estrategias como la conservación de los recursos, el reciclaje, la reducción de residuos y su respectiva difusión hacia la sociedad, además de implementar cátedras ambientales a todos la comunidad universitaria.

Además, aparece entre 1992 y 1993 La declaración de Halifax en Canadá [14], la declaración de Swansea en Gales y la declaración de Kyoto, donde las instituciones de educación superior se centraron en encontrar y difundir un desarrollo tecnológico enfocado en la preservación del medio ambiente, guiando a las universidades a que elaboren e implementen un sistema de gestión ambiental [15]. Tal fue su acogida e impulso que en otoño de 1993 se lanza el programa Alianza Copernicus, impulsada por la Unión Europea (UE), el cual ha involucrado a más de 300 instituciones de educación superior y ONGs de 37 países europeos [16], firmando entre sí la carta para el desarrollo sostenible según el capítulo 36 del programa 21 promulgado por la Organización de las Naciones Unidas.

⁴ Asociación de Universidades Europeas

Consecuentemente, en la Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas [17], celebrada en New York, EE UU, en septiembre del año 2000 en la declaración 'Nosotros Los Pueblos'[18] específicamente en su quinto ítem, se logra enfatizar la búsqueda de un futuro sostenible direccionado hacia la aplicación de prácticas tales como la promoción del uso de la eficiencia energética y el manejo adecuado de los recursos naturales, garantizando la sostenibilidad del medio ambiente. En ese sentido, el Séptimo Objetivo de Desarrollo del Milenio (ODM7) [19], de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas (CEPAL), ahonda en responder a las necesidades humanas presentes sin destruir el medio ambiente. Además, el año 2002 con la declaración de Johannesburgo, se reafirmó el compromiso en pro del desarrollo sostenible, comprometiendo a los entes gubernamentales mundiales a construir una sociedad humanitaria, equitativa y generosa, evitando la degradación ambiental. De ella se desprenden otras declaraciones tales como Sustainable Bologna [20], que se adhiere a la propuesta de implementación de la educación superior enfocada al desarrollo sostenible, basándose en la carta copernicus, en la declaración global de GHESP⁵ y en las directrices de la cumbre de Johannesburgo, proponiendo un plan de mejoramiento de la educación superior a favor de la sostenibilidad.

De acuerdo con la conferencia sobre desarrollo sostenible RIO+20 [21], celebrada en Rio de Janeiro en el año 2012, los miembros de los países presentes determinaron impulsar las iniciativas de investigación que apunten a la sostenibilidad y a construir 'el futuro que queremos'. Por consiguiente, aparecen en las universidades del mundo las iniciativas de "Campus Verdes", dirigidas a ser el modelo de conformación de futuras ciudades sustentables para poder construir urbes basadas en la planificación y gestión tanto energética como ambiental.

⁵ Global Higher Education for Sustainability Partnership

1.2. ¿QUÉ ES EL DESARROLLO SOSTENIBLE?

El inicio del desarrollo sostenible parte del año 1983 mediante la conformación de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo WCED⁶, igualmente conocida como la Comisión Brundtland, cuya premisa inicial fue la de establecer una agenda global para el cambio, buscando soluciones a las problemáticas ambientales y económicas heredadas de la segunda guerra mundial. Esta comisión tenía la unánime convicción que era imprescindible unir las temáticas de desarrollo con sus efectos en el medio ambiente. Consecuentemente, en la reunión de la comisión en Abril de 1987, se expone el informe llamado *“Nuestro Futuro Común”*[22] donde plantea que los entes gubernamentales busquen un crecimiento económico basado en políticas sostenibles que garanticen la supervivencia del ser humano y del medio ambiente con el que interactúa. De esta manera, se define al Desarrollo Sostenible como: *“El desarrollo que satisface las necesidades actuales de las personas sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer las suyas”*[23].

Esta definición propuesta por la comisión Brundtland, tiene una orientación hacia la equidad intergeneracional e incorpora implícitamente los ejes esenciales del desarrollo sostenible como son el crecimiento económico, el medio ambiente y la participación efectiva de la ciudadanía.

Otra definición propuesta en 1992 en la celebración de la Cumbre de la Tierra en Rio de Janeiro enuncia al desarrollo sostenible como: *“La responsabilidad colectiva de avanzar y fortalecer interdependiente y mutuamente el desarrollo económico, social y ambiental a nivel local, regional, nacional y mundial”*

Se observa una ampliación de la definición de desarrollo sostenible incluyendo el crecimiento y desarrollo económico, social y ambiental conectados de tal forma que cada uno reacciona debido a las otras. Durante los últimos 40 años el mundo

⁶ World Commission on Environment and Development

ha visto cambios drásticos por las guerras, la inequidad social, el calentamiento global, las crisis financieras, el mal manejo de los recursos. Todo esto ha causado numerosas reuniones internacionales donde se abarcaron estos tres pilares. Además, señala la responsabilidad inmediata de la sociedad a niveles territoriales, no menciona la sostenibilidad del sistema y no genera compromiso con futuras generaciones.

Reforzando el planteamiento anterior, seguimos el enfoque de Sostenibilidad que maneja la Universidad de New Hampshire y su comunidad de aprendizaje, donde precisa que: *“La sostenibilidad implica el mantenimiento de la salud a largo plazo, de la biodiversidad, el clima, la comida y la cultura, y donde estos cuatro sistemas interactúan.”* [24]

Como lo expone la Universidad de New Hampshire, se hace necesario relacionar la sostenibilidad con el medio ambiente, como elementos que dependen uno del otro, ya que el medio ambiente es el principal sustento de recursos tanto económicos como energéticos para las comunidades. Con este panorama en mente la sostenibilidad se enfatiza en la protección del medio teniendo en cuenta las posibilidades de crecimiento de la comunidad.

La abundancia de definiciones sobre sostenibilidad muestra que ya es una parte fraccionada del pensamiento, donde algunos equiparan la sostenibilidad con el desarrollo sostenible, mientras que por ejemplo la Universidad de Tacoma la describe como: *“un equilibrio de la protección del medio ambiente, una economía local próspera y la responsabilidad social que juntos conducen a una buena calidad de vida para usted y para las generaciones futuras”* [25]

Además de esto, el concepto de sostenibilidad intenta amalgamar la naturaleza y la cultura, creando una alianza para la consecución de una nueva economía, reorientando y potenciando la actual ciencia y tecnología. Se llegaría a esto construyendo una nueva cultura política basada en una ética de la sustentabilidad

en valores, creencias, sentimientos y saberes que renueven los sentidos existenciales y las formas de conservar el planeta [26].

Los planteamientos expuestos tanto por La universidades de Tacoma y de New Hampshire como por la Organización de las Naciones Unidas en la Cumbre de la Tierra tienen en común que el Desarrollo Sostenible necesita para llevarse a cabo una alianza irrompible con el modelo educativo. Es decir, se debe hacer una reorientación de la educación enfocada en la construcción del Desarrollo sostenible como instrumento vital y necesario para poder sortear los retos actuales que impone la globalización económica y la irrupción de la sociedad del conocimiento[27]. Reforzando el planteamiento anterior, la educación debe ser el principal avío para la construcción de un futuro mejor y distinto, alfabetizando a la población ya que la educación es el principal camino para crear un mundo más sustentable y equitativo [28].

1.3. DIMENSIÓN ECONÓMICA

En la búsqueda del Desarrollo Sostenible es fundamental considerar la trascendencia del crecimiento económico dentro del desarrollo sostenible, ya que es quien obliga al ser humano a explorar alternativas multidisciplinarias con el fin de obtener los recursos necesarios para su sustento. Según *Alan Smith* [29], el crecimiento económico está forzosamente condicionado a la disponibilidad de consecución de factores productivos, lo que conlleva a buscar una utilización adecuada de recursos con el fin de obtener un desarrollo económico estable y fructífero. Más aún, es menester hacer un uso eficiente de los recursos disponibles con el fin de asegurar un desarrollo económico a las generaciones venideras.

Una de las teorías que fortifican el anterior planteamiento es la de *Meier y Seers* [30] o también conocidos como 'los pioneros del desarrollo', los cuales

consideraban que en los países en vía de desarrollo debían industrializarse para asegurar la estabilidad de la economía.

Los niveles de consumo, la riqueza, la utilidad o el bienestar son parte de la dimensión económica que influye fuertemente en la dinámica del medio ambiente. Las variables ambientales y ecológicas son fundamentales en las perspectivas multidimensionales sociales, culturales y relacionadas con la salud. Sin embargo, el concepto de sostenibilidad es mucho más amplio que el concepto de rendimiento sostenido del bienestar, los recursos o los márgenes de beneficio en la actualidad, el promedio de consumo per cápita de las personas del mundo en desarrollo es sostenible, pero las cifras de población están aumentando y los individuos aspiran a un estilo de vida de alto consumo. Así mismo, los productos están hechos para tener una vida de uso muy limitado ya el mercado funciona dependiendo del consumo, habría de planearse una dinámica diferente porque si la economía está en función del consumo insostenible se disminuirá las posibilidades de futuras generaciones. El reto de la sostenibilidad es frenar y gestionar el consumo, mientras que elevar el nivel de vida de los países en desarrollo sin aumentar su uso de los recursos y el impacto ambiental. Esto debe hacerse mediante el uso de estrategias y tecnologías que rompen el vínculo entre el crecimiento económico y el daño al medio ambiente y el agotamiento de recursos.

1.4. DIMENSIÓN AMBIENTAL

Esta dimensión del Desarrollo Sostenible promueve la protección de los recursos naturales necesarios para la seguridad alimentaria y energética, es decir por si sola es la protección del medio ambiente, el agua, el aire, la fauna, etc. Combinada con la dimensión económica genera una eco-eficiencia que promulga la armonía entre el medio ambiente y la expansión de productos y servicios necesarios para sostener el modelo económico impuesto. Pero esta es la parte más difícil de superar ya que la dicotomía entre medio ambiente y economía no es

nada sencillo de conciliar [31]. Paralelamente, la expansión demográfica y urbanística se convierte en un proceso irreversible, donde los asentamientos humanos urbanos se convierten en ávidos consumidores de recursos naturales y productores de desechos contaminantes. De ahí que surgió la necesidad de considerar los límites biológicos del planeta, ya que los efectos del desarrollo económico estaban afectando el medio ambiente y con ello la calidad de vida de las personas. De igual modo, el desarrollo sostenible busca alcanzar la sustitución del uso de los recursos naturales en las actividades diarias por medio de la tecnología, partiendo de la premisa que nos encontramos en un planeta finito con recursos limitados [32].

La actividad económica actual tiene como soporte de funcionamiento el binomio producción-consumo dado que su crecimiento y productividad se ve supeditada a la utilización de los recursos naturales y el impacto sobre el medio ambiente. Es decir, que la utilización de los recursos naturales tanto renovables como no renovables puede generar una crisis ambiental ante un uso indiscriminado de los mismos. Llegado a este punto, se hace inevitable que se establezca e implemente una estrategia solidaria con el medio ambiente y los seres vivos que lo habitamos [33], de tal manera que se puedan utilizar los recursos sin afectar el equilibrio ni el desabastecimiento de los mismos, asegurando su continuidad para las generaciones venideras.

Reforzando el planteamiento anteriormente expuesto, en el informe de la Comisión Mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo, surge el concepto del 'Eco desarrollo' propuesto por Maurice F. Strong, director ejecutivo del programa de las naciones unidas para el medio ambiente, donde enuncia que el crecimiento socio-económico del ser humano debe estar armonizado con la protección del medio ambiente y además debe estar soportado por la incorporación de nuevas tecnologías amigables con el medio, persiguiendo la reducción de los impactos ambientales negativos.

1.5. DIMENSIÓN SOCIAL

Al colapsar los modelos económicos de mitades del siglo pasado se vio la necesidad de replantear la redistribución económica de los recursos, con el fin de cimentar la equidad social. A partir de esto se generaría un crecimiento estable e igualitario. Además, los entes gubernamentales mundiales encabezados por la Organización de las Naciones Unidas instaron por impulsar iniciativas orientadas a la disminución de la pobreza y al mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad mediante proyectos productivos e iniciativas eficientes. Siguiendo este orden de ideas, Mohan Munasingue⁷ complementa el anterior postulado cuando enuncia que: “el paradigma del desarrollo se desplaza hacia un crecimiento equitativo, donde los objetivos sociales se reconocen como una entidad propia y tan importante como la eficiencia económica”[34].

Como expuso Amartya Sen⁸ en 1981, el desarrollo sostenible tiene en su tercer eje dimensional, como principal premisa enfocarse hacia el desarrollo humano. Su mayor objetivo está en la disminución de la pobreza facilitando el acceso a los recursos utilizados en la satisfacción de las necesidades básicas. Tomando como referencia el postulado expuesto por la PNUD⁹ en 1990, “el desarrollo humano conlleva un proceso por el cual se amplían las oportunidades al ser humano”[35]. Con el fin de lograr una óptima calidad de vida, ofreciéndole la posibilidad a la población de acceder a cobertura en educación, alimentación y a la salud. Asimismo, la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo en el informe ‘Brundtland’ plantea un nuevo modelo de desarrollo, en donde se priorice el progreso del ser humano tanto para los países en vía de desarrollo como para los países industrializados sin afectar los límites de la capacidad ecológica del mundo [22].

⁷ Mohan Munasinghe, Premio Nobel de la Paz 2007, Líder de pensamiento en Desarrollo Energético

⁸ Amartya Sen, colaborador del PNUD en 1981

⁹ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

La dimensión socio-cultural del Desarrollo sostenible busca conservar la estabilidad y la permanencia de los sistemas sociales y culturales, al igual que la diversidad cultural y el patrimonio inmaterial de los pueblos en el proceso de reducción y solución de conflictos actuales. Tales conflictos sociales y políticos propios de cada región, se han convertido en factores multiplicadores del retroceso en la consecución de la sostenibilidad. Por consiguiente, esta dimensión del Desarrollo Sostenible se enfoca en encontrar la equidad intergeneracional, con el objetivo de eliminar la pobreza y preocuparse por los derechos de las generaciones venideras. Así pues, al preservar la diversidad cultural de cada pueblo y mejorando las prácticas sostenibles y al impulsar escenarios gubernamentales de toma de decisiones más certeras en torno a la sostenibilidad se puede lograr una equidad social, económica y ambiental de la sociedad [36].

Las instituciones de educación superior debido a su gran tamaño poblacional, poseen una infraestructura de dimensiones considerables, cuya población incide en la utilización de recursos de magnitud considerable a la hora de realizar todas las actividades académicas y sociales dentro del campus, ejerciendo impactos directos e indirectos sobre el medio ambiente. Además de esto, la Universidad es el eje central de desarrollo de la sociedad [37], y de ella debe partir el cambio que necesita la sociedad para el aseguramiento de recursos para las generaciones futuras, planteando estrategias que nos conduzcan hacia la sostenibilidad en el campus universitario. Esto inicia desde el planteamiento de la posibilidad que los procesos misionales de la universidad se lleven a cabo utilizando los recursos necesarios y disponibles de una manera amigable con el medio ambiente.

Se debe resaltar que todas las universidades tienen necesidades y recursos diferentes, dependientes de sus directrices y sus líneas de enfoque educativo. Además, poder implementar una filosofía sostenible acorde a la realidad de cada campus universitario, se debe tener una visión de lo que su universidad necesita y posee de acuerdo a las especificaciones.

Según esto, La Universidad de Sonora define una Universidad Sostenible como:

“Una institución de educación superior debe direccionar, involucrar y promover a nivel regional y global, la reducción al mínimo de los efectos ambientales, económicos, sociales, y de salud negativos generados en el uso de sus recursos a fin de cumplir con sus funciones de docencia, investigación, extensión, asociación y administración, en maneras de ayudar a la sociedad a hacer la transición hacia estilos de vida sostenibles”. [38]

La experta Canadiense Lindsay Cole en el desarrollo de indicadores de sostenibilidad y procesos integrados de diseño propone la tesis que la comunidad del campus sostenible debe establecerse como: *“El que actúa sobre sus responsabilidades locales y globales para proteger y mejorar la salud y el bienestar de los seres humanos y los ecosistemas. Se involucra activamente el conocimiento de la comunidad universitaria para abordar los retos ecológicos y sociales que enfrentamos ahora y en el futuro ”. [39]*

Un campus universitario sostenible debe estar constituido por un entorno saludable, que disponga de un presupuesto viable a través de un buen manejo de la energía y la conservación de recursos, la reducción de residuos, una gestión ambiental eficiente, y promueva la equidad y la justicia social a niveles comunitarios, nacionales y mundiales.

En la formulación de políticas sostenibles se generan objetivos económicos, ambientales y sociales con una perspectiva a largo plazo sobre las consecuencias de las actividades del campus [40], [23], [41], e incluye el reconocimiento de que se requiere la cooperación y participación de todos para lograr efectivamente los objetivos de sostenibilidad [42].

La sostenibilidad afecta a todos los espacios de la universidad, las aulas, los laboratorios, las residencias universitarias, los parqueaderos y otros servicios del

campus; la necesidad de la sostenibilidad ambiental en los campus se ha destacado en varios artículos [43], ya que en ella se realizan varias actividades y operaciones complejas como el trabajo en los talleres, el uso de los laboratorios, edificios y el mantenimiento de jardines, así como el uso de energía y materiales con impactos ambientales sin la responsabilidad social y ambiental que se requiere.

Las universidades pueden ser comparadas con edificios complejos, como los hospitales y hoteles en términos de generación de residuos, consumo de agua e insumos, además de la electricidad y los combustibles necesarios para el funcionamiento de aires acondicionados, calefacciones, iluminación, salas de computo etc., cada una con implicaciones en la calidad del medio ambiente. El consumo de recursos va en aumento en las instituciones académicas debido al crecimiento de la población universitaria y la expansión del campus principal, por lo tanto es inminente el aumento de la degradación de sus ecosistemas naturales y la erosión de los soportes de los sistemas de vida que sostienen la civilización humana. La degradación ambiental no sólo se produce en los talleres, laboratorios o en los comedores sino también en las zonas de estar, de administración y se podría reducir considerablemente con la adopción y aplicación de una medida organizativa y técnica sistemática [44]. Sin embargo, algunas responsabilidades sociales de capacitar y educar a la sociedad, la gestión del medio ambiente y la sostenibilidad en las universidades requieren un enfoque integral similar a la de las ciudades. Las universidades también contribuyen significativamente al desarrollo de nuestra sociedad y, por lo tanto, tienen una responsabilidad social especial, en particular en lo que respecta a la formación de los jóvenes y la sensibilización del público acerca de la sostenibilidad [45]. Por lo tanto, las universidades deberían promover un modelo de desarrollo que sea compatible con un entorno seguro, la biodiversidad, el equilibrio ecológico y la equidad intergeneracional.

1.6. RELACIÓN ENTRE CAMPUS VERDE Y SOSTENIBILIDAD.

Las instituciones de educación superior tienen un impacto significativo en el medio ambiente por las actividades que desarrollan, las estructuras físicas y la cantidad de personas que normalmente están en la institución [46]. Las universidades debido a su gran magnitud poblacional demandan un consumo energético considerable, con lo cual produce debido a este consumo impactos medioambientales negativos. Esto conlleva a tener que tomar medidas sostenibles con el fin de reconocer y reducir los efectos ambientales negativos. Cabe aclarar que la implementación de la sostenibilidad en el campus debe ser acorde a las necesidades de cada universidad, por ejemplo la iniciativa de los edificios verdes es un conjunto de proyectos destinados a disminuir la producción de residuos y materiales peligrosos, reducir el nivel de consumo de energía y promover el diseño de edificios energéticamente eficientes, por medio de la implementación de tecnologías energéticas sostenibles [47]. Esta es una iniciativa bastante interesante y necesaria de aplicar debido a que en gran cantidad los campus universitarios demandan refracciones y renovaciones de sus instalaciones por el desgaste del tiempo, donde puede ser aplicada estas nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente.

Las Declaraciones mundiales medioambientales y de sostenibilidad [11]–[14] convocan a las universidades a hacerse sostenible ambientalmente y a que se le dé prioridad a los temas de sostenibilidad. Esto hace que las instituciones universitarias tengan la obligación moral de enseñar y promover modelos de sostenibilidad ambiental a toda la sociedad en general por ser el centro de enseñanza macro de las regiones. Es necesario un cambio de pensamiento que surja desde el seno de la educación hacia la sociedad, partiendo desde la investigación y llegando al desarrollo tecnológico que se pueda implementar en la solución de los problemas ambientales.

Según la '*Carta de Bogotá*[48] se propusieron diversas alternativas para lograr la incorporación e implementación de la dimensión ambiental dentro de la educación superior en América latina y el Caribe. Con esto se incursionó en el ámbito ambiental creándose así carreras universitarias ambientales de pregrado y postgrado, impulsándose así la investigación ambiental.

Por esto, se debe buscar incluir en el ámbito interdisciplinar de las ciencias, la dimensión ambiental en la enseñanza y de la educación para el Desarrollo Sostenible, lo que se entiende como alfabetismo ecológico fundamental para el conocimiento de los impactos que pueda tener las actividades humanas sobre el medio ambiente y como poder mitigarlos. Además de esto, la Universidad como instrumento de enseñanza debe tener una estrategia propia de operación de sus actividades físicas internas asociadas al manejo y gestión de los recursos usados en su infraestructura con el fin de reutilizar y hacer más eficientes los recursos demandados[49].

Reforzando lo anteriormente expuesto, Luis Velázquez [50], plantea que la universidad debe ser un agente de promoción de la mitigación de los impactos negativos sobre el medio, incluyendo no solo la parte ambiental, sino que por el contrario darle mayor relevancia a la solución de los problemas sociales, económicos y salubres de la sociedad que rodea a la universidad. Si esto se lleva a cabo, se podría tener una transición a un estilo de vida sostenible gracias a la contribución de la educación en la sociedad. Por esto, la implementación de la iniciativa de campus verdes daría la plataforma de lanzamiento para conseguir una sociedad sostenible. Pero no solo depende de los entes gubernamentales ni de las directrices universitarias, toda la comunidad universitaria debe verse involucrada en la búsqueda del equilibrio entre el desarrollo económico y tecnológico con la preservación del medio ambiente.

Un programa de campus sostenible se concentra en todos estos elementos e iniciativas sostenibles que se deben considerar al tiempo para su eficacia. En la

actualidad, muchas instituciones de educación superior se han centrado en perseguir agresivamente un enfoque integrado que los conduzca hacia la sostenibilidad. Sin embargo, el ámbito de aplicación se diferencia con respecto a la cultura de gestión del campus, he igualmente a su estructura física y administrativa. Para poder llevar a cabo la implementación de un campus sostenible es necesario reconocer las diferentes dimensiones y complejidad de los problemas ambientales, donde se requiere una actitud más proactiva en la búsqueda del desarrollo de soluciones integradas [51].

Implementar un Campus Verde ofrece, desde la institución de educación superior, la oportunidad de expandir la cultura ambiental y el desarrollo sostenible en la sociedad. Con esto, se buscaría obtener las herramientas necesarias para resolver los problemas de impacto ecológico y de sustentabilidad ambiental que se presentan en nuestros días. Al generar cambios en los procesos de gestión ambiental que reduzcan las afectaciones al medio, se puede apostar a tener mayor rentabilidad y progreso tanto económica como académicamente, ya que reduciría el consumo de energía y mejoraría el bienestar de la comunidad universitaria dándole a la universidad un plus de calidad. Esto requeriría determinación y un compromiso a largo plazo por parte de toda la comunidad universitaria.

1.7. NORMATIVIDAD Y CERTIFICACIÓN

Los indicadores de evaluación y marcos para el desarrollo de Universidades sostenibles e implementación de tecnologías sostenibles en las instituciones académicas de los países emergentes, se basan en medir las condiciones actuales relacionadas con los campus verdes en las universidades de todo el mundo. Suwartha y Sari [52], introdujeron el desarrollo y mejora del sistema de interfaz de usuario GreenMetric y evaluados de su aplicación a través de los resultados de la clasificación de 2011. El método de evaluación utilizado para el ejercicio de clasificación se basa en la utilización de enfoques descriptivos y

cualitativos como los empleados para los Principios de Berlín para evaluar la conformidad y la calidad de la interfaz de usuario GreenMetric. Sus resultados muestran un incremento de los países participantes en el ranking de 2001, y también documentan que los temas de la energía y el cambio climático son el aspecto principal el cual se ha convertido en el enfoque sostenible en muchas universidades. Los autores sugirieron que la clasificación UI GreenMetric proporciona un marco para cada universidad para examinar su desempeño en la promoción de la universidad verde y el desarrollo sostenible. También proponen que exista mayor participación de la comunidad universitaria, es decir, que haya mayores comentarios y retroalimentación positiva de las universidades participantes, lo que sería primordial y útil para avanzar en la aplicación de este sistema de clasificación más ampliamente.

Para poder certificar y clasificar el nivel de la universidad en cuanto a sostenibilidad se tienen que tener en cuenta factores constructivos, sociales y económicos. Para esto, se realiza un análisis energético, de gestión de recursos y de movilidad con el fin de establecer una calificación según estándares internacionales. Entre ellos está la certificación LEED¹⁰, el modelo BIM¹¹ y la determinación de los puntos críticos de consumo [53]. Es menester realizar un análisis térmico y luminoso con el fin de determinar la caracterización energética y física de las construcciones que componen el campus universitario, así como simular su consumo energético, con la finalidad de detallar la cantidad y calidad de la utilización de los recursos [54].

Obtenido un esquema energético de la universidad, se plantean estrategias para reducir el impacto medio ambiental por la construcción, para llegar a la eficiencia energética, usando energías alternativas, mejorando la calidad ambiental al interior de las edificaciones, obteniendo confort térmico y visual. Esto implica el mejoramiento de las instalaciones actuales, aprovechando mejor los recursos y

¹⁰ LEED: Leadership in Energy & Environmental Design

¹¹ Building Information Modeling

seleccionando eficientemente los insumos de las futuras construcciones. Además, se tienen en cuenta categorías como la innovación tecnológica, la prioridad regional, la eficiencia de los recursos hídricos y el uso de materiales entre otros, para obtener un nivel de certificación que cumpla con la sostenibilidad.

Otros métodos evaluativos de los diferentes criterios de sostenibilidad de las edificaciones, se muestran en los modelos de evaluación de *AASHE stars* de The Sustainability Tracking, Assessment & Rating System en Philadelphia, EE.UU. y la Tarjeta de Informe Verde (*SEI, 2005*). Tanto *AASHE stars* como la Tarjeta de Informe Verde poseen una amplia lista de criterios evaluativos, sin embargo, su redundancia de criterios también socavó la eficacia de sus calificaciones generales. Dos equipos de autores anteriores, Suwartha y Sari (2013) y Shi y Lai (2013)[55] utilizan herramientas de nivel macro para evaluar el desempeño ambientalización de las universidades, en todo el mundo.

La evaluación de edificios ecológicos se debe centrar en edificios individuales, incluso si ahora se extiende a los bloques, las comunidades y las escuelas, sólo es adecuado para la construcción o las existencias de arquitectura [56]. Como se ha mencionado, el campus verde es una comunidad universitaria en referencia a cierta zona geográfica y la escala espacial, edificios e instalaciones complejas, diversas necesidades de la función de la enseñanza, la investigación científica y la vida, por ende, es vital aplicar los sistemas de gestión[57] en donde los directos habitantes del campus universitario desarrollan sus principales actividades, aquellos como el personal docente, estudiantado y demás trabajadores de la universidad, donde se fortifiquen los sistemas evaluativos y se establezcan estándares que favorezcan los procesos de control y búsqueda de la calidad.

2. METODOLOGÍAS DE CERTIFICACIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL PARA CAMPUS VERDES

El concepto de Campus Verde o Sostenible ha tomado fuerza en los últimos años en las diferentes Instituciones de Educación Superior (IES), pues se ha generado la necesidad de hacer un seguimiento a la sostenibilidad de dichas instituciones y servir de ejemplo aplicativo de los conceptos de sostenibilidad y compromiso con el medio ambiente. Esto parte de la premisa que las universidades como entes generadores de conocimiento y pilares del desarrollo social deben mostrar su compromiso con las políticas sostenibles y del cuidado medioambiental, fortaleciendo así la conciencia ambiental desde la misma universidad y para la sociedad [58].

El concepto de sostenibilidad ha deshecho y generado un sin número de paradigmas en la sociedad haciendo que los grandes retos de esta nueva época fijen sus ojos sobre ella, ha creado la necesidad de incluir este concepto en nuestra cotidianidad y aún más, en una forma de competencia muy interesante entre las empresas, organizaciones e IES, siendo este último el caso de estudio de este documento.

Con el desarrollo de las nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y el aumento de la conciencia pública medio ambiental, se ha creado la necesidad de mostrar lo amigable que se es con el medio ambiente, esto ha incentivado a diversas organizaciones a desarrollar sus propios informes sobre sostenibilidad para mostrar los impactos medio ambientales de sus procesos con el objetivo de ganar prestigio, los cuales con el pasar del tiempo y gracias a su popularidad fueron aumentando en gran cantidad y con mucha diversidad de los mismos llegando hasta el punto de crear la necesidad de la estandarización y normalización de dichos informes ayudando a colocar la sostenibilidad en los

mismos términos y así comparar los resultados obtenidos con las demás organizaciones[59].

A continuación se estudiará de forma general los diferentes informes estandarizados para la medición de la sostenibilidad más relevantes y las metodologías utilizadas, todo esto visto desde la óptica de las instituciones de Educación Superior mostrando sus ventajas, desventajas, lugar y métodos de aplicación sin perder de vista los ejemplos más relevantes de universidades del mundo las cuales puedan servir de ejemplos al caso institucional UIS Sostenible. Entre los estándares, metodologías de medición y reportes de seguimiento de sostenibilidad institucionales más relevantes se tienen los siguientes:

- Global Reporting Initiative - GRI
- Eco-Management and Audit Scheme – EMAS
- The Sustainability Tracking Assessment & Rating System - STARS
- Campus Sustainability Assessment Framework – CSAF
- ISO 14 031 – 14 001
- International Sustainable Campus Network - Global University Leader Forum ISCN – GULF
- Assessment Instrument for Sustainability in Higher Education – AISHE
- UI Green Metric
- Green League for Universities
- Life Index: Learning In Future Environments
- Le Plan Vert
- The Sustainability Accounting Standards Board – SASB
- The United Nations Academic Impact – UNAI
- UNEP – United Nations Environment Programme
- UNGC - The UN Global Compact
- PRME - Principles for Responsible Management Education

2.1. GLOBAL REPORTING INICIATIVE – GRI

El Global Reporting Initiative (GRI) tiene como estrategia el uso de memorias de sostenibilidad, las cuales son herramientas que permiten recoger información sobre el desempeño de las organizaciones en términos económicos, ambientales y sociales. Estas memorias de sostenibilidad son adecuadas para transmitir los impactos positivos y negativos de cada organización en términos de sostenibilidad, logrando con ellos una visión general de la organización y captar la información necesaria para influir en sus políticas ambientales, sus estrategias y aumento de la eficiencia de forma continua [60].

La primera versión de la Guía GRI fue lanzada en 2000. Recientemente en mayo del 2013, se lanzó la cuarta generación de sus Directrices G4, la cual cuenta con la más reciente información y avances a nivel de gestión sostenible apropiadas para cualquier organización [61].

Una de las ventajas de la utilización del GRI es que proporciona un marco flexible y fiable para las organizaciones independientemente de su tamaño, sector o ubicación. Este marco de gestión ambiental es ventajoso también ya que posee tres niveles de aplicación: Principiantes (C), Intermedio (B) y para Expertos (A) [62]. Esto es ventajoso para las universidades en la medida que se desee agregar componentes al sistema de gestión, volviéndolo aún más complejo ya que se brindan las herramientas tanto para el inicio de la actividad de gestión ambiental como para niveles más avanzados y que al momento de realizar comparaciones constructivas entre marcos GRI se compare con aquellos que se encuentren en el mismo nivel y no caer en el error de comparar entre niveles diferentes. También permiten la verificación externa, por una entidad vinculada a su gestión, agregándole un plus al informe de gestión ambiental.

Un aspecto importante incluido en la última generación de directrices GRI (G4), es la utilización de indicadores que ayuden al seguimiento de la gobernanza,

corrupción y cambio climático. Esta podría representar ventajas para las instituciones y universidades de carácter estatal pues mostrarían sus avances respecto a la gestión ambiental al mismo tiempo la satisfacción de hacer las cosas con los debidos procesos y sin corrupción [63].

Algo poco mencionado es la desventaja que se genera cuando las instituciones desean mantener en privado cierta información pero esta es necesaria o parte de ella para ciertos indicadores, en muchos casos estos pueden ser susceptibles de ser manipulados fácilmente para ocultar la información privada o también para evitar resultados negativos que puedan afectar la imagen de la institución [64].

2.1.1. Estado de las universidades frente al Global Reporting Initiative. En un estudio bibliográfico realizado por *University of Leeds* en el 2011 [65], se hizo una recopilación de universidades, principalmente aquellas con criterios del GRI, destacando cuales de estas habían desarrollado informes de sostenibilidad anuales, solo reportes ambientales o reportes de sostenibilidad enfocados en lo ambiental, esto se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Universidades con informes de sostenibilidad y reportes ambientales

Informes de sostenibilidad en sus reportes anuales	Solo reportes ambientales	Informes de sostenibilidad solamente enfocados en la parte ambiental
Cardiff University, 2008	Australian National University , 2007	The University of North Carolina at Chapel Hill, 2007
University of Central Lancashire, 2006	Sheffield Hallam University, 2006	The University of North Carolina at Greensboro, 2003
University of Bradford, 2006	University of Bath, 2008	University of the West of England, 2007
	The University of Vermont , 2002	

También se muestra en la Tabla 2 que solamente se hallaron 12 universidades con informes de sostenibilidad publicados como documentos independientes que aborden los tres aspectos propuestos por del GRI, como lo son el económico, ambiental y social [65].

Tabla 2. Universidades con reportes de sostenibilidad completos publicados hasta el 2011.

Institución	Fecha de Publicación	Número de Páginas	Referencias
University of Birmingham, UK	2008	18	(University of Birmingham, 2009)
University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU), Vienna, Austria ¹²	2005	194	(BOKU, 2005)
University of British Columbia (UBC), Canada	2007	74	(UBC, 2007)
Florida University, Spain	2009	63	(Florida Universit�ria, 2009)
Gothenburg University, Sweden	2009	34	(G�teborgs Universitet, 2009)
University of Hong Konh, China	2007	24	(University of Hong Kong, 2007)
University of Leuphana, Lüneburg, Germany	2007	60	(Leuphana University, 2007)
University of Michigan, USA	2002	415	(Rodriguez <i>et al.</i> , 2002)
Pontificia Universidad Católica del Per� (PUCP), Perú ¹³	2007	58	(PUCP, 2007)
University of Santiago de Compostela (USC), Spain ¹⁴	2006	220	(USC, 2007)
Singapore Polytechnic, Singapore	2008	87	(Singapore Polytechnic, 2007)
Turku Polytechnic, Finland	2008	52	(Turku Polytechnic, 2008)

¹² BOKU publicó reportes de sostenibilidad desde el 2005 al 2007 (GRI, 2009)

¹³ el reporte PUCP es solo para la facultad de ciencias e ingenierías

¹⁴ USC publicó reportes de sostenibilidad desde el 2004 hasta el 2006 (GRI, 2009)

2.2. ECO-MANAGEMENT AND AUDIT SCHEME – EMAS

El Sistema Comunitario de Gestión y Auditoría Medio Ambiental, EMAS, es definido por la Unión Europea como “un instrumento voluntario de gestión ambiental para empresas y otras organizaciones para evaluar, informar y mejorar su comportamiento medioambiental. EMAS promueve la evaluación y las mejoras en el comportamiento medioambiental de las organizaciones participantes de forma continua” [66]. Fue creado por el Reglamento Europeo 1836/93, que desde entonces se ha actualizado en dos ocasiones con el REGLAMENTO (CE) nº 1221/2009 que entró en vigor en enero de 2010, ahora llamado EMAS III y es de uso exclusivo de la Unión Europea, exceptuando casos específicos.

El objetivo del reglamento EMAS es brindar a las organizaciones Europeas, públicas o privadas, herramientas para mejorar su desempeño ambiental y motivar a más entidades a hacer parte del desarrollo sostenible. La ventaja de implementar este sistema de gestión ambiental se vería reflejado en el ahorro de costes, mejoramiento de la imagen pública y control reglamentario si estos son capaces de demostrar su desempeño ambiental[67].

En la Tabla 3 se da una pequeña descripción de las universidades europeas que han sido capaces de implementar un sistema de gestión ambiental a través del reglamento EMAS. Esta información fue extraída de las páginas oficiales de cada universidad y del EMAS con el objetivo de mostrar el avance de las universidades europeas en términos de gestión sostenible EMAS desde sus propios puntos de vista.

Tabla 3. Universidades con sistema de gestión ambiental reglamentados por el EMAS.

Institución	Descripción
University of Macedonia	"Es la primera universidad y la primera organización en el sector público en general en Grecia que ha implementado un sistema de gestión ambiental. "[68].
Universidad Politécnica de Valencia	"El Departamento de Planificación Urbana y Gestión Ambiental del Campus (DUPEMC) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), ha implementado un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) que ha sido verificado por el EMAS en 2009"[69].
Universidad de Kiel	"En mayo de 2010, el Consejo de la Universidad de Kiel estableció un sistema de gestión ambiental asociado con una certificación de acuerdo a EMAS III"[70].
University of Technology Dresden	"Desde 2003, la UT Dresden fue la primera universidad técnica de Alemania, con un sistema de gestión medioambiental verificado de acuerdo con el EMAS"[71].
Brandenburg University of Technology	"BTU Cottbus, fue la primera universidad en todo Berlín en ser inscrita en el registro EMAS. En toda Europa, nunca hubo una universidad hasta ahora que podría demostrar el cumplimiento de los estándares extendidos de la llamada Prestación EMAS III en su primer intento de adquisición de validación"[72].
Universität Tübingen	"Es la primera universidad en el estado de Baden-Württemberg (Alemania) en obtener la certificación EMAS "[73].

En sus comienzos EMAS, fue diseñado exclusivamente para organizaciones de tipo industrial y fabril. Luego de las revisiones del 2001, fue modificado a EMAS II el cual fue estructurado para que múltiples organizaciones con diversos centros en un estado miembro de la Unión Europea o El Espacio Económico Europeo de operación pudieran acceder a él. Con la última versión, el EMAS III, es más abierto y aplicable a las organizaciones de dentro y fuera de la Unión Europea[74].

El EMAS posee, si se puede decir, un hermano en el ámbito internacional de las normas de gestión ambiental, la ISO 14001¹⁵. La Comisión Europea ha considerado que la ISO 14001 puede ser un punto de partida para el EMAS, que hasta los requisitos de la gestión ambiental establecidos en la norma ISO 14001:2004 hacen parte del EMAS III[75]. Estos dos poseen el mismo objetivo con respecto a los sistemas de gestión medio ambientales, lo que ha llevado a ser considerados rivales. El EMAS es mucho más exigente que la ISO 14001, al ser más exigente entra en competencia directa con ella y únicamente aquellas organizaciones más minuciosas con el impacto medio ambiental optan por implementarla, también es implementada por organizaciones que anteriormente ya implementado la ISO 14001. Estas son, hasta el 2012, las universidades certificadas con el reglamento EMAS[76]:

- Universität Bremen
- Göteborgs Universitet
- Universität Lüneburg Campus Lüneburg e.V. Campus Management GmbH
- Universidad De Las Palmas De Gran Canaria
- Stadtbaubetriebe Tübingen Grünunterhaltung Universitätsstadt Tübingen
- University Of Macedonia, Economic And Social Sciences
- Universitätsdruckerei H. Schmidt GmbH & Co. KG

¹⁵ Sistemas de gestión medioambiental: Especificaciones y guías de uso

- F.W. Borchardt Universal-Verpackungsmittelwerke GmbH
- Universidad De Burgos
- LVR-Klinikum Düsseldorf - Kliniken der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
- Brandenburgische Technische Universität Cottbus
- Hochschule Zittau/Görlitz (FH) University of Applied Sciences
- Ev.-luth. Kreuzkirchengemeinde
- Universidad Politécnica De Valencia
- Universität für Bodenkultur Wien
- Technische Universität Dresden

2.3. THE SUSTAINABILITY TRACKING ASSESSMENT & RATING SYSTEM – STARS

El Sistema de Seguimiento de la Sostenibilidad, la Evaluación y Clasificación (STARS) es un marco de información de autorregulación voluntaria y libre de presentación de informes que sirve para ayudar a los colegios y universidades a rastrear y medir sus progresos en sostenibilidad [77]. The Start Technical Manual - Versión 2.0, es el manual más actualizado de la guía STARS, este fue desarrollado por la Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education (AASHE) quien es la patrocinadora de esta iniciativa.

En este reporte se utiliza una metodología de ponderación a través de puntos o créditos asignados por acciones específicas y de acuerdo al número de créditos obtenidos será la clasificación. Estos créditos se ponderan en tres categorías principales: Educación e investigación, operaciones, administración y finanzas. Una vez la institución presente sus datos, reciben un reporte de clasificación: Bronce, Plata, Oro o Platino como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Puntuación Mínima Requerida para cada clasificación

Nivel de Clasificación	Puntuación Mínima Requerida
STARS Bronce	25
STARS Plata	45
STARS Oro	65
STARS Platino	85

Es importante resaltar que STARS es el único sistema de gestión ambiental que incluye información pública relacionada con la universidad o el rendimiento de la sostenibilidad de la misma. Gracias a la ponderación basada en puntos y créditos, STARS se vuelve una valiosa herramienta al momento de hacer autoevaluaciones y así mismo permite la evaluación comparativa como con otras instituciones similares [78]. En la Tabla 5 y Tabla 6, se hace una sencilla descripción de las instituciones participantes en STARS mostrando una visión general de los entes participantes. Este programa es principalmente para universidades ubicadas en los Estados Unidos y Canadá, el reporte posee una durabilidad de 3 años, el compromiso es formalizado con la firma del rector o presidente de la institución y dicho reporte es publicado de forma transparente en la web oficial de AASHE [79].

Tabla 5. Numero de Instituciones participantes y Clasificación para todas las versiones STARS. Información disponible solo para usuarios registrados STARS

[23]

CLASIFICACIÓN STARS	
ORO	53
PLATA	147
BRONCE	66
REPORTERO	18
PLATINO	0

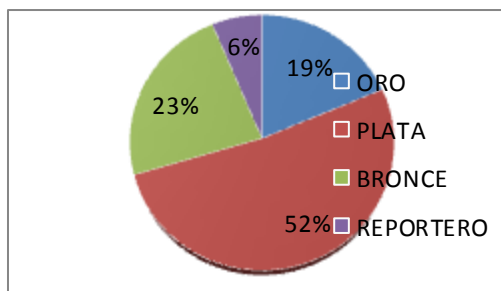
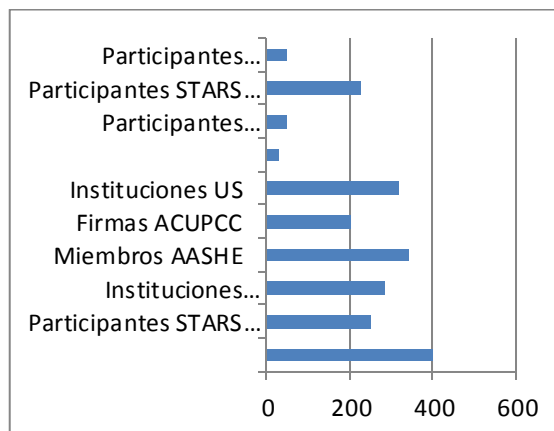


Tabla 6. Descripción de Instituciones STARS participantes. Información disponible solo para usuarios registrados STARS [23].

Distribución instituciones STARS	
Participando y/o Calificados	401
Participantes STARS Actuales	251
Instituciones Calificadas	284
Miembros AASHE	343
Firmas ACUPCC	205
Instituciones US	322
Instituciones Canadienses	31
Participantes Pilotos Internacionales	51
Participantes STARS Charter	229
Participantes Pilotos STARS	49



2.4. CAMPUS SUSTAINABILITY ASSESSMENT FRAMEWORK – CSAF

Según la organización Sierra Youth Coalition, la cual es la entidad no gubernamental patrocinadora oficial de la iniciativa Campus Sustainability Assessment Framework – CSAF, se define el CSAF como una herramienta para la evaluación y gestión de sostenibilidad para las universidades e instituciones de educación superior [80]. Se considera la más amplia herramienta de evaluación para los campus sostenibilidad con alrededor de 170 indicadores de sostenibilidad y 10 dimensiones. El CSAF fue desarrollado como un proyecto de maestría por Lindsay Cole en la Royal Road University en el año 2003 [39].

La gran cantidad de indicadores pueden ser una desventaja ya que se necesitarían una gran cantidad de tiempo para ser medidos. Otro problema que presenta esta metodología de medición de campus sostenibles es al momento de presentar los resultados y el seguimiento de la sostenibilidad a través del tiempo (año), ya que estos indicadores pueden ser medidos y tabulados independientemente. Esto podría ser ventajoso al momento de repartir tareas pero poco eficiente para seguir la evolución de la sostenibilidad de forma general cosa que le restaría importancia en instituciones donde se desea seguir con el tiempo la evolución de sostenibilidad[81].

2.5. INTERNATIONAL SUSTAINABLE CAMPUS NETWORK - GLOBAL UNIVERSITY LEADER FORUM ISCN – GULF

El principal objetivo de ISCN – GULF es apoyar a las universidades en la búsqueda de objetivos claros con respecto a campus sostenibles, rendimiento y fortalecimiento de los informes que reporten estos avances. ISCN fue fundada en enero del 2007 y es la patrocinadora de la iniciativa GULF la cual fue desarrollada a finales del 2009. ISCN - GULF es una mezcla de diversos sistemas de gestión ambientales del ámbito local, nacional y regional, como por ejemplo EAUC¹⁶ del Reino Unido o AASHE¹⁷ en Norte América, siendo esta ultima la patrocinadora de la iniciativa STARS¹⁸, mencionada anteriormente[82]. ISCN es basada en las directrices GRI, también mencionadas anteriormente, por consiguiente, brinda la ventaja a las universidades pertenecientes al ISCN de desarrollar un informe de sostenibilidad certificado por el GRI fácilmente[83].

EL informe debe ser idealmente corto, con un alto nivel en la descripción de sus principales objetivos estratégicos y de desempeño. Por otro lado, las referencias

¹⁶ The Environmental Association for Universities and Colleges

¹⁷ Association for the Advancement of Sustainability of Higher Education

¹⁸ The Sustainability Tracking Assessment & Rating System

cruzadas son proporcionadas por los indicadores de los sistemas de gestión GRI y STARS para organizaciones que deseen ampliar su informe o simplemente deseen usar la compilación de sus métodos para realizar un análisis más a fondo sobre los impactos de sus estrategias de sostenibilidad. La utilización de estos dos sistemas de gestión ambientales o sus indicadores para la ampliación del informe ISCN-GULF son sugeridos como opciones de ampliación y profundización, pero no son requeridos para la realización de este[84].

La filosofía de este sistema de gestión ambiental es motivar a las instituciones participantes para que sean los principales centros y ejemplos de las iniciativas de sostenibilidad de las construcciones, planificación, procesos de enseñanzas y desarrollo de objetivos en la dirección del campus sustentable. Todo esto integrado a la investigación y divulgación. Cada miembro se compromete en establecer sus propias metas relacionados con los aspectos anteriores y publicar periódicamente el avance de sus objetivos y metas alcanzadas. Estas han sido las 30 principales universidades miembros ISCN-GULF desde el 2010 [85]:

- Brown University
- Carnegie Mellon University
- Chatham University
- Columbia University
- EPFL ,
- ETH Zurich
- Georgetown University
- Harvard University
- Indian Institute of Technology Madras
- INSEAD
- Johns Hopkins University
- Keio University
- KTH Stockholm
- London School of Economics and Political Science
- Massachusetts Institute of Technology
- Monterrey Institute of Technology and Higher Education
- National University of Singapore
- Peking University
- Pontifical Catholic University of Peru
- Princeton University
- Stanford University

- The University of Hong Kong
- Tsinghua University
- University of Cambridge
- University of Gothenburg
- University of Luxembourg
- University of Oxford
- University of Pennsylvania
- University of Tokyo
- Yale University

2.6. NORMAS ISO 14031 y 14001

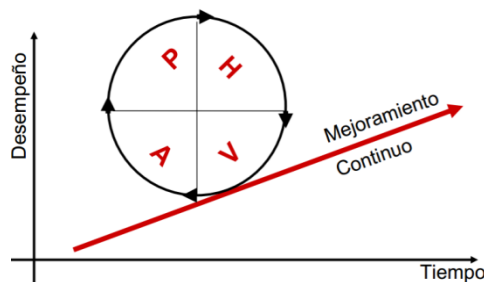
La Norma ISO 14031 hace parte de la familia de las ISO 14000 las cuales son una serie de normas aceptadas internacionalmente, estas se han convertido en patrones de referencia en la gestión medioambiental haciendo que dichas normas sean las más acreditadas mundialmente en este sentido. La ISO 14031 o también conocida como la norma de Evaluación de la Actuación Medioambiental, tiene por objetivo ser alternativa para el diseño y uso eficiente de la evaluación del desempeño ambiental. La ISO 14031 sirve de apoyo a los requisitos de la norma ISO 14001 que es la norma sobre las Especificaciones y Guías para la Implementación de un Sistema de Gestión ambiental, sin embargo se pueden utilizar de forma independiente. Cabe resaltar que la ISO 14031 pone énfasis en el comportamiento ambiental y no en cómo se gestiona ese comportamiento, mientras que la ISO 14001 contiene los requerimientos y elementos básicos de un sistema de gestión ambiental que pueden ser auditados para obtener una certificación [86].

LA ISO 14031 No está diseñada para fines de certificación ni tampoco establece niveles de desempeño deseables o valores de referencia, pero posee la ventaja, al igual que la ISO 14001, que es aplicable a cualquier tipo de organización y sin importar el tipo, tamaño, ubicación o complejidad de esta. La ISO 14031 y la ISO 14001 poseen un modelo de desarrollo en el mismo sentido que el modelo

genérico de gestión PHVA¹⁹, el cual plantea un mejoramiento continuo y crecimiento del desempeño medioambiental como lo muestra la Figura 1, también por la calidad de norma ISO facilita su implementación en universidad con sistemas de gestión ya implementados[87].

La ISO 14031 plantea 2 importantes indicadores los cuales van a servir de forma general para apoyar la evaluación del Desempeño Ambiental. Los cuales son los Indicadores de Desempeño Ambiental (IDA) y los indicadores de Condición Ambiental (ICA).

Figura 1. Ciclo genérico PHVA en el tiempo[87].



2.6.1. Indicadores de Desempeño Ambiental (IDA). Como lo indica su nombre, los IDA brinda información relacionada con el desempeño ambiental de los procesos de una organización. Está estrechamente relacionado con las actividades, productos y servicios de la organización. El IDA se subdivide en 2 indicadores: Indicadores de desempeño de Gestión (IDG) y los Indicadores de Desempeño Operacional (IDO).

- **Indicadores de Desempeño de Gestión (IDG)**

Son indicadores de desempeño ambiental que tienen por objetivo evaluar los esfuerzos en gestión, decisiones y acciones para mejorar el desempeño

¹⁹ Planear, Hacer, Verificar y Actuar

ambiental de la organización. Tiene que ver con las entradas y salidas de materias, energía y servicios de la organización. También tienen que ver con el diseño y la operación de las instalaciones.

- **Indicadores de Desempeño Operacional (IDO)**

Son indicadores de desempeño ambiental que tienen por objetivo brindar información acerca del rendimiento ambiental de las operaciones de la organización. Tiene que ver con los recursos energéticos, materiales usados, infraestructura y transporte.

2.6.2. Indicadores de Calidad Ambiental (ICA). Como lo indica su nombre, Los ICA brindan información relacionada con la calidad del ambiente en el ámbito local, regional, nacional o global en el que se desenvuelve la organización. Aunque en muchos casos los ICA no son mediciones del impacto sobre el medioambiente atribuidos directamente a la organización, estos pueden para mostrar información relevante para correlacionar las condiciones medioambientales y las actividades de la organización. Este indicador tiene que ver con las actividades, productos o servicios [88].

La ISO 14001 Solo establece los requisitos mínimos absolutos para el desempeño ambiental limitándose hasta los compromisos incluidos en la política ambiental, la prevención de la contaminación, la mejora continua y el cumplimiento de los requisitos legales aplicables. Algo anteriormente comentado en la descripción de la norma Europea EMAS, es la similitud con la norma ISO 14001, tanto así que es considera como el modelo básico de gestión para el EMAS. También es mucho más estricta que la ISO 14001 lo que junto a otros factores justifican, como por ejemplo en España, que las universidades certificadas bajo la norma internacional ISO 14001 sean diez veces mayor a las certificadas con la norma Europea EMAS, esto puede ser verificado en la Tabla 7 que contiene 20 universidades con certificaciones ISO 14001, siendo 3 de ellas también certificadas por EMAS III, la última versión de la norma europea EMAS[89].

Tabla 7. Universidades españolas con sistemas de gestión ambientales basados en ISO 14001 y EMAS

Universidad	SGA
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria	EMAS
Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir	ISO 14001
Universidad de Alcalá	ISO 14001
Universidad de Alicante	ISO 14001
Universidad de Cádiz	ISO 14001
Universidad de Córdoba	ISO 14001
Universidad de Granada	ISO 14001
Universidad de Huelva	ISO 14001
Universidad de Málaga	ISO 14001
Universidad de Oviedo	ISO 14001
Universidad de Sevilla	ISO 14001
Universidad de Vigo	ISO 14001
Universidad Europea de Madrid	ISO 14001
Universidad Jaime I de Castellón	ISO 14001
Universidad Miguel Hernández de Elche	ISO 14001
Universidad San Jorge	ISO 14001
Universitat Autònoma de Barcelona	ISO 14001
Universidad de Murcia	ISO 14001
Universidad de Santiago de Compostela	ISO 14001, EMAS
Universidad Politécnica de Valencia	ISO 14001, EMAS
Universidad de Burgos	ISO 14001, EMAS

Al igual que los mundialmente conocidos sistemas de gestión de la calidad (ISO 9001), los sistemas de gestión medioambiental (ISO 14001) van creciendo año tras año, un poco más lento que los primeros, pero tomando gran relevancia en el

campo de la gestión ambiental, esto sucede porque muchas organizaciones aun la ven como un coste innecesario y no perciben la cantidad de beneficios que estos le pueden aportar. Los requisitos de la normatividad ISO 14001 pueden ser similares a los de ISO 9001, por ello ISO 14001 no requiere un manual específico, lo que representa una ventaja a instituciones con sistemas de gestión de la calidad ya implementados, estableciendo que el control operacional ambiental debe ser relacionado con el capítulo de “realización del producto” del sistema del sistema de la gestión, como es el caso de la Universidad Industrial de Santander, el cual posee Certificación institucional bajo la Norma ISO 9001:2008 renovada en el 2012, y que puede representar la guía y la experiencia necesaria para implementación de ISO 14001 sin muchas complicaciones[90][91].

2.7. OTRAS HERRAMIENTAS DE SOSTENIBILIDAD

Una de las grandes tareas frente a la evaluación de la sostenibilidad en las diversas universidades es poder escoger la “herramienta ideal” para cada caso específico, pues existe una amplia diversidad de instrumentos muy bien desarrollados en varias ramas como: el fortalecimiento de la sostenibilidad, identificación de barreras, procesos de orientación, planeación estratégica, gestión ambiental, etc. Ninguna está completamente desarrollada, todas poseen debilidades y aún están en proceso de formación y fortalecimiento de sus ventajas.

En la Tabla 8 se podrán observar 11 herramientas de evaluación de la sostenibilidad del campus, en un estudio realizado por la Universidad de Michigan, con una pequeña descripción de sus principales fortalezas y debilidades mostrando como es la variación en sus objetivos, alcance, función y estado de desarrollo. Estas herramientas son menos conocidas internacionalmente con respecto a las anteriormente mencionadas, pero sin embargo se tienen en cuenta para hacer énfasis en que existen muchas más de estas herramientas con

importantes fortalezas que podrían tenerse en cuenta para análisis mucho más profundos [43].

Tabla 8. Principales fortalezas y debilidades de herramientas alternativas para la evaluación medioambiental en instituciones de educación superior [37].

Herramienta de evaluación	Principales Fortalezas	Principales debilidades
National Wildlife Federation's State of the Campus Environment	<ul style="list-style-type: none"> - Comprensivo - Combinación eco-eficiencia y sostenibilidad. - Identificación de barreras, operadores, incentivos y motivaciones. - Identificación de Procesos y estado actual. 	<ul style="list-style-type: none"> - Poco uso del término "sostenibilidad". - Pocos ejemplos dentro de cada colegio/universidad.
Sustainability Assessment Questionnaire	<ul style="list-style-type: none"> - Enfatiza en la sostenibilidad (multifuncional) como un proceso. - Útil como una herramienta de conversación y enseñanza. - Sondeo de preguntas que identifican debilidades y fijan metas. 	<ul style="list-style-type: none"> - No hay mecanismos para comparaciones o evaluación comparativa - Dificultad para grandes universidades para completarlo.
Auditing Instrument for Sustainability in Higher Education - AISHE	<ul style="list-style-type: none"> - Marco flexible para comparaciones institucionales. - Proceso de orientación que ayuda a priorizar y establecer metas en las etapas de desarrollo. - Creada a través de un consenso internacional. 	<ul style="list-style-type: none"> - Difícil de comprender - Las motivaciones son potencialmente excluidas.

Tabla 8. Continuación.		
Higher Education 21's Sustainability relatively small set of indicators Indicators	<ul style="list-style-type: none"> - Proceso-orientación que se mueve más allá de la eco-eficiencia con relativamente un conjunto pequeño de indicadores. - Reconoce explícitamente y estratégicamente la sostenibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificultad para medir y comparar. - Los indicadores pueden no representar los asuntos más relevantes.
Environmental Workbook and Report	<ul style="list-style-type: none"> - Muy usado en planeación estratégica y priorización. - Recopila los datos de referencia y las mejores prácticas 	<ul style="list-style-type: none"> - Eco-eficiencia y cumplimiento enfoque operacional. - Dificultad para agregar y comparar datos. - Las motivaciones son ampliamente ignoradas.
Greening Campuses	<ul style="list-style-type: none"> - Compresivo, acciones orientadas en incorporación de procesos. - Explícitamente y profundamente aborda la sostenibilidad. - Manual de usuario amigable con estudios de casos, recomendaciones 	<ul style="list-style-type: none"> - Difícil cálculo y comparación. - Centrados en la comunidad de colegios de Canadá. - Recursos fuera de fechas.
Campus Ecology	<ul style="list-style-type: none"> - Inter-funcional, guía práctica y marco teórico. - Línea de base para las herramientas actuales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambientalmente enfocada (i.e., no Sosteniblemente) - Poco extenso sobre el "estado del arte"

Tabla 8. Continuación.		
Environmental Performance Survey	<ul style="list-style-type: none"> - Proceso orientado. - Compatible con sistemas de gestión ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> -Enfocado en la eco-eficiencia operacional. -Descuido de las iniciativas de sostenibilidad e interfuncionalidad
Indicators Snapshot/Guide	<ul style="list-style-type: none"> - Rápido, medioambiente priorizado “instantánea”. - Oportunidad para profundizar en temas de interés. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operacional, enfocado en la eco-eficiencia con pocas referencias a los procesos, motivaciones, evaluación comparativa y sostenibilidad.
Grey Pinstripes with Green Ties	<ul style="list-style-type: none"> - Modelo para la recopilación y presentación de datos. - conexión entre programas y reputación. 	<ul style="list-style-type: none"> - No especifica la sostenibilidad. - Descuido en la toma de decisiones de procesos y operaciones.
EMS Self-Assessment	<ul style="list-style-type: none"> - Auto-evaluación rápida basada en procesos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Enfocado en la eco-eficiencia operacional

2.8. SONDEO GENERAL DE COSTOS Y MEMBRESÍAS

Con el objetivo de mostrar de manera general el costo que representaría la utilización e implementación de alguna herramienta de evaluación de la sostenibilidad, en la Tabla 9 se muestran varias de estas herramientas de diversas partes del mundo, el costo relativo de sus aplicación, implementación o utilización de ellas y los campos en donde llevarías a cabo su desarrollo y evaluación. Parte

de esta información fue extraída directamente de sus páginas oficiales y está sujeta a la variación de los precios que ellos mismo establecen en sus sitios web.

Tabla 9. Herramientas de Evaluación de la sostenibilidad con sus posibles costos y campos de desarrollo o aplicación.

Herramienta de evaluación	Costo	Campos de Desarrollo y Evaluación
AUDITING INSTRUMENT FOR SUSTAINABILITY IN HIGHER EDUCATION - AISHE	El método AISHE y el software asociado no se pueden utilizar en una forma comercial por terceros. El uso por las instituciones educativas sin fines de lucro es gratuito y sin ningún tipo de honorarios[92].	20 criterios divididos en: visión y política, experiencia, metas educativas y metodología, contenidos educativos, y evaluación de resultados[92].
THE SUSTAINABILITY TRACKING ASSESSMENT & RATING SYSTEM - STARS	Inscripción STARS: Total acceso a participantes STARS por 12 meses: AASHE Miembro: \$900 US No miembros: \$ 1.400 US [93].	4 categorías, 70 créditos divididos en: Académicos (29%), Compromiso (21%), Operaciones (34%), Planificación y administración (16%) y se dan puntos adicionales por Innovación ²⁰ [93].
ECO-MANAGEMENT AND AUDIT SCHEME – EMAS	Inscripción: Entre cero y hasta € 1,500 en el caso de las grandes empresas. Se deben incluir también costos de Honorarios de validación y verificación, consultores externos, etc. [66].	Centrado en procedimientos de registro de transición, revisión ciclos de auditoría, registro corporativo individual, enfocado en Clústeres, indicadores básicos ambientales, documentos de referencia sectoriales y cumplimiento legal ampliado[66].

²⁰ Manual STARS 2.0

Tabla 9. Continuación.		
<p>LIFE INDEX: LEARNING IN FUTURE ENVIRONMENTS</p>	<p>Se basa en la cantidad de usuarios que lo requieran. Se cobra anualmente.</p> <p>Para no miembros (Euros):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1-10 usuarios € 3,000 - 11-25 usuarios € 4,200 - > 26 usuarios € 5,400 <p>Para miembros:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1-10 usuarios € 2,400 - 11-25 usuarios € 3,600 - > 26 usuarios € 4,800 [94]. 	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluación de los marcos, pruebas documentales. - Evaluación de las preguntas, respuestas a las preguntas. - Evaluación de las métricas, datos cuantitativos[94].
<p>UI GREEN METRIC</p>	<p>La participación es gratuita[52].</p>	<p>Estadísticas verdes (15%), energía y cambio climático (21%), gestión de residuos (18%), uso de agua (10%), Transporte (18%) y educación (18%)[52].</p>
<p>GLOBAL REPORTING INICIATIVE – GRI</p>	<p>Precios (Euros)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Corporación <p>€ 15.000</p> <ul style="list-style-type: none"> - SME²¹ <p>€ 5.000</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sin Ánimo de Lucro <p>€ 2.500 [95].</p>	<p>Posee 34 indicadores centrados en: estrategia y visión de la compañía descritos por su director general, perfil organizacional, visión general de sus procesos seguidos para definir el informe, estructura de gobierno incluyendo su gestión sostenible hasta el momento, ética frente a sus procesos, contenido GRI y descripción de proceso de garantía²²[96].</p>

²¹ Small And Medium Enterprises

²² Versión G4 - GRI

Tabla 9. Continuación.		
<p>ISO 14031</p>	<p>Para una PyME podría ser \$ 3.000 US aprox.[87].</p>	<p>Posee 2 fuertes indicadores:</p> <p>De desempeño ambiental (IDA)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Operativo (IDO) - De gestión (IDG) <p>De condición Ambiental. (ICA)[97].</p>
<p>Global University Leader Forum – GULF</p>	<p>Membresía Anual</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grades universidades (>10.000 estudiantes de Pregrado + Graduados) € 2.000 - Medianas universidades (5.000 – 10.000 estudiantes de Pregrado + Graduados) € 1.500 - Pequeñas universidades (<5.000 estudiantes de Pregrado + Graduados) € 5.000 <p>Instituciones en países fuera de la OECD²³ reciben un 50% de descuento [98].</p>	<p>Posee tres importantes principios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Construcciones y sus impactos sostenibles - Planificación de todo el campus y la fijación objetivos - Integración de investigación, docencia, instalaciones y divulgación[99].

²³ Organization for Economic Cooperation and Development

3. MARCO NORMATIVO

La Universidad Industrial de Santander como institución de Educación Superior Colombiana, debe cumplir con todas las leyes y ordenamientos dictados por el gobierno Colombiano, por lo que se hace vital conocer los desafíos que la normativa ambiental colombiana le plantea o los que enmarcan su crecimiento como Campus Verde.

3.1. ANTECEDENTES

Una de las primeras leyes ambientales en Colombia fue la ley 23 de 1973. Creada bajo el marco teórico planteado en la Convención de Estocolmo sobre el Medio Ambiente (1972). Ésta ley estableció el medio ambiente como patrimonio nacional, las formas como el gobierno plantea su cuidado (educación, incentivos, sanciones, entre otros), algunas definiciones y la expedición de Código de Recursos Naturales y protección del medio ambiente (Decreto 2811 de 1974).

3.2. CONSTITUCIÓN.

La Constitución Política Colombiana de 1991 establece la protección del ambiente y de los recursos naturales por parte de las personas y el estado como una obligación (Art 8 y Art 95), este último a partir de la inclusión de planeación para el uso de los recursos naturales, una política ambiental en el plan de desarrollo del país en pos del desarrollo sostenible y la utilización de herramientas para su protección como sanciones, prevención y reparación (Art 80 y Art. 339). Las personas por su parte podrán tener una voz activa tanto en la planeación como en cualquier decisión ambiental que los afecte de manera particular o colectiva, ya

que gozar de un ambiente sano es un derecho. (Art 79, Art 81 y Art 340). Otras disposiciones son referentes al papel de regulador del estado sobre la prestación de saneamiento ambiental (Art 49) y el respeto que la propiedad privada debe tener de los parámetros básicos que implica hacer parte de una comunidad, incluyendo el ámbito ambiental (Art 58) [100][101].

3.3. TRATADOS Y CONVENIOS INTERNACIONALES.

Colombia ha ratificado diferentes tratados y convenios internacionales en pro de la protección del medio ambiente, se destacan [102]:

- Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Ley 99 de 1993) Se establece el derecho de toda persona a vivir en un ambiente sano, a su vez se respeta la soberanía de cada país de crear sus propios planes de desarrollo, sin embargo este debe ser sostenible y se plantean formas para alcanzar esta meta.
- Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono (Ley 30 de Marzo 5 de 1990, fecha de ratificación y adhesión: Julio 16 de 1990, entrada en vigor para Colombia: Octubre 14 de 1990) Se establece un canal de comunicación para intercambiar información de observaciones e investigaciones sobre el impacto que tienen las actividades diarias en la capa de ozono. Del mismo modo se alienta a tomar acciones legales sobre las actividades que perjudiquen la capa de ozono, sin embargo esto no es requisito.
- Protocolo de Montreal Relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono (Ley 29 de Diciembre 28 de 1992, fecha de ratificación y adhesión: Diciembre 6 de 1993, entrada en vigor para Colombia: Marzo 6 de 1994) Por el cual los estados se comprometen en plazos fijados a eliminar la producción e importación de ciertos productos químicos que lastiman la

capa de ozono, reportar periódicamente la situación su situación actual respecto a esta medida y recibir recomendaciones para alcanzar esta meta común.

- Convenio Marco de Cambio Climático (Fecha de ratificación y adhesión: Marzo 22 de 1995, entrada en vigor para Colombia: Junio 20 de 1995) Brinda una estructura general para las diferentes iniciativas que contribuyen a solucionar el cambio climático. Se reconoce el papel que juega las actividades industriales en la creación de gases que generan el efecto invernadero, los estados se comprometen a la cooperación entre ellos para intercambiar información sobre la generación de estos gases y las medidas adoptadas en pro de su disminución; a la par de las medidas tomadas para prepararse contra los efectos del cambio climático. No es requisito realizar ninguna acción concreta contra los gases que propician el efecto invernadero
- Protocolo de Kioto (Ley 629 de Diciembre 27 de 2000, fecha de ratificación y adhesión: Noviembre 30 de 2001, entrada en vigor para Colombia: Febrero 16 de 2005). Bajo la idea de «responsabilidad común pero diferenciada» se establece que los países desarrollados deben disminuir para el 2012 las emisiones globales en un 5% de 6 diferentes gases que contribuyen al efecto invernadero con respecto a sus emisiones en 1990 y los países subdesarrollados deben mantener sus emisiones por debajo de cierto nivel, complementariamente expone diferentes maneras de lograr estas metas.
- Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes – COPs (Fecha de ratificación: Julio 5 de 2008, entrada en vigor para Colombia: Enero 20 de 2009) Con el fin de proteger la salud humana contra los efectos nocivos de los COPs, se establece la eliminación de la producción e importación de los COP en unos plazos fijados, el cese de su uso y la disminución de las emisiones no intencionadas de los mismos.

3.4. LEGISLACIÓN AMBIENTAL APLICABLE A LA UIS.

Sobre los parámetros sentados por la constitución de 1991 y los diferentes tratados y convenios internacionales se han desarrollado múltiples leyes, decretos, resoluciones y normas. Los siguientes son los más destacados y aplicables a la Universidad Industrial de Santander [103]:

Bajo la ley 1333 de 2009 y la resolución 415 de 2010, se plantea el procedimiento para sancionatorio ambiental, que sanciona a cualquier persona o entidad que viole el Código de Recursos Naturales Renovables, donde la pena máxima es de hasta 5000 salarios mínimos vigentes entre otras penas que pueden ser reducidas si hay compromiso por parte del mismo para resarcir los daños causados al medio ambiente y también se crea el Registro Único de Infractores Ambientales RUIA, que es posteriormente reglamentado por la resolución. El decreto 1743 de 1994 exige a toda institución de educación prestar educación ambiental tanto como parte de su plan de estudios como afuera de las aulas.

En lo referente al agua, la ley 373 de 1997 y el decreto 3930 de 2010, establecen el programa para el uso eficiente y ahorro de energía y, el ordenamiento del recurso hídrico, la calidad y prioridad del mismo según el uso que se le vaya a dar y la prohibición de vertimientos o ciertas actividades cerca a cualquier fuente hídrica respectivamente.

En lo concerniente al aire, la mayor parte de la reglamentación está orientada al cumplimiento de diferentes protocolos como el protocolo de Montreal, la Enmienda de Copenhague al Protocolo de Montreal y el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas. La resolución 627 de 2006 establece los límites permisibles de ruido dependiendo de la zona y tipo de edificación como la realización de mapas de ruido por parte de las Autoridades Ambientales para desarrollar programas y hacer cumplir los límites.

En lo relativo a energía, Ley 697 de 2001 fomenta el uso racional y eficiente de la energía esto a través de la creación del Programa de Uso Racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales "PROURE", se promueve la utilización de energías alternativas a través de incentivos tanto en niveles de implementación como en investigación y educación. Las últimas resoluciones y decretos sobre este tema (decreto 2331 de 2007 y resolución 1511 de 2010) centran sus esfuerzos en el uso de bombillas ahorradoras y el manejo de residuos de bombillas en general.

En el caso de la gestión de equipos pos consumo existen numerosas resoluciones que reglamentan el manejo de los mismos dependiendo del tipo de equipos, entre ellos se encuentran: bombillas (Resolución 1511 de 2010), pilas (Resolución 1297 de 2010), computadores (Resolución 1512 de 2010) y llantas (Resolución 1457 de 2010). A su vez, la ley 1259 de 2008 vela por la correcta disposición de residuos estableciendo un comparendo ambiental por el incorrecto manejo de basuras que tiene penas como educación ambiental y 2 salarios mínimos por violación si se es persona natural y hasta 20 si se es persona jurídica y la ley 1252 de 2008 rige la importación y exportación de residuos peligrosos según el Convenio de Basilea.

3.5. NOTAS FINALES DE LA SECCIÓN

Dentro de The Global Competitiveness Report [-](#) Geneva: World Economic Forum del 2001-2002, se encuentra un ranking sobre las países con mejor calidad de leyes ambientales ERR²⁴ [104]. En este se tiene en cuenta la severidad, los subsidios, la estructura y la entrada en rigor que se ven reflejadas en las leyes ambientales donde la presencia de los mismos significa puntos positivos y la ausencia, puntos negativos. En el primer lugar de la lista se encuentra Finlandia mientras en el puesto 46 de 71 países se encuentra Colombia con un puntaje de -0.416 frente a

²⁴ Environmental Regulatory Regime Index

un 2303 de Finlandia. Esta diferencia de cifras sumada al valor negativo del puntaje, es una muestra clara del déficit de la normativa ambiental colombiana.

Sin embargo, en el Environmental Performance Index 2012 donde aspectos como la salud del ecosistema y de los habitantes es medido, Colombia ocupó un notable puesto 27 en un ranking de 132 países. Aunque al mirar más detalladamente los resultados de la evaluación, se puede observar las falencias tanto en el tratamiento del agua como de los recursos hídricos, mínimos subsidios para la agricultura siendo un país mayormente agrícola, un alto porcentaje de CO_2 por kWh y sobre la última década, efectos negativos sobre nuestros bosques y fuentes hídricas.

Interpretar estos resultados mixtos en espacios de tiempo que fueron difíciles para la política ambiental colombiana es un desafío, en cambio es mejor ver uno como el resultado del otro. Para el 2002 Colombia era rica en normativa ambiental [105] (es en su mayoría estructural, no destacándose por ser severa ni otorgar cuantiosos subsidios, lo explicaría el mal resultado en el ERRI), lo cual sentaría las bases para programas más enfocados al reforzamiento del cumplimiento de las mismas.

Sin embargo, durante los siguientes ocho años se desarrollaron recortes al presupuesto al convertir el ministerio del Medio Ambiente en el ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Decreto 217 de 2003) dándole menos importancia a la temática ambiente, como se ve reflejado en Colombia Visión 2019 donde sus principales objetivos se desvían hacia el desarrollo, olvidando que debe ser un desarrollo sostenible como lo dicta la constitución [106]; la deforestación se triplicó [107] y la tasa por utilización de aguas se vio disminuida. Bajo este panorama para el 2011 se crea el ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (Decreto 3570 de 2011) por lo cual más allá del puesto ocupado en el

EPI²⁵ el análisis de sus resultados refleja claramente el panorama actual del país [108].

4. CERTIFICACIONES

El ciclo de vida de las edificaciones comprende muchos aspectos que tienen un impacto negativo en el medio ambiente (desechos de la construcción, emisiones de CO₂ que son el 40% de las emisiones globales, fuente de las materias primas utilizadas, entre otros) y en la salud de las personas (la calidad del ambiente al interior de las viviendas puede causar alergias, enfermedades respiratorias y asma). Las construcciones verdes se plantean como una alternativa que no solo mitiga estos impactos negativos sino también pueden ser económicamente más atractivas a medio y largo plazo por su ahorro en consumo de energía, agua y manejo desechos. Como estrategia para estandarizar estos “esfuerzos verdes”, compartir modelos exitosos y garantizar tanto a inversionistas como a posibles compradores el compromiso con el medio ambiente que la edificación posee, nacen las certificaciones para edificaciones verdes o sostenibles [109]–[111].

Este capítulo se centra en las certificaciones VERDE, LEED, BREEM, Green Star y CASBEE, repasando sus sistemas de evaluación y algunos ítems para tener una idea de las acciones con más ponderación en cada una de ellas y los requisitos para cumplirlas. Posteriormente se analizan estudios sobre edificaciones certificadas verdes y se menciona brevemente los avances en el desarrollo de una certificación verde colombiana para edificaciones diferentes a vivienda. El objetivo de abordar esta temática es encontrar la viabilidad de aplicación en la Universidad Industrial de Santander.

²⁵ Environmental Performance Index

4.1. VALORACIÓN DE EFICIENCIA DE REFERENCIA DE EDIFICIOS, VERDE (GBCE²⁶)

La certificación española VERDE se enfoca en la reducción de impactos, mediante un diseño óptimo y la ejecución del edificio siguiendo principios durante la compra de materiales, su transporte hasta el sitio de la obra, realización de la obra y manejo de residuos relacionados con la misma (aproximación al análisis de ciclo de vida [112]). Estos aspectos se evalúan en criterios, que dividen la evaluación de un edificio en varios aspectos constitutivos para generar una idea global del desempeño del edificio desde el punto de vista del desarrollo sostenible. Estos criterios fueron tomados en parte de los criterios desarrollados por el grupo de trabajo WG4 de la asociación *Sustainable Building Alliance*, pero solo se utilizaron los que verificaban la normativa española o se consideraban necesarios para el análisis integral del edificio. Siguiendo la misma lógica de adaptación de trabajos a la realidad española, se realiza la tabla de relación de impactos basados en los trabajos de los siguientes organismos ISO, CEN y Grupo 4 de SB Alliance. La certificación Verde está desarrollada específicamente para España y considera vital la adaptación de cualquier certificación al país donde se quiera aplicar.

Tabla 10. Categorías de Impacto Certificación Verde

IMPACTO	INDICADOR
1. Cambio Climático	kg de CO ₂ eq
2. Aumento de las radiaciones UV a nivel del suelo	kg de CFC11 eq
3. Pérdida de fertilidad	kg de SO ₂ eq
4. Pérdida de vida acuática	kg de PO ₄ eq
5. Producción de cáncer y otros problemas de salud	kg de C ₂ H ₄ eq
6. Cambios en la biodiversidad	%
7. Agotamiento de energía no renovable, energía primaria	MU
8. Agotamiento de recursos no renovable diferente de la energía primaria	kg Sb eq
9. Agotamiento de agua potable	m ³
11. Generación de residuos no peligrosos	kg
16. Pérdida de salud, confort y calidad para los usuarios	%
19. Riesgo financiero o beneficios por los inversores -Costo del Ciclo de Vida	€/m ²

²⁶ Green Building Council España

Los indicadores que vemos asociados con los impactos en la Tabla 10, son la manera de medir los diferentes criterios, varios indicadores pueden contribuir a la medición de un solo criterio.

Los impactos son evaluados a través de criterios que afectan de manera diferente cada impacto, por lo cual cada criterio cuenta con una ponderación asociada, esta depende de la gravedad del daño ambiental que pueda causar, la duración de los efectos del mismo al igual que su importancia en la problemática ambiental mundial y regional. Existen criterios de referencia cuantitativas que nacen a partir del estudio de la normativa, opiniones de expertos y desempeño promedio en la zona donde se encuentra la edificación a evaluar. También existen criterios que no son cuantitativos por su alto grado de subjetividad y son descritos mediante palabras. Se destacan los siguientes criterios con los que se evalúan parcialmente el impacto 1 y el impacto 7 de la Tabla 10 (que representan el 27 y el 7% de la calificación final respectivamente):

A.33 Contaminación lumínica: Tiene como objetivo evitar el exceso de gasto de energía para iluminación nocturna exterior que impide disfrutar del cielo y altera la fauna nocturna, entre otros. Se evalúa a partir de la luz emitida sobre la horizontal (FHS) [%], esperándose un valor entre el máximo permitido por la ley y el establecido como mejor práctica.

B.01 Uso de energía no renovable en los materiales de construcción: Considera toda la energía [MJ] utilizada en la creación de los materiales de construcción (extracción, transporte y producción) y el impacto ambiental generado en este ciclo. Su evaluación se realiza en comparación con los valores obtenidos para el edificio de referencia.

B.02 Energía no renovable en el transporte de los materiales de construcción: Su objetivo es la reducción de la energía utilizada para el transporte de los materiales siendo la herramienta más útil la compra de

materiales locales (fabricación en un radio de 200 km de la obra). Se evalúa haciendo un porcentaje en peso de los materiales locales respecto al total de materiales utilizados, el cual debe tener un valor mínimo de 30%

B.03 Consumo de energía no renovable durante el uso del edificio: Su objetivo es la reducción de la energía utilizada para la calefacción, aire acondicionado y duchas eléctricas, esto a través de la simulación energética de la edificación y su comparación con la edificación de referencia. Se promueve el uso de plantas de cogeneración

B.04 Demanda de energía eléctrica en la fase de uso: Se mide la reducción de la energía no renovable utilizada en viviendas y oficinas (equipos, ascensores, escaleras eléctricas, etc.) siempre y cuando hagan parte del diseño. Se evalúa el gasto energético de los equipos utilizados respecto al gasto energético estándar de los mismos.

La certificación verde se realiza comparando los valores obtenidos con los de un modelo de referencia que cumple con toda la normativa española, a este modelo se le asigna un valor de referencia de 0, para generar una escala de 0 a 5, siendo 5 la máxima calificación. Por consiguiente, todos los indicadores son normalizados para que sus resultados se encuentren dentro de este rango.

Finalmente, la certificación se da en “hojas sostenibles” de la siguiente manera [113]:

Tabla 11. Categorías certificación Verde

Número de hojas VERDE	Impacto Evitado
Cinco	4.5 - 5
Cuatro	3.5 - 4.5
Tres	2.5 - 3.5
Dos	1.5 - 2.5
Una	0.5 - 1.5
Cero	0 - 0.5

La Tabla 10 muestra los impactos para la certificación GEA VERDE NE Residencial y Oficinas V1.a, con la cual es posible certificar edificios universitarios, pero también puede hacerse bajo la certificación GEA VERDE NE Equipamiento. Esta certificación presenta características similares a la primera pero también presenta ciertas diferencias. GEA VERDE NE Equipamiento no cuenta con los impactos 2 y 5 de la Tabla 10 e incorpora los impactos: Bienestar de los usuarios y Emisión de compuestos foto oxidante; los criterios aquí expuestos también aplican para esta certificación, pero esta cuenta con más criterios enfocados a edificaciones que recibirán un flujo considerable de personas para realizar una actividad conjunta como lo son: accesibilidad, durabilidad y confort acústico. Actualmente tres edificaciones universitarias españolas (Parcelas 36 del Campus Riu Sec de la Universitat Jaume I, Castelló de la Plana, Servicio de Experimentación Animal y Facultat de Ciències de la Salut y, Campus Universitario Miguel Delibes, Valladolid, Lanzadera Universitaria de Centros de Investigación Aplicada) se encuentra certificadas: dos bajo la certificación GEA VERDE NE Equipamiento y una bajo la certificación GEA VERDE NE Residencial y Oficinas [114], [115].

4.2. LEADERSHIP IN ENERGY & ENVIRONMENTAL DESIGN. LEED (USGBC²⁷)

La certificación LEED refleja las medidas adoptadas en una construcción para mejorar el bienestar del medio ambiente y de las personas en las siguientes áreas (Activity Groups): Locación y transporte, emplazamiento sostenible, eficiencia del uso del agua, energía y atmosfera, materiales y recursos naturales, calidad del ambiente interior, innovación en el diseño y prioridad regional.

²⁷ United States Green Building Council

Cada área se divide en criterios y prerrequisitos, los criterios tienen cierto valor (puntos) y buscan incentivar el uso de herramientas que produzcan un beneficio al medio ambiente (son específicas para cada área, por ejemplo: en eficiencia del uso del agua, un crédito es la reducción del consumo de agua al interior de la edificación) cada área tiene un valor y la suma de los valores de sus créditos es igual a este. Los prerrequisitos son de obligatorio cumplimiento y sientan las bases que todo edificio certificado LEED debe cumplir (por ejemplo, en materiales y recursos naturales es un prerrequisito tener un plan de manejo de residuos de construcción y demolición). Los prerrequisitos no tienen puntos asociados.

Los siguientes criterios son los de mayor valor en las áreas energéticas e hídricas (el número de puntos varía dependiendo del tipo de edificación y certificación, los puntos que se muestran a continuación son para la certificación BD+C: Schools v4, estos nos dan una idea estimada de su importancia en cada área) [116]–[119]:

Emplazamiento sostenible: Crédito número 4, Manejo del agua lluvia (3 puntos de 12 totales del área): Su propósito es mantener el equilibrio hídrico del terreno para disminuir la escorrentía²⁸ y mejorar la calidad del agua. Existen dos maneras de completar este crédito la primera, a partir del uso de desarrollo de bajo impacto (LID) e infraestructuras verdes las cuales buscan utilizar procesos naturales para lidiar con el agua lluvia, preservando e imitando el paisaje de la zona. Se asignan 2 puntos si se desarrolla un sistema para la eliminación del agua lluvia residual producida por el 95% de las precipitaciones locales y 3 puntos si se desarrolla para el 98%, estos porcentajes son calculados a partir de registros diarios de lluvia y la guía de la EPA para los requerimientos para eliminar el agua lluvia residual. Como segunda opción se plantea el manejo del aumento de agua lluvia residual que se genera post construcción en el terreno con una asignación de 3 puntos.

²⁸ Escorrentía, se describe como el agua lluvia que no es absorbida por el terreno y no se evaporada a igual ritmo de la precipitación de agua, es decir, la acumulación de agua lluvia en la superficie del terreno [597], [598].

Eficiencia del uso del agua: Crédito número 2, Reducción del consumo de agua al interior de la edificación (7 puntos de 12 totales del área): busca disminuir el consumo de agua potable de las diferentes instalaciones y accesorios sanitarios de la edificación sobre los valores de referencia que se establecen en la página oficial de LEED. El número de puntos asignados dependen del porcentaje de reducción del consumo de agua al interior de la edificación variando de 1 punto para una reducción del 25% hasta 6 puntos para una reducción del 50%.

Energía y atmosfera: Crédito número 2, Optimización del performance energético (16 puntos de 31 totales del área): Su fin es mitigar el impacto directo que tiene en el ambiente y en la economía el uso excesivo de energía, por lo tanto se exige en la fase de diseño establecer la cantidad de kBtu por pie cuadrado-año consumirá la edificación. A partir de standard ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1-2010, se proponen dos alternativas, la primera (máximo número de puntos: 16) utilizando el apéndice G se simulan las edificaciones standard y diseñada, posteriormente se mide el porcentaje de disminución del gasto energético; La segunda (máximo número de puntos: 6) establece el cumplimiento de las disposiciones del standard y la aplicación del ASHRAE 50% Advanced Energy Design Guide and climate zone que incluye recomendaciones varios aspectos para la disminución del consumo de energía en un 50%, estas están ligadas a la zona climática donde se encuentra la edificación. Para poder optar por esta alternativa es necesario haber optado por la opción 2 en el prerrequisito de mínimo performance energético.

La suma total de los valores de todas las áreas excluyendo innovación en el diseño y prioridad regional debe ser igual a 100, las áreas de innovación y prioridad regional tienen un valor de 6 y 4 puntos respectivamente, por lo cual el puntaje máximo es de 110 (Excepto para los proyecto de vivienda (Homes) donde el valor máximo es 125 más 11 puntos de innovación en el diseño).

A su vez, existen diferentes certificaciones LEED, para los diferentes aspectos en los que puede evaluarse una edificación estos son: Diseño y construcción de la

edificios (BD+C), diseño y construcción de interiores (ID+C), operación y mantenimiento en edificios (O+M). Además existen dos categorías especiales que también cuentan con créditos y grupo de actividades especiales: desarrollos urbanos (ND) y diseño y construcción de viviendas (Homes).

LEED también se ha especializado para cubrir los requerimientos particulares ambientales o sociales que requieren ciertos proyectos, para lo cual aunque se reciba la misma certificación, USGBC tiene diferentes porcentajes de evaluación para diferentes tipos de proyectos. Actualmente los proyectos se dividen en: New Construction & Major Renovation (nueva construcción o renovación a gran escala), Core & Shell (Fachadas y estructuras), Schools (Escuelas), Retail: New Construction & Major Renovations / Retail: Commercial Interiors Comercios: nueva construcción o renovación a gran escala / Comercios: Interiores comerciales), Healthcare (Salud), Commercial Interiors (Interiores comerciales), Existing Buildings: Operations & Maintenance (Edificios existentes: Operación y mantenimiento), Data Centers (centro de datos), Hospitality (posadas), Warehouses and Distribution Centers (Almacenes y centros de distribución) y Multifamiliar Midrise (Edificios de mediana altura).

La suma total de los puntos ganados en cada área nos da el puntaje final, sobre el cual la certificación LEED se divide en los siguientes niveles (Excepto para viviendas):

Tabla 12. Categorías de Certificación LEED

Certificación LEED	Puntaje
Certificado	40 - 49
Plata	50 - 59
Oro	60 - 79
Platino	≥ 80

Al día se certifican LEED 1.5 millones de pies cuadrados y solo en el 2012, el 40% de los pies cuadrados certificados LEED se encontraban fuera de Estados Unidos [120]. Su plataforma online permite consultar proyectos similares, presenta explicaciones del objetivo de cada crédito y se presentan opciones para certificación de varios edificios que se encuentran en una misma área y son del mismo propietarios (LEED campus program) entre otras herramientas útiles para el desarrollo de proyectos, lo que hace a esta certificación un referente mundial para la clasificación de construcciones amigables con el medio ambiente. En Colombia existen actualmente 21 edificaciones certificadas LEED y se encuentran registradas para su certificación más de 100 [121].

4.3. BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT ENVIRONMENTAL ASSESSMENT. BREEAM (BRE²⁹ GROUP)

La certificación BREEAM se creó en 1990 y hasta la fecha ha certificado más de 250.000 edificios en más de 50 países [122]. Esta certificación refleja la integración del concepto de sostenibilidad en las diferentes fases del ciclo de vida de una edificación. Esto se realiza evaluando el edificio en las siguientes categorías: Gestión, Salud y Bienestar, Energía, Transporte, Agua, Materiales, Residuos, Uso del suelo y Ecología, Contaminación e Innovación.

Cada categoría está conformada por varias secciones que buscan evaluar todos los tipos de problemas ambientales relacionados con la misma y cómo estos se ven disminuidos con respecto a una edificación estándar (edificación que solo cumple con la regulación mínima que solicita el estado). Cada sección tiene un número de puntos asociados y la suma de estos puntos nos da la calificación por categoría, los valores obtenidos en cada categoría son divididos por el valor máximo de puntos que se podrían obtener en la categoría y expresados en

²⁹ Building Research Establishment

porcentaje antes de multiplicarse por la ponderación de la misma que se escoge según la problemática ambiental regional o nacional, el tipo de proyecto y edificación. Esta certificación es desarrollada en Reino Unido por lo que estas ponderaciones ya están especificadas para esta región al igual que para otras naciones europeas.

Los diferentes tipos de proyecto en los que se certifica BREEAM para el Reino Unido (Su oferta varía dependiendo del país) son: Communities (Urbanismo), New Construction NC (Edificación nueva), In Use (En uso), Refurbishment (Renovación), Code for Sustainable Homes CSH (Vivienda) y Bespoke (A medida). Igualmente existen guías para la evaluación de las siguientes edificaciones: Cortes, Educación (desde jardines infantiles hasta edificios universitarios), industrial, salud, comercio, oficinas, prisiones, centro de datos y edificios residenciales multifamiliares.

Al tener todas las categorías multiplicadas por su ponderación se suman y este resultado nos da el puntaje final. La certificación BREEAM se divide en las siguientes categorías:

Tabla 13. Categorías de Certificación BREEAM

Certificación BREEAM	Puntaje
Sin clasificar	< 30
Aprobado	≥ 30
Bueno	≥ 45
Muy Bueno	≥ 55
Excelente	≥ 70
Excepcional	≥ 85

Sin embargo existen secciones obligatorias (deben recibir un número mínimo de puntos que ya está fijado) para poder certificarse es decir, aunque los puntajes se

pueden obtener cumpliendo una mezcla infinita de secciones las obligatorias siempre deben cumplir el puntaje mínimo fijado, de otra manera no se recibe certificación alguna.

La certificación BREEAM especifica cuando se emitió la misma, lo que debe entenderse que específicamente en ese momento la edificación cumplía con los estándares impuestos en BREEAM, más sin embargo para una certificación constante se recomienda certificarse BREEAM In Use con revisiones regulares, esto es una obligación para cualquier edificación certificada BREEAM excepcional y debe hacerse dentro de sus primeros tres años de operación sino su certificación cambiará a Excelente.

La certificación BREEAM adjudica su credibilidad a la utilización de evidencia científica y métodos de medición sensibles para evaluar cada una de las secciones y así garantizar que efectivamente se está disminuyendo el impacto ambiental [123]. Algunos de los criterios de evaluación están relacionados con normas o documentos de buenas prácticas al igual que con las condiciones naturales específicas del país, por lo cual es importante ajustar estos estándares con los del país donde se encuentra el proyecto [124]. Colombia actualmente, no cuenta con ningún edificio certificado BREEAM [125]. Si se quisiera certificar uno se utilizaría BREEAM Internacional.

Aunque dependiendo del tipo de edificación como se mencionó anteriormente la certificación BREEAM varía, se mencionarán a continuación las secciones con más puntos para las categorías con mayor ponderación para la certificación BREEAM Internacional no residencial que sería la aplicable a las edificaciones de la universidad, existen 91 proyectos certificados de instituciones de educación superior.

Salud y Bienestar (ponderación de la categoría: 15%): Hea 2, Calidad del aire al interior de la edificación (4 puntos de 14 totales de la categoría): Este objetivo se

lleva a cabo en tres partes y tiene como prerequisite la no utilización de asbesto en la edificación.

- Se debe contar con un plan para la calidad del aire al interior de la edificación y su ventilación, donde se busca la menor exposición posible a agentes contaminantes como la remoción de los mismos y la ubicación a una distancia prudente de cualquier agente contaminante externo, sensores de CO₂ en áreas densamente pobladas de la edificación y otras especificaciones para países donde no sea prohibido fumar en edificaciones por la ley (1 punto), acorde con este plan también se exige que las pinturas y barnices utilizadas en la edificación cumplan con el límite de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (VOC) y otros requerimientos y/o estándares (1 punto).
- Se puede garantizar que ciertos espacios de la edificación pueden ventilarse completamente de manera natural de la siguiente manera: El área de las ventanas dispuestas para ser abiertas de al menos el 5 % del superficie total del cuarto y deben estar distribuidas en paredes, ser de fácil acceso y accionamiento. Si no se ventilara con ventanas dispuestas para ser abiertas, se debe demostrar que la estrategia de ventilación dispuesta cumple con el confort térmico y la ventilación requerida. En cualquier caso, los diseños deben ser respaldados por una herramienta de diseño de ventilación, además deben proveer al cliente con al menos 2 niveles de ventilación, uno que pueda desvanecer malos olores y sobrecalentamientos en el verano y otro, una ventilación natural sin corrientes de aire que satisfaga las necesidades de los ocupantes como manteniendo los niveles de contaminación debajo de los límites durante todo el año (1 punto).

Energía (ponderación de la categoría: 19%): Ene 1, Eficiencia energética (15 puntos de 27 totales de la categoría): Este crédito busca la disminución del consumo de energía a través de un buen diseño de la edificación para esto se cuenta con 2 alternativas:

- Se simula el rendimiento energético de la edificación diseñada y se compara con una de referencia con similares especificaciones pero que solo cumple con los estándares mínimos, esta simulación debe ser realizada por una persona calificada. De los resultados de la simulación se toman los siguientes 3 parámetros: demanda operacional energética de la edificación [MJ/m²], consumo de energía primaria de la edificación [kWh/m²] y las emisiones totales resultantes de CO₂ [kgCO₂/m²] con los que se calcula el EPRINC³⁰ de la siguiente manera: primero se presentan los valores de la edificación diseñada como porcentaje de los valores del edificio de referencia, posteriormente se busca el punto donde cada uno de estos 3 valores se intersectan con su curva específica que los “traduce” a valores entre 0 y 1, finalmente estos tres valores son multiplicados por una ponderación (0.23, 0.38 y 0.39 respectivamente) que intenta reflejar el impacto que tiene el diseñador en cada parámetro y son sumados, este valor final define el número de puntos obtenidos (1-15 puntos).
- Cuando no sea viable o posible realizar la simulación, un ingeniero de servicios de construcción debe confirmarlo y realizar la evaluación a partir de una lista de requisitos suministrada que incluye los siguientes aspectos: uso de sensores e iluminación eficiente utilizando lámparas de bajo consumo excepto para el sistema de emergencia, eficiencia en el calentamiento del agua, uso de tecnologías de baja o cero emisión de carbono, estructura de la edificación, uso de generadores eficientes para calefacción y enfriamiento y ventilación.

Materiales (ponderación de la categoría: 12.5%): Mat 1, Impactos del ciclo de vida (6 puntos de 11 totales de la categoría): Su objetivo es la utilización de materiales con bajo impacto ambiental, este crédito es valuado utilizando una herramienta de software para la evaluación de ciclo de vida (LCA), lo que hace este software es medir el impacto ambiental de los elementos utilizados en la edificación desde la

³⁰ EPRINC, Energy Performance Ratio for International New Constructions.

recolección de los materiales que los conforman hasta su eliminación o reciclaje. Adicionalmente se suministra una lista de elementos que obligatoriamente deben encontrarse en el análisis y el número de puntos asociados a este criterio se depende de la robustez de la herramienta LCA utilizada así como el grado de análisis respecto al número de elementos evaluados, esta asignación de puntos es llevada a cabo por una calculadora diseñada específicamente para este criterio.

4.4. GREEN STAR (GBCA³¹)

La certificación Green Star está diseñada e implementada en Australia, actualmente cuenta con 7.2 millones de metros cuadrados certificados en Australia [126]. La certificación Green Star evalúa los estándares ambientales con los que se diseñó y construyó una edificación. Esta evaluación se divide en las siguientes categorías: Gestión, Calidad del Ambiente al Interior, Energía, Transporte, Agua, Materiales, Residuos, Uso del suelo y Ecología, Emisiones e Innovación.

Las subdivisiones y demás ponderaciones y cálculos se realizan de la misma manera que en la certificación BREEAM, escogiendo las ponderaciones basados en un análisis con los diferentes entre gubernamentales dedicados al medio ambiente, una encuesta nacional realizada por el GBCA y los hallazgos encontrados por el proyecto de edificaciones sostenibles de la OECD³²[127].

La certificación Green Star se emite en las siguientes áreas: Design and As Built (Diseño y construcción), Interiors (Interiores), Communities (Comunidades, para este tipo de certificación existe un grupo diferente de categorías) y Performance (Operación, para edificios ya existentes). Así mismo existe una gran variedad de edificaciones para las cuales se han desarrollado sus guías de calificación

³¹ Green Building Council Australia

³² Organisation for Economic Co-operation and Development

específicas como: Educación, Salud, Industrial, oficinas (interior, diseño y construcción), comercios y edificios públicos.

Basados en la puntuación total, la certificación Green Star tiene las siguientes categorías:

Tabla 14. Categorías de Certificación Green Star

Certificación Green Star	Puntaje	
Una Estrella	10 - 19	
Dos Estrellas	20 - 29	
Tres Estrellas	30 - 44	
Cuatro Estrellas	45 - 59	Mejor practica
Cinco Estrellas	60 - 74	Excelencia Australiana
Seis Estrellas	≥ 75	Liderazgo Mundial

Solo la certificación tipo Performance se mide de una a seis estrellas, el resto de certificaciones solo tienen un rango de cuatro a seis estrellas.

Actualmente existen 50 certificaciones Green Star otorgadas a universidades en toda Australia [128], en las categorías: As Built, Design y PILOT.

4.5. COMPREHENSIVE ASSESSMENT SYSTEM FOR BUILDING ENVIRONMENTAL EFFICIENCY. CASBEE (IBEC³³)

La certificación japonesa CASBEE nació del reconocimiento de los grandes impactos ambientales que generan las edificaciones durante su ciclo de vida y como un esfuerzo para mitigarlos. El desarrollo de la certificación CASBEE se basa en la idea que toda edificación es un espacio cerrado (teniendo como bordes

³³ Institute for Building Environment and Energy Conservation

los límites de la misma y ciertos límites hipotéticos en el cielo y subsuelo), por lo cual se define como carga ambiental (L) todo efecto negativo que va más allá de sus límites y como mejoramiento de desempeño ambiental dentro de sus límites (Q) como el mejoramiento de condiciones de vida de los usuarios de dicha instalación.

Estos dos conceptos se relacionan entre sí para aplicar el concepto de Eco-eficiencia en el ámbito de las edificaciones. La Eco-eficiencia se define como: “valor de productos y servicios por unidad de cargas medioambientales”. En la certificación CASBEE este concepto se aplica bajo el nombre Built Environment Efficiency (BEE) que es igual a la calidad ambiental de la edificación por carga ambiental del mismo [129].

Ecuación 1. Built Environment Efficiency (BEE)

$$BEE = \frac{Q}{L} = \frac{SQ - 1}{5 - SLR}$$

Los parámetros de la Ecuación 1 significan:

Q: Calidad ambiental de la edificación.

L: Carga ambiental de la edificación.

SQ: Puntuación total en calidad ambiental de la edificación.

SLR: Puntuación total en reducción de la carga ambiental de la edificación.

Como se puede apreciar en la Ecuación 1, la certificación CASBEE no evalúa la carga ambiental de la edificación sino la reducción de la carga ambiental de la edificación (LR). La certificación CASBEE evalúa los siguientes aspectos: Eficiencia Energética, Uso Eficiente de Recursos, Medio Ambiente Local y Medio Ambiente Interior. Estos se reescriben en función de Q y LR de la siguiente

manera: Q1 Medio Ambiente Interior, Q2 Calidad de los servicios y Q3 Medio Ambiente exterior del sitio, LR1 Energía, LR2 Recursos Naturales y Materiales y LR3 Ambiente fuera del sitio.

A continuación se describirán los créditos más relevantes para los aspectos con mayor ponderación, estos fueron escogidos para una edificación tipo escuela (algunos criterios no son aplicables dependiendo de la edificación) que abarca también edificaciones universitarias:

Q1 Medio Ambiente Interior (ponderación de la categoría: 40%), 3. Confort térmico (ponderación de la subcategoría dentro de la categoría 35%), tipo de sistema de aire acondicionado (ponderación del criterio dentro de la subcategoría 30%): Su propósito es disminuir los cambios de temperatura vertical y cualquier flujo de aire generado por el aire acondicionado, su enfoque se encuentra en el diseño o elección del sistema del mismo como herramienta para evitar estos tipos de molestias al usuario final de la edificación. Su evaluación se realiza por medio de niveles del 1 al 5 durante las etapas preliminares del diseño (PD), de ejecución del diseño (ED) y terminación de la construcción (CC). El nivel uno se otorga cuando la problemática no fue tomada en cuenta, el nivel tres es solo para los sistemas de suministro de aire y plan de extracción que tomen en cuenta esta problemática (PD) y variación de temperatura vertical de no más de 5 [°C] y flujo de viento de no más de 0.35 [m/s] (ED y CC) y el nivel cinco se reserva para un sistema de aire acondicionado diseñado o escogido teniendo en cuenta la problemática (PD) con una variación de temperatura vertical de no más de 2 [°C] y flujo de viento de no más de 0.15 [m/s] (ED y CC). Los niveles intermedios 2 y 4 están destinados como niveles intermedios entre los niveles definidos.

LR2 Recursos naturales y Materiales (ponderación de la categoría: 30%), 2. Reducción del uso de fuentes recursos no renovables (ponderación de la subcategoría dentro de la categoría 63%): Esta subcategoría se divide y evalúa en seis criterios:

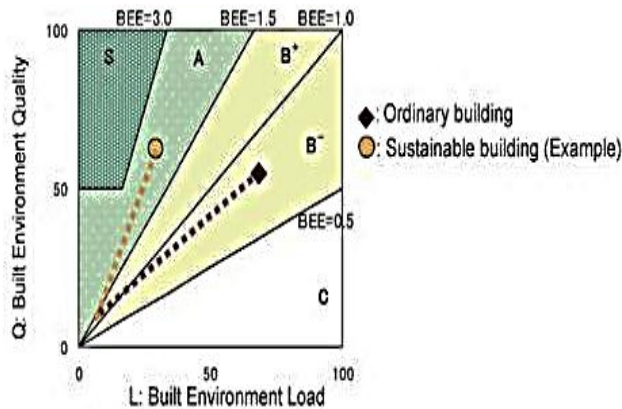
- Disminución del uso de materiales (7% de la subcategoría): Basado en la idea de que el uso de materiales de alta dureza disminuye el uso total de materiales en la edificación, se premia el uso de materiales tipo acero (S), concreto reforzado (RC) y concreto reforzado con acero (SRC) y el no uso de madera. Se evalúa asignando puntos dependiendo de la dureza del concreto (F_c) y la dureza del acero de refuerzo principal (F), la dureza de armazón de acero de la estructura principal (F) y otras medidas utilizadas en partes principales de la estructura.
- Reutilización del armazón estructural existente (24% de la subcategoría): Representando el 90% del peso total de la edificación y siendo responsable de casi el 70% de la energía utilizada en la producción de materiales, la reutilización del armazón estructural de una edificación reduce notablemente el uso de nuevos materiales. Solo existen dos niveles de evaluación, el nivel tres donde no se reutiliza el armazón estructural existe ya sea porque no existía un edificio en el terreno, no es seguro, etc. y el nivel cinco que está destinado para los proyecto que si reutilizaron el armazón estructural existente.
- Utilización de materiales reciclados como materiales del armazón estructural (20% de la subcategoría): Esta categoría se basa en dos listados de materiales “verdes” reciclables, la lista designada para compra de ítems creada bajo la ley de adquisiciones “verdes” y la lista de productos marcados como ecológicos (Eco Mark) creada por la asociación ambiental japonesa. Solo existen dos niveles para su evaluación que corresponden a la no utilización de materiales reciclados como materiales del armazón estructural (nivel tres) y la utilización de materiales reciclados como materiales del armazón estructural (nivel cinco).
- Utilización de materiales reciclados como materiales no estructurales (20% de la subcategoría): Se basa en las mismas listas que el criterio anterior pero su evaluación es diferente, cada nivel depende del número de tipos de materiales reciclados utilizados (estos tipos están establecidos en las listas ya

mencionadas, por ejemplo baldosas y adoquines, productos de construcción para decoración de interiores, etc.)

- Productos madereros refinados provenientes de silvicultura sostenible (5% de la subcategoría): Se considera que para que un producto pueda ser renovable también su materia prima debe generarse de forma sostenible, se plantean tres maneras de identificar estos productos: si provienen de bosques de tala parcial, están marcados con el sello de explotación forestal sostenible o es producido en Japón a partir de coníferas. Su evaluación se realiza calculando el porcentaje de volumen productos madereros provenientes de silvicultura sostenible sobre el volumen total de productos madereros utilizados.
- Esfuerzos por mejorar la posibilidad de reutilización de materiales y componentes (24% de la subcategoría): A diferencia de los demás criterios, se enfoca en el final del ciclo de vida de la edificación y que materiales o componentes de la edificación podrán ser reutilizados en ese momento, esta evaluación se realiza a través de puntos donde cada una de las condiciones mencionadas a continuación tiene un valor de un punto: los materiales estructurales y acabados interiores pueden separarse fácilmente, acabados interiores y equipos no se encuentran empotrados de manera que fácilmente pueden ser removidos individualmente para demolición, renovación o remodelación y las unidades de materiales que pueden ser reutilizadas lo son.

De manera similar a las demás certificaciones, los resultados de cada aspecto descrito (Se califican de 1 a 5) se multiplican por una ponderación, las ponderaciones deben sumar 1 tanto para los aspectos Q como para los aspectos L y la suma de los mismos nos da un resultado final para Q y para L, los cuales al reemplazarse en la fórmula de BEE nos entregan la calificación final de la edificación, esta se divide en [130]:

Figura 2. Categorías certificación CASBEE Tabla 15. Categorías de Certificación CASBEE



Certificación CASBEE	
S: Excelente	Cinco Estrellas
A:	Cuatro Estrellas
B+	Tres Estrellas
B-	Dos Estrellas
C: Pobre	Una Estrella

Al igual que las demás certificaciones, CASBEE presenta varios tipos de certificaciones: Pre-Design (Pre-Diseño, se encuentra en desarrollo), New Construction (Nueva construcción), Existing Buildings (Edificaciones ya existentes) y Renovation (Renovación). A su vez presenta versiones para los siguientes tipos de proyectos específicos: Casa adosada, construcción temporal, versiones breves de las certificaciones regulares, Gobierno Local, ciudades, desarrollo urbano y efecto “isla” de calor.

Desde su última actualización en el 2010 la certificación CASBEE se enfoca de manera especial en la emisiones de CO_2 respondiendo a las metas fijadas por el protocolo de Kioto para Japón.

4.6. NOTAS FINALES DE LA SECCIÓN.

Las certificaciones LEED y BREEAM son constantemente estudiadas y comparadas [131]–[133], sin embargo estos estudios deben ser tomados con cautela dado que con cada actualización los contenidos y métodos de evaluación

cambian en busca de nuevas maneras en las que una edificación pueda causar menos impacto ambiental (normalmente a través de la adopción de nuevas tecnologías o abarcando aspectos antes no considerados).

LEED 2009 sufrió críticas ya que un buen puntaje no siempre reflejaba una edificación comprometida con el medio ambiente, a veces era solo la suma de esfuerzos puntuales que no respondían a las necesidades ambientales más relevantes [134]. Tanto para LEED 2009 como para BREEAM 2011 se estudió los softwares utilizados para evaluar las categorías de consumo de energía donde su performance está fuertemente relacionada con los estándares que utiliza cada certificación [135] y como estos modelos se alejan de las condiciones de operación de la edificación una vez terminada [136].

Sin embargo su mayor detractor han sido los resultados, estudiando edificios de un mismo espacio geográfico, estructura similar en un mismo espacio de tiempo se pudo concluir que en cuestiones de consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero las edificaciones certificadas LEED Oro presentan cifras menores a edificaciones no certificadas pero no es el caso con edificaciones certificadas LEED y LEED Plata que presentan un resultado igual o peor al de las edificaciones no certificadas [137]. Esto apoya la creciente preocupación por la cantidad importante de estados, agencias gubernamentales y ciudades que actualmente exigen un mínimo certificado LEED en nuevas edificaciones públicas [138], además los cuestionamientos de los métodos utilizados para el desarrollo de la certificación han llevado a algunos organismos gubernamentales a vetar su utilización en edificaciones públicas [139], [140].

Actualmente la certificación LEED se encuentra en una etapa de transición de la versión LEED 2009 a la versión LEED v4 (Lanzada el 20 de noviembre de 2013), los cambios entre estas versiones se enfocan en una certificación que pueda ser aplicable globalmente, en una exigencia técnica mayor en cada crédito por lo que se aplicó una nueva manera de ser medida la importancia de cada elemento en

las categorías de impacto (las situaciones en las que se espera que el generar un cambio positivo), mayor exigencia en los materiales a utilizarse en la construcción, las categorías de impacto pasaron de ser las propuestas por el U.S. EPA's TRACI a ser fijadas por la propia USGBC y se adhieren nuevos tipos de proyectos (centro de datos, almacenes y centros de distribución, posadas, escuelas existentes, comercios existentes y edificios de mediana altura) [53], [141].

Colombia está trabajando en el desarrollo de su propio sello ambiental para edificaciones sostenibles con un uso diferente a vivienda (*SAC-ES0*), éste ya paso por su versión Beta que considera los siguientes aspectos: cumplimiento de la legislación vigente, requisitos ambientales, localización, agua, energía, aire, selección de materiales de construcción, manejo y disminución en la generación de residuos, requisitos sociales, requisitos económicos, vida útil y entrega. Dentro de estos aspectos se resalta los siguientes compromisos u requisitos: De la mano de la ISO 14001 se deben identificar los aspectos e impactos ambientales generados por la edificación durante su todo ciclo de vida, para los aspectos significativos se debe desarrollar un plan de gestión ambiental, y para los no significativos mecanismos de manejo y control, el porcentaje de superficies verdes está directamente relacionado con el índice de ocupación de la edificación y puede satisfacerse implementando terrazas verdes, fachadas verdes y de manera clásica ocupar parte del primer piso, el agua para riego de zonas verdes no debe ser potable, es decir, debe ser provista por un sistema de reutilización y reciclaje de agua que provea de agua con los estándares mínimos de calidad y también cabe resaltar que no se considera la huella de carbono de los materiales utilizados en la edificación como criterio para la selección de los mismos. Actualmente sigue trabajando en el mismo, una vez sea lanzado se deberán cumplir todos los requisitos para ser certificado [142][143][144].

4.7. POSIBLES APLICACIONES EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL SANTANDER

Aunque es posible certificar edificaciones que ya se encuentren construidas, es mucho más complicado cumplir con todos los requerimientos exigidos puesto que muchos de ellos implican el uso de materiales o elementos específicos, bajo consumo energético e hídrico a través de elección de sistemas de bajo consumo e incluso la selección del terreno. Es decir, que a menos que desde su concepción la edificación haya sido diseñada como una edificación verde es difícil lograr su certificación sin pasar por una gran remodelación. Habiendo dicho esto, solo sería posible certificar actualmente el edificio de Ingeniería Eléctrica fase I y II, puesto que implementa elementos verdes como el techo verde, bombillas solares, sistema automatizado para el manejo de la iluminación entre otros esfuerzos.

Además la aplicación dentro de este edificio de los diferentes programas en el marco de la gestión ambiental de la universidad (Programa de Gestión Integral de Residuos (PGIR), programa de Uso Racional de la Energía (URE), programa de calidad de aire y control de ruido, programa de Uso Racional del Agua (URA) y programa de conservación y manejo de la flora y fauna) complementan su perfil sostenible. No obstante, es necesario realizar un análisis minucioso del edificio para cuantificar si los esfuerzos implementados pueden ser traducidos en el cumplimiento de criterios y evaluar el estado actual de los programas ambientales, puesto que estos presentan diferentes objetivos y las mismas pueden influir en diferentes criterios. Las certificaciones verdes para edificaciones, permiten a todo nuevo proyecto de construcción o renovación en la universidad la posibilidad de desarrollarse desde su diseño como una edificación verde, referente de la región y como promotor de alternativas sostenibles. Actualmente en el país solo se han certificado edificaciones bajo la certificación LEED, por lo que sería más sencillo certificarse bajo la misma en comparación con las otras certificaciones debido a que ya ha sido adaptada a las normativas y particularidades del país.

5. DIAGNÓSTICO DEL CAMPUS UIS

El concepto de campus verde se proyecta en la Universidad Industrial de Santander en al menos cuatro aspectos importantes: educación, investigación, funcionamiento del campus y alianzas estratégicas (regionales, nacionales e internacionales). Es necesaria una clara determinación por parte de las directivas de la institución para trabajar y alcanzar metas conjuntas en los cuatro aspectos, así como la inclusión del concepto de sostenibilidad en la misión y visión de la universidad. Además de esto, el compromiso de todos los actores del campus y la comunidad industrial regional es vital para lograr un verdadero cambio [145], [146].

En el Plan Institucional de Desarrollo 2008 – 2018, la Universidad Industrial de Santander reconoce su compromiso de generar profesionales integrales y trabajos científicos que ayuden a constituir a Colombia como una sociedad sostenible, es por esta razón que la universidad cuenta con una política ambiental y un comité técnico ambiental y sanitario que adelanta diferentes programas ambientales; sin embargo, existe muchos aspectos que se deberían adelantar con iniciativas actuales, más eficientes y eficaces.

En el proyecto, aun sin publicar, denominado “Diagnóstico de la situación actual y formulación del plan estratégico que promueva el desarrollo sostenible en la Universidad Industrial de Santander³⁴” se expone la gran oportunidad de implementar un EMS³⁵ o SMS³⁶ reconocido que permita una conexión clara entre el planteamiento, ejecución, revisión y mejoramiento de las iniciativas a desarrollar en la Universidad, además de la implementación de un sistema de evaluación o

³⁴ Ing. Maria Carolina Acevedo, Ing. Juan Manuel Rey, Ing. Pedro Pablo Vergara y Qco. Oscar Fernando Benavides

³⁵ Environmental Management System

³⁶ Sustainability Management System

revisión desde los puntos de vista social, ambiental y económico TBL³⁷ que permita la comparación y fácil entendimiento por parte de otros entes [147], [148].

Esto plantea un reto estructural, la integración de lo que hasta ahora parece dos programas independientes, campus verde en educación e investigación llevado a cabo por los profesores y campus verde en la operación de la universidad llevada a cabo por el comité técnico ambiental y sanitario.

Entre los inconvenientes están la falta de financiación pública o privada que permita implementar y/o investigar acciones con mayor costo-beneficio, impidiendo un mayor impacto en el número de personas que puedan beneficiarse de los conocimientos aquí impartidos o experiencias exitosas implementadas en materia de sostenibilidad. “Las estrategias de educación deben enfocarse en integrar sostenibilidad en el currículo de manera que todos los estudiantes tengan al menos, una idea básica de cómo contribuir a una sociedad sostenible y los estudiantes que tengan interés en adquirir más conocimientos sobre el tema, tengan la oportunidad de hacerlo” [149]. No solo es necesario educar en sostenibilidad a los estudiantes y profesores, también se debe asegurar la educación de los administrativos en estos temas, de tal forma que se cree una conciencia sobre la necesidad de integrar el concepto de desarrollo sostenible en la universidad como solución a los problemas energéticos y ambientales que existen en la UIS [150]–[152].

Incluso cuando este proyecto de grado se enfoca más en recopilar las diferentes iniciativas implementadas o diseñadas en otras universidades, es pertinente realizar un análisis de lo necesario para generar un sistema adecuado donde todas las posibles ideas que puedan ser implementadas en la UIS de manera satisfactoria. Sin embargo, se afronta el reto más grande de cualquier investigación en sostenibilidad, la falta de multidisciplinariedad para resolver un problema que claramente abarca múltiples disciplinas [153]. En las siguientes

³⁷ Triple bottom line

secciones nos centraremos en la educación, investigación e implementación de varios aspectos que serían pertinentes para la UIS. De antemano se considera que es solo el inicio de un proceso que debe ser llevado junto con el desarrollo estructural de la investigación e implementación multidisciplinar en la región y en la UIS, además de las posibles alianzas con otras universidades o entes gestores de cambio, el sondeo de los intereses de los estudiantes y profesores y generación de espacios para concretar las iniciativas que mejor se adapten a la universidad y a la región basados en los estudios.

A pesar de lo anteriormente expuesto la UIS se encuentra entre las 301 universidades más sostenibles del mundo, de acuerdo con el ranking UI Greenmetric, en este ranking se tiene en cuenta las mejoras en infraestructura, energía y cambio climático, gestión de residuos, uso de agua, transporte y educación [154]. La UIS cuenta con un programa de gestión ambiental de residuos, uso eficiente del agua y protección de flora y fauna entre sus acciones de conservación ambiental pero como se verá en secciones posteriores la universidad ha avanzado mucho en investigación [155].

5.1. EDUCACIÓN

La universidad debe ampliar y redireccionar su contribución académica hacia los conceptos de desarrollo sostenible y campus verde, para ello debe incluir nuevas materias en su pensum tanto en pregrado como en postgrado, que incluyan contenido ambiental y de sostenibilidad. Todo esto llevado a nivel científico, técnico y lúdico, es decir, crear planes de trabajo que permitan formar e incentivar mediante actividades como talleres, conferencias, seminarios, actividades dentro del sistema de gestión ambiental, foros online, proyectos de grado entre otros. Pero surgen varios inconvenientes con la modificación del pensum, uno de ellos es el riesgo de perder la acreditación institucional, es claro que si se empieza un

proceso con miras a modificar los pensum de cada carrera, este proceso tomará varios años; sin embargo, existen algunas materias en algunos planes curriculares que tienen un enfoque hacia al desarrollo sostenible, como el programa de Diseño Industrial donde hay una materia llamada ecodiseño, en ingeniería civil existe una materia que tiene en cuenta las consecuencias que provocan las construcciones llamada evaluación del impacto ambiental [156].

Como conclusión la universidad debe afrontar la multidisciplinariedad del problema, e invertir en la asociación de todas las disciplinas en pro de un mejor desarrollo de profesionales integrales. Además, debe garantizar la comunicación y actuación de todos los actores aumentando las posibilidades de implementación y comportamiento necesario para ser líder en campus verde en Colombia [157]. Dado que la modificación del pensum puede ser un proceso largo y complejo, las actividades extracurriculares que realiza el departamento de gestión ambiental son opciones de formación y concientización ambiental, tanto para estudiantes como para directivos y empleados del campus

5.2. INVESTIGACIÓN

La importancia de la investigación en el desarrollo de las labores académicas, en la generación de conocimiento científico que brinde un cambio en beneficio de la sociedad y el medio ambiente. Es interesante ver que en la universidad se ha llevado a cabo muchos proyectos de grados tanto de pregrado y postgrado que están encaminados hacia el desarrollo sostenible. Un ejemplo claro se observa en la Escuela de Ingeniería Eléctrica, donde se pueden encontrar numerosas investigaciones:

Generación de energía eléctrica a partir de bicicletas estáticas [158], estudio técnico de potenciales aplicaciones domóticas en seguridad para el Edificio Eléctrica II [159], Diseño de un sistema de generación eléctrica fotovoltaica y de una red eléctrica en corriente continua de baja tensión para el posible nuevo

Edificio Eléctrica II de la Universidad Industrial de Santander [160], estudio de factibilidad técnica y financiera del uso del biogás obtenido del excremento de ganado para suplir necesidades energéticas del sector rural [161], estudio de factibilidad técnica y financiera de utilización de biomasa para suplir necesidades energéticas en el Edificio de Bienestar Universitario [162], tecnología LED: Revisión de aplicaciones como alternativa para entornos sostenibles [163], entre otras [155].

Es decir, en materia de investigación la universidad ha dado muchos frutos y en algunas escuelas se ha realizado un gran trabajo, la Escuela de Química en los últimos años ha experimentado una consolidación de la actividad investigativa que se ha visto reflejada en el desarrollo de diversos proyectos que han generado una mayor participación de los docentes y los estudiantes en labores de implementación y generación de nuevos conocimientos en la solución de algunos problemas ambientales, en muchos casos mediante la participación en trabajos interdisciplinarios.

5.2.1. Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM. Como parte del avance investigativo de la universidad como campus verde, se creó un grupo interdisciplinario de profesionales UIS que desarrollan estudios e investigaciones de carácter ambiental, este grupo está clasificado por Colciencias en la categoría B, una categoría intermedia para grupos investigativos a nivel nacional. Este centro de estudios le ha dado acompañamiento técnico a entidades de los sectores públicos y privados de la industria en general en áreas de acción como: energía y medio ambiente, desarrollo en procesos biotecnológicos, aplicación de energías renovables, programas de producción más limpia, monitoreo y análisis en recursos agua, suelo y aire, modelamiento de procesos industriales, y auditorías ambientales y energéticas. Actualmente, en el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología se encuentran registrados 12 grupos de investigación en los que

participan profesores de la escuela de química, los cuales están realizando un gran trabajo en la solución de muchos problemas ambientales [164].

La UIS, a través de CEIAM, realizó el décimo segundo Seminario Internacional del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, este evento reunió a expertos en diferentes disciplinas que propiciaron la transferencia de conocimiento técnico y científico en pro del fortalecimiento de la cultura de conservación y uso racional de los recursos. Fue dirigida a investigadores, profesionales y estudiantes de pregrado y postgrado.

El Seminario fue dirigido a investigadores, profesionales y estudiantes, de pregrado y pos-grado, de diferentes disciplinas que interactúan en torno al campo ambiental, con espíritu emprendedor, de liderazgo y gran capacidad en toma de decisiones. Para personas y entidades con responsabilidades en la gestión del medio ambiente en empresas y entidades tanto nacionales como latinoamericanas. Entre las temáticas que se trataron en el seminario están: Ciencia y Medio Ambiente; Energía y Desarrollo Sostenible: Biocombustibles y Energías Alternativas; Minería y Medio Ambiente; Conocimiento, Uso y Conservación de la Biodiversidad; Salud, Ambiente y Gestión de Riesgos; Avances normativos [165].

Un proyecto a resaltar es del estudiante de maestría en ingeniería Química e integrante del grupo de investigación Interfase Rolando Andrés Acosta Fernández, quien participó en el '4th International Congress on Green Process Engineering (GPE 2014)', realizado en España con un trabajo titulado "Intermediate Pyrolysis of Scrap Tyres: Influence of Process Parameters on Product Yield". Este trabajo es uno de los muchos estudios que se están haciendo en la escuela de Química donde se busca el mayor provecho a diferentes tipos de residuos, como el caucho de llantas usadas; de la descomposición de estos residuos se obtienen aceites combustibles y material sólido carbonoso que puede ser utilizado como precursor de carbones activados. En este evento participaron científicos y expertos

internacionales en procesos verdes, tecnologías limpias y sostenibles, nuevos solventes verdes y medios de reacción, biomasa y biorefinería, energía renovable y química verde, entre otros [166].

5.3. OPERACIÓN

En la universidad se están realizando actividades de acuerdo con metas ambientales que se ha propuesto, como la disminución del uso del papel, promoviendo el uso del correo electrónico, un compostaje para aprovechar los residuos que salen de la poda de árboles y de los residuos orgánicos de la cafetería, se eliminó la utilización de pitillos, entre otras.

5.3.1. Gestión Ambiental. Entre los programas ambientales que se coordina en la UIS se encuentran:

5.3.1.1. Programa de calidad de aire y ruido. Este programa busca implementar estrategias de prevención y control de las emisiones de partículas, gases y presión sonora en la Universidad como la realización de diagnósticos, monitoreo y seguimientos de las actividades que más influyen en la generación de estas emisiones. Estas estrategias buscan crear una cultura de autocuidado y de corrección de problemas de contaminación atmosférica que puedan llegar a presentarse en la comunidad universitaria [167].

5.3.1.2. Programa de flora y fauna. La extensa área de la universidad hace que la biodiversidad presente en las diferentes sedes sea numerosa, este

programa pretende mostrar y preservar las especies nativas que puedan estar actualmente en peligro garantizando la conservación y manejo adecuado de la flora y fauna en la universidad, aportando a su vez a la biodiversidad local y regional [168].

5.3.1.3. Programa de cultura ambiental. En el campus se han realizado actividades para crear conciencia en cada integrante de la comunidad universitaria, ya es un paso indispensable para que se puedan aprovechar los recursos hídricos y energéticos de una manera sostenible, disminuir las emisiones de partículas, gases y presión sonora, dar un correcto almacenamiento y disposición final de los residuos generados y cuidar la flora y fauna en el campus [169].

5.3.1.4. Uso racional de la energía. La comunidad universitaria debe concientizarse acerca del desperdicio de energía y lo que esto significa para el medio ambiente y el presupuesto de la universidad. URE es una alternativa de conducta respecto de la utilización y manejo de la energía, que no pretende disminuir la productividad, ni la calidad de vida o grado de confort [157].

5.3.1.5. Programa de gestión integral de residuos. El adecuado manejo de los residuos conllevará a una notoria mejoría en el conocimiento de la ruta de los residuos, en fin de cuentas ayudará en la reducción, separación, clasificación, aprovechamiento y disposición final de estos. Es por esta razón se han hecho actividades que conduzcan a un correcto comportamiento respecto a los residuos [170].

5.3.1.6. Uso Eficiente del Agua. Además del URE, en el programa de gestión ambiental se incluye el URA que busca la reducción de la cantidad de agua que se utiliza en el campus. En este objetivo cabe resaltar la investigación que se ha realizado en la universidad hacia un uso más eficiente de este recurso, es decir, que este programa busca la mejor manera de seguir disfrutando del agua con las mejores condiciones de calidad y suficiencia [171].

5.3.2. Proyecto SUMA. La UIS coordina el proyecto SUMA desde el 2011, un proyecto de la Unión Europea, financiado por la Comisión Europea, mediante el programa ALFA III. Esta iniciativa busca establecer un modelo financiero sostenible en el manejo de recursos de las instituciones educativas de América Latina y Europa. La experiencia, excelencia, trayectoria y cantidad de herramientas y conocimiento en el manejo financiero convirtieron a la UIS como el mejor candidato entre más de 100 propuestas a nivel mundial. Un total de 22 universidades de los 2 continentes se asociaron con la UIS para el desarrollo de SUMA, un proyecto que recibió un aporte de recursos para financiar del 80% de la iniciativa, una cifra que se aproxima a los 3 millones de Euros [172], [173].

5.3.3. Infraestructura. En busca de hacer visible este compromiso, las organizaciones certifican sus procesos y edificaciones por medio de alguna de las instituciones internacionales que garantizan su sostenibilidad. La certificación de sistemas de gestión y cumplimiento de normas en la Universidad Industrial de Santander de edificios ya construidos, es más complicado que la certificación desde su diseño, así lo demuestra el Edificio de Ingeniería Eléctrica fase I y II, que

cumple con los programas de gestión ambiental PGIR³⁸, URE³⁹, URA⁴⁰, programa de calidad de aire y control de ruido, programa de conservación y manejo de la flora y fauna que lo llevan a ser un referente de edificación verde [169].

En Colombia, la certificación LEED es la más utilizada por su adaptación a las normativas y particularidades del país, esta certificación es la más conveniente para la universidad ya que la comparación con otros edificios se haría de una forma más sencilla y efectiva [174]. Existe muchos edificios en el territorio colombiano que disfrutan los beneficios de las certificaciones LEED y otros más adelantan un proceso de recertificación entre ellos se encuentran 36 edificaciones tienen la Certificación LEED y 82 la están buscando en Colombia, ahora la meta es generar construcciones con cero consumo neto de energía [175], [176].

5.4. ALIANZAS

5.4.1. Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. La Universidad Industrial Santander en su búsqueda de certificarse con el sello LEED se puede apoyar en el CCCS⁴¹, el instituto que se encarga de coordinar y educar sobre el tema de construcción sostenible. El CCCS da respaldo a las instituciones educativas, en sus iniciativas de investigación y formación, las cuales son articuladas con las necesidades del sector privado. Para apoyar estas necesidades, el CCCS ofrece una amplia gama de posibilidades de Alianzas para la realización de cursos conversatorios y grupos de estudio [177].

Esta institución tiene 178 miembros, entre ellos, empresas de construcción, fabricantes de insumos e instituciones educativas, entre otros. Es decir, asociarse

³⁸ Programa de Gestión Integral de Residuos

³⁹ Uso Racional de la Energía

⁴⁰ Uso Racional del Agua

⁴¹ Consejo Colombiano de Construcción Sostenible

con este instituto traerá consigo, alianzas estratégicas con estos miembros entre los que se encuentra:

5.4.1.1. Aliados institucionales. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Área Metropolitana del Valle de Aburra, Acaire⁴², Academia Colombiana de Arquitectura y Diseño, Aprocof⁴³, Camacol Antioquia, Camacol Regional Caribe, Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible, Cecodes⁴⁴, Fedemaderas, Fundación Mario Santo Domingo, Sociedad Colombiana de Arquitectos, USGBC, World Wildlife Fund WWF.

5.4.1.2. Aliados académicos. Pontificia Universidad Javeriana, Universidad Antonio Nariño, Universidad del Atlántico, Universidad Externado de Colombia, Universidad de Medellín, Universidad el Norte, Universidad Tecnológica de Pereira.

A parte de una posible certificación LEED se puede considerar la norma NTC ISO 50001 que se ha adaptado a las condiciones del país y brinda la guía para la implementación de un Sistema de Gestión de Energía (SGE) aplicado a un proceso, edificio o toda una organización. Hay que tener en cuenta que esta norma, no tiene un indicador de mejoras en la gestión de la energía y rendimiento de las instalaciones, es decir, esta norma brinda solamente una guía para las organizaciones, quienes deben proponer sus alcances; motivo por el cual esta certificación es muy accesible, además, genera una base estructural muy sólida en el sistema de gestión energética.

⁴² Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración

⁴³ Asociación de profesionales en conducción de fluidos.

⁴⁴ Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible

En Colombia la compañía alemana Henkel logró certificarse bajo la norma ISO 50001. A continuación se revisará cuáles indicadores se pueden aprobar en las certificaciones ya mencionadas con las condiciones actuales de la universidad.

5.5. CERTIFICACIÓN LEED EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

La universidad en su interés de demostrar su compromiso con el medio ambiente, busca el reconocimiento de campus verde por medio de certificaciones, adoptando medidas en la construcción de sus edificios para mejorar el bienestar de las personas y el medio ambiente. A continuación se realiza un diagnóstico de cómo se encuentra la universidad ante una posible certificación LEED [178], por las condiciones que se expondrán más adelante la certificación más adecuada es LEED for New Construction and Major Renovations. Esta certificación se aplica a edificios enteros y requiere que los edificios funcionen durante al menos 12 meses continuos [179], [180]. Esta certificación tiene 8 prerequisites⁴⁵, 35 créditos⁴⁶ y 110 puntos⁴⁷, haciendo una revisión de todos los edificios y dadas estas condiciones el único edificio de la universidad con características suficientes para ser certificado son el edificio de Eléctrica I y el proyecto Eléctrica II [181].

La certificación LEED para el edificio de eléctrica oscila entre doscientos y cuatrocientos millones de pesos, dado el alto costo se hizo un estudio del potencial del edificio y se llegó a la conclusión que en un caso conservador se podría llegar a Certificate y en un escenario optimista a una certificación Gold, en la siguiente tabla se especifican los posibles puntos en cada área:

⁴⁵ Son lineamientos de cumplimiento obligatorio en una edificación que se desee certificar bajo el estándar LEED.

⁴⁶ Son lineamientos de cumplimiento opcional. Cada crédito otorga un determinado número de puntos.

⁴⁷ Valoración cuantitativa dada por el cumplimiento de un redito. Algunos créditos permiten el otorgamiento de puntos con un cumplimiento parcial

Tabla 16. Consolidado de potencial certificación del complejo E3T con base en el estándar LEED (Tomado de “Uso Racional de la Energía a partir del Diseño de Aplicaciones Sostenibles en el Edificio Eléctrica II de la Universidad Industrial de Santander” por G. A. Osma Pinto, 2011, p. 67)

SECCIONES	PRERREQUISITOS	CRÉDITOS	PUNTOS	PUNTOS POTENCIALES	
				CONSERVADOR	OPTIMISTA
Desarrollo sostenible en sitio	1	8	26	17	20
Innovación en el diseño	-	2	6	0	4
Calidad del ambiente interior	2	8	15	6	15
Uso eficiente del agua	1	3	10	6	10
Energía y atmosfera	3	6	35	13	27
Materiales y recursos	1	7	14	2	2
Prioridad regional	-	1	4	0	0
TOTAL	8	35	110	44	78

La sección más desfavorable fue la de “materiales y recursos” ya que no existe una práctica regular en Colombia de reutilización de materiales de construcción, esto crea una gran desventaja a la hora de pensar en la certificación pero a pesar de esto, este no es el mayor inconveniente, la inversión necesaria ronda entre los doscientos a cuatrocientos millones de pesos y en la universidad se considera que la certificación no es de prioridad. El impacto de las aplicaciones sostenibles será

inmediato, porque generara cambios como una menor inversión y una significativa reducción de los recursos durante la vida útil de la edificación [155].

A partir de esta experiencia la Universidad Industrial de Santander permitiría la masificación de edificaciones con altos perfiles de desempeño energético, con lo cual se favorecería la región y aportaría las bases para que se sigan estas prácticas en Bucaramanga que tiene una de las tasas de construcción más alta del país. Si la UIS desea certificarse con un sello verde como el LEED deberá realizar una gran inversión para lograrlo, sin embargo podría acceder de una manera más sencilla a la certificación de ISO 50001 de la gestión de energía, la universidad cuenta con las condiciones para esta certificación como se hablará posteriormente.

5.6. ISO 50001

5.6.1. Organización Internacional de Estandarización. La ISO⁴⁸ es una organización no gubernamental que agrupa institutos nacionales de normalización a fin de promover la elaboración de documentos que establecen requisitos, especificaciones, pautas o características para que los productos y servicios sean adecuados y eficientes en su propósito en el comercio, los gobiernos y la sociedad. Estas normas las desarrolla conjuntamente con los sectores que las van a utilizar y en colaboración de grupos técnicos tales como la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), la Unión de Telecomunicaciones Internacional (ITU), y organizaciones como las Naciones Unidas (UN) la Organización Mundial de Comercio (WTO) y entre otras [182], [183], [184].

ICONTEC⁴⁹ es el principal organismo de normalización en Colombia y es también miembro de ISO, a pesar de ello las normas desarrolladas no son obligatorias en Colombia, ni en ningún país que sea miembro pero su efectividad y practicidad han hecho que diversas organizaciones alrededor del mundo las implementen [185]. ISO no certifica ningún producto, servicio o sistema de gestión, solamente elabora normas. Para acceder a toda su información cada documento debe ser comprado ya que están protegidas por copyright. Finalmente, cabe anotar que ISO también colabora regularmente con la mayoría de las organizaciones internacionales de metrología, calidad y evaluación de la conformidad [186].

5.6.2. Sistema de Gestión. Los sistemas de gestión son el conjunto de objetivos, indicadores, metas, procesos, procedimientos, recursos e infraestructura, es decir, son aquellos elementos que interrelacionados interactúan para establecer y lograr una meta planteada en cualquier organización [187]. ISO ha desarrollado

⁴⁸ International Organization for Standardization

⁴⁹ Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación

diferentes normas a nivel internacional que establecen los requisitos que deben cumplir los diferentes sistemas de gestión que existen en el mundo [184].

5.6.3. Gestión Energética. Es la disciplina de planear, organizar, dirigir y controlar los recursos energéticos para cumplir con los objetivos y metas propuestas por la organización. En otras palabras es la administración de la energía por una organización específica [188].

5.6.4. SGen Sistema de Gestión de la Energía. Un EnMS (Energy Management System por sus siglas en inglés) es un conjunto de políticas y procedimientos que desarrollando en etapas en un proceso continuo permiten el trabajo ordenado de la optimización del uso de la energía y tiene como objetivo mejorar en el desempeño energético de la organización, es decir, aumentar la confiabilidad del sistema, la racionalización de su uso y eficiencia de la energía. El proceso de gestión energética busca cubrir todos los componentes del sistema como la infraestructura, la política energética, además, aspectos relacionados con capacitación y mantenimiento, logrando un mejoramiento continuo en cada uno. La diferencia entre EnMS y EMS (aunque sus siglas traducen lo mismo) es que este último se refiere al software que proporciona una visualización centralizada de los datos del medidor de energía y/o habilita funciones específicas de control de la energía [189].

5.6.5. Modelo del SGen para la ISO 50001. Sistema de gestión de la energía que cumple con los requisitos de la norma ISO 50001.

5.7. NORMA ISO 50001:2001

Norma que especifica los requisitos de un Sistema de Gestión de Energía (SGEn) la cual no establece requisitos, ni exige un nivel de desempeño energético [190]. ISO 50001 proporciona el marco conceptual de los componentes de un sistema de gestión energética, pero no la forma de ponerlo en práctica o los detalles sobre el contenido. Esta norma no establece requisitos absolutos para el desempeño energético, no establece criterios para medir el rendimiento del sistema, los conceptos de alcance y límites de flexibilidad para que la organización defina lo que estará incluido en el SGEn [191]. Aunque, uno de los compromisos que la norma exige es una política energética que dé cumplimiento a los requisitos legales a los que esté sometida la organización y a la mejora continua.

El concepto de desempeño energético incluye el uso de la energía, la eficiencia energética y el consumo energético. Por lo que la organización puede elegir entre un amplio rango de actividades de desempeño energético. Por ejemplo, la organización puede reducir su pico de demanda y utilizar ese ahorro de energía en mejorar las operaciones de su sistema. Dos organizaciones que realizan actividades similares pueden tener diferente desempeño energético y ambas pueden cumplir con los requisitos. En los planes de acción de la gestión de la energía se debe discutir el hardware y plataforma que se usará para la medición, control y la ubicación de oportunidades, se debe ubicar los equipos o procesos que tengan mayor impacto en el consumo de energía [192].

5.7.1. Objetivos y beneficios de la implementación de ISO 50001. Esta norma tiene como objetivos:

- Establecer, implementar, mantener y mejorar un SGEn.

- Generar un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en el desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y consumo de la energía.

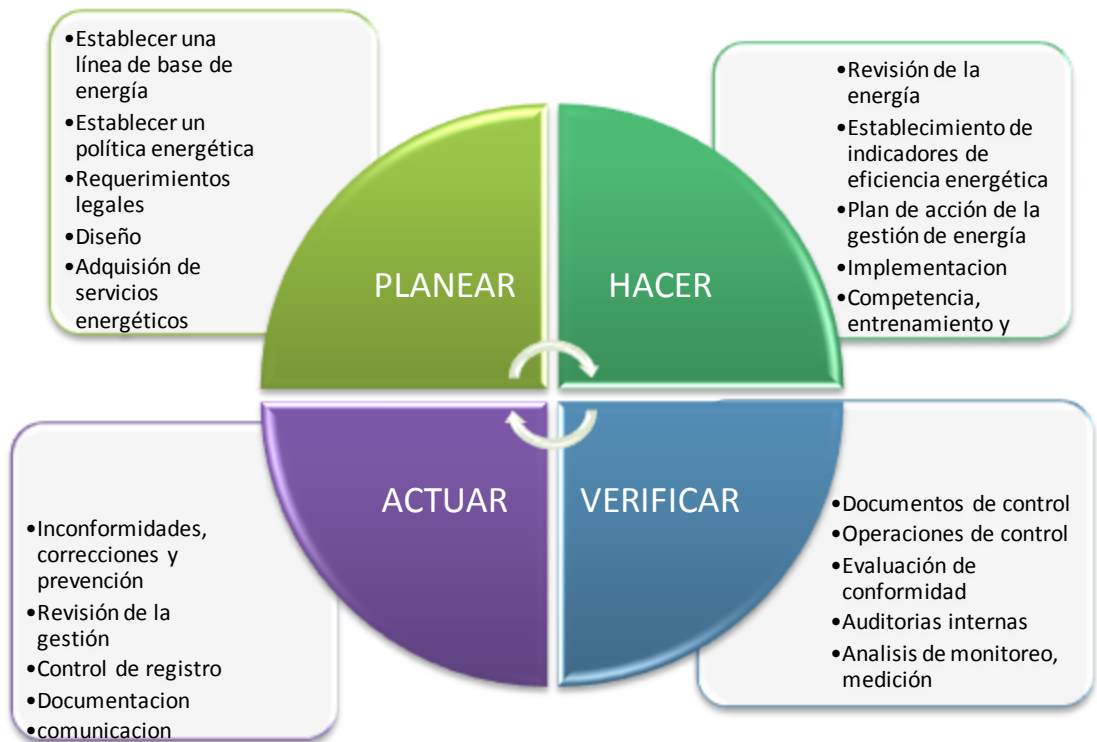
Estos objetivos son aplicables en toda una organización, un sitio específico, un proceso determinado o una estación de trabajo [191]. La implementación de la norma brinda los siguientes beneficios:

- El Ahorro de dinero mediante la mejora de la eficiencia energética y el rendimiento de los procesos.
- La reducción de los gases de efecto invernadero (GEI) y otros impactos ambientales relacionados.
- Refuerza la marca corporativa como sostenible y responsable con el medio ambiente, ganando reconocimiento de los clientes.
- La integración de otros sistemas de gestión para ahorrar recursos y mejorar la operación de la organización.
- Conocer los objetivos normativos obligatorios actuales y futuros sobre eficiencia energética y reducción de GEI, de esa manera aprovechar los beneficios económicos que brinda el gobierno por su cumplimiento.
- Generar una herramienta idónea para facilitar el cometido del Gestor Energético e implantación de actuaciones provenientes de auditorías energéticas.
- Facilitar la certificación de su SGEEn por una organización externa.
- Establecer una Política de Eficiencia Energética Corporativa [183], [184], [193], [194], [195].

5.7.2. Metodología de la Norma. ISO 50001 tiene un alto grado de compatibilidad con las Normas ISO 9001 e ISO 14001, ya que están basados en el mismo tipo de modelo de mejora continua, por esta razón, la integración de la gestión de la energía con la gestión de mejoramiento

de la calidad y la gestión ambiental se hace de una manera más sencilla. El esquema base de la metodología de estas normas de gestiones es el ciclo de mejora continua de Deming el PDCA Plan, Do, Check, Act (Planificar, hacer, verificar y actuar) en la siguiente grafica se muestra el ciclo para la gestión de energía:

Figura 3. Ciclo PDCA [183], [196]



5.7.3. 5 Pasos para la Implementación. La implementación debe ser completamente medible, las organizaciones establecerán los sistemas y/o procesos necesarios para mejorar la eficiencia energética, controlar y reducción de costos, para llevar a cabo estos requisitos es necesario conformar un equipo de consultoría de gestión de energía para ayudar a construir un plan de acción [194]. Entre las personas que pueden conformar este equipo están:

- Gerentes de planta.

- Gestores energéticos.
- Personal de compras corporativas.
- Personal de compras básicas.

El proceso de implementación tiene un promedio de 6 a 12 meses siguiendo 5 pasos estratégicos:

1. Análisis de deficiencias

En este primer paso se encuentra la inversión necesaria para la implementación del SGE.

- Se realiza un análisis general de las condiciones de la organización para poder determinar los objetivos y la línea de base energética con la que se va a medir los éxitos de la gestión energética.
- Se determinan que prácticas pueden ser adoptadas para cumplir con la norma y ayuden a establecer objetivos realistas y alcanzables a medida que desarrolle un plan de implementación.

En este primer paso se encuentra la inversión necesaria para la implementación del SGE.

2. Revisión de las instalaciones eléctricas

Esta evaluación se debe realizar mediante la línea base ya determinada en el primer paso y se establece:

- La cantidad de energía utilizada en cada una de las instalaciones y que diferencia podría suceder cambiando el comportamiento de consumo diario o invirtiendo en medidas que ayuden a la eficiencia energética.

- El propósito de uso de la energía en todos los edificios de la organización para tener total comprensión y control de las instalaciones.
- La necesidad de realizar un análisis de los servicios públicos e identificar los mayores usuarios de energía en la organización SEUS⁵⁰. Para cada uno de estos SEUS [197], [198], es necesario :
 - a. Desarrollar medidas de ahorro de energía.
 - b. Crear un plan de medición.
 - c. Identificar los parámetros de funcionamiento de usuario.

3. Construir SGEEn para la organización

En esta etapa se:

- Construyen los procedimientos para un sistema completamente funcional.
- Proporciona la sensibilización y capacitación de toda la organización, proveedores y clientes. De esta forma se garantiza que los objetivos de eficiencia energética tienen un plan para el cumplimiento de estos objetivos.

4. Revisión de la preparación y la auditoría interna

Se realizan evaluaciones internas preparando a la organización para una auditoría externa para este objetivo se debe:

- Evaluar la disposición de los miembros de la organización de adoptar la norma.
- Llevar a cabo un segundo análisis de las deficiencias para garantizar que se cumplan todos los requisitos.
- Llevar a cabo una revisión de la gestión, evaluando los resultados de la auditoría interna y los indicadores de rendimiento energético EnPIs⁵¹ [198].

⁵⁰ Significant Energy Users son procesos o cargas con un gran consumo o con un buen potencial de mejora de desempeño.

5. Auditoría de Certificación.

Hay dos etapas en la auditoría de certificación:

Etapas 1: Esta auditoría se realiza para garantizar la preparación para la etapa 2.

Etapas 2: Se asegura que SGE_n cumple la intención de la norma. Se sumerge más profundamente en los procedimientos y presenta las acciones correctivas para resultados mayores [194], [199].

5.8. IMPORTANCIA DE LA NORMA

Una gestión de energía no estructurada, sin prioridades, llena de incertidumbres y objetivos confusos provoca la pérdida de credibilidad y eficacia de programas bien intencionados. Todo esto crea un trastorno de inversión relacionadas con las iniciativas de eficiencia energética y medio ambiente, ya que no se justificaría su implementación. La estructura de la norma ISO 50001 puede ser usada para organizar todas estas iniciativas permitiéndole a los interesados entender dónde están las brechas de sus estrategias energéticas [198].

El cumplimiento de los objetivos del Programa de Gestión de la Energía, incluye la consecución de la certificación, el establecimiento de mejores prácticas, y la normalización. Muchas organizaciones multinacionales reconocen que la norma les da credibilidad y estructura a su sistema de gestión de energía, proporcionándoles una ventaja competitiva a nivel económico, funcional y cultural en sus ejecutivos y gerencia. Además genera un importante fortalecimiento en la imagen de la compañía, una imagen de compromiso con el desarrollo energético

⁵¹ Energy Performance Indicators o IDE_n por sus siglas en español Indicador de Desempeño Energético, es el valor cuantitativo o medida del desempeño energético tal como lo defina la organización.

sostenible, el cambio climático, liderazgo ambiental y cumplimiento de requisitos legales.

Alrededor del mundo se observa una gran acogida a esta norma, EE.UU. es uno de los países que tiene una gran tasa de adopción [186]. La expectativa de los mercados emergentes y su expansión vertiginosa hace necesario la conquista de nuevas oportunidades de negocio, así como la adaptación de las empresas a los cambios en la política pública respecto al desarrollo sostenible. Con la norma ISO 50001 se tiene un enfoque estructurado que permite la identificación de las oportunidades de mejora en la gestión de la energía en un examen continuo.

5.9. RENDIMIENTO SUPERIOR DE ENERGÍA

SEP⁵² es un sistema de clasificación para el mejoramiento del rendimiento. Fue creado como un complemento de ISO 50001 para ayudar a describir la cantidad de ahorro de energía que una organización ha recibido como un beneficio de la implementación de la norma ISO 50001. Certificación SEP es válida por tres años, siempre y cuando las auditorías anuales se lleven a cabo.

Existen tres niveles, todos asociados a un determinado porcentaje de ahorro energético y mejora del rendimiento [197], [200].

La mejora del rendimiento del 5% = Plata

La mejora del rendimiento del 10% = Oro

La mejora del rendimiento del 15% = Platinum

⁵² Superior Energy Performance es un programa de certificación que verifica las mejoras en la gestión de la energía y el rendimiento de las instalaciones industriales. La certificación requiere el uso de la norma de gestión energética ISO 50001.

Con el fin de ser elegible para recibir una calificación de SEnPI⁵³ su organización debe ser ISO 50001 certificada. SEnPI se ofrece actualmente en cuatro sectores diferentes industrial, comercial, de transporte y de servicios públicos [201].

Figura 4. Mejora de rendimiento [192]



5.10. Algunas aplicaciones generales

La Agencia Federal Alemana de Medio Ambiente, Reinhard Peglau, elabora listas con las organizaciones que son certificadas en la norma ISO 50001 a nivel mundial [183], [202], entre estas organizaciones se incluyen:

- Automobili Lamborghini, Italy
- Bouygues Telecom, France
- China Steel Corporation, Taiwan
- Delhi International Airport, India
- Equinix Data Centre, Holland
- Hong Kong Science and Technology Parks Corporation
- Hyundai Motors, Korea

⁵³ SEP Energy Performance Indicator es la relación del consumo de energía con el consumo de línea de base, donde uno o ambos de estos se ajusta de modo que las dos cantidades de consumo corresponden a condiciones regulares.

- Italcementi Group, Bulgaria
- Lindt & Sprüngli, Germany
- Northern Rail, UK
- Pfizer, Ireland
- Pilkington Floatglas AB, Sweden
- Repsol Refinery, Spain
- Tokyo Energy Service, Japan
- Utico Middle East, UAE
- WEG Equipamentos Elétricos, Brazil
- Yokohama Tire Manufacturing, Thailand

Entre las primeras compañías en implementar exitosamente la norma ISO 50001 se encuentra una planta de Coca Cola ubicada en Wakefield, Inglaterra [203].

5.10.1. Coca-Cola Enterprises – United Kingdom. Coca-Cola Enterprises Ltd. es la mayor planta de fabricación de bebidas de Inglaterra y Europa, fue la primera empresa del sector de alimentos y bebidas en lograr la certificación ISO 50001 invirtió 51 millones libras esterlinas para la mejora de sus operaciones en Wakefield, que produce 6000 latas de refrescos cada minuto. Entre los beneficios que han conseguido están la reducción del 10% del consumo de agua y 16,5% de uso de energía, la reducción de la huella de carbono y los costos. Actualmente la compañía cuenta con varias iniciativas de energía, incluyendo la iluminación LED, optimización del horno de soplado de botellas, la recuperación de los sistemas de aire comprimido, la introducción de luz natural en la planta en lugares específicos, la reducción del uso de enfriadores y la instalación de un sistema de monitoreo en

tiempo real del consumo energético . La certificación de la norma ISO 50001 le proporciono un punto de enfoque y el conocimiento a los miembros para la identificación y el mejoramiento continuo de la gestión energética [204].

5.10.2. Northern Marine Management – United Kingdom/USA. El Stena Sphere Group se convirtió en la primera compañía de transporte en el mundo en obtener la certificación ISO 50001. La organización tiene en su administración 57 embarcaciones, incluyendo un barco petrolero y flota de transporte de gas, así como buques blue-chip.

La certificación de la norma fue la evaluación de todos los procesos y proyectos que la compañía estaba trabajando para la optimización del suministro energético de la flota. Establecieron una línea de base energética para definir qué tan lejos se encontraban del rendimiento óptimo antes de invertir en un sistema de gestión de la energía, la prioridad era desarrollar una herramienta de informes para toda la flota y alcanzar la regularidad en la elaboración de los informes, midiendo el consumo de combustible para su gestión [205]. La concienciación y sensibilización de los oficiales de los buques fue el factor más importante ya que el objetivo de reducir el consumo de combustible en un 5% se logró en un período de dos años.

Hubo una enorme cantidad de auditorías internas, ya que no existía ningún precedente para el programa de auditorías de una compañía de transporte marítimo. El principal beneficio de la norma fue la verificación y aprobación externa de las mediciones que se tomaron para gestionar el consumo de energía de la flota y el enfoque estructurado que se usó en la evaluación comparativa [206], [207].

5.10.3. Heritance Ahungalla Hotel – Sri Lanka. El Heritance Ahungalla, es el principal complejo turístico de cinco estrellas de Sri Lanka, es el primer hotel en el país en obtener la certificación ISO 50001. La decisión de implementar la norma de gestión de la energía fue tomada por el propietario Aitken Spence como herramienta para reducir el consumo de energía, además por el aumento de costos y limitaciones del suministro de energía en Sri Lanka [208].

El hotel gestiona eficazmente el consumo de energía sin comprometer la comodidad de los clientes, entre sus objetivos esta reducir el consumo de energía en un 8% por habitación ocupada en comparación con el año pasado. El hotel posee un sistema central de aire acondicionado dividido en cinco secciones de hoteles de la A a E. Durante la temporada baja, las habitaciones son asignadas de tal manera que el aire acondicionado puede desconectarse por sección logrando un ahorro significativo de energía significativa, sin embargo, si un cliente pide una habitación en otra sección, no hay más remedio que encender el aire de esa sección, ya que es imperativo atender las necesidades del cliente en primer lugar. Entre las medidas de ahorro de energía del hotel se incluye:

- El establecimiento de procedimientos operativos eficientes de energía para las máquinas y equipos que consumen cantidades significativas de energía.
- Analizar y mejorar el desempeño de la iluminación, la ventilación y el aire acondicionado HVAC⁵⁴ como parte de la gestión de energía.
- La formación, concientización y capacitación del personal sobre el ahorro de energía, la reducción de gases invernadero.

La norma ISO le entregó como beneficio el cumplimiento de las leyes verdes de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que dieron lugar a algunos incentivos fiscales, la reducción de los costos de operación durante los

⁵⁴ Heating, Ventilation, and Air Conditioning es la tecnología del confort ambiental del interior de un edificio o de un vehículo.

períodos de temporada baja y la contribución de un buen manejo de la energía a la red nacional [207].

5.11. APLICACIONES ESPECÍFICAS EN UNIVERSIDADES

5.11.1. University College Cork (UCC). Es la primera universidad en el mundo y la primera entidad del sector público de Irlanda en lograr la certificación ISO 50001, la implementación le tomó tan sólo cuatro meses, la institución utilizó Enerit un software que cubre todos los aspectos de la norma desde el análisis de los usuarios importantes, las oportunidades de ahorro, las acciones correctivas y la gestión de auditoría gracias a este software la certificación duró cinco meses [209]. El software mejora y simplifica considerablemente la gestión cotidiana ya que el sistema opera en un entorno muy dinámico y saturado de información. El uso de este software condujo a la automatización y la implantación de la norma ISO 50001, y va más allá de completar el estándar.

La certificación le ha brindado a la universidad una gran reputación respecto a todos sus proyectos de energía, los miembros del campus y los institutos de investigación como Tyndall National Institute, HMRC⁵⁵ han creado una gran trayectoria a través de más de 20 años de buen trabajo, tanto así que han conseguido el apoyo de la SEAI⁵⁶ autoridad gubernamental irlandesa de la energía sostenible [210]. Cada año se generan proyectos de alta tecnología como paneles solares fotovoltaicos, turbinas eólicas entre otros, la tasa de retorno de estos proyectos es muy alta, es decir, la inversión en estas tecnologías se recupera a

⁵⁵ Hydraulics and Maritime Research Centre centro de investigación del Universidad de Cork dedicado a la energía renovable e ingeniería costera que presta de apoyo a la industria marítima, así como a la Investigación y el desarrollo.

⁵⁶ Sustainable Energy Authority of Ireland agencia nacional de energía de Irlanda. Su misión es promover y contribuir al desarrollo de la energía sostenible en Irlanda.

largo plazo pero es necesario realizar estos casos de estudio para los estudiantes e investigadores del departamento de ingeniería civil y ambiental.

Para la concientización de los miembros del campus se distribuyen informes mensuales del seguimiento del consumo eléctrico, además se exhiben carteles relacionados con el uso eficiente de la energía en todo el campus.

El mayor gasto de energía se encuentra el uso de gas natural para la calefacción de los edificios, gracias a la gestión de la energía se ha reducido su consumo en un 5,2% en seis meses, coincidiendo con el período de preparación para la certificación. Entre las iniciativas de uso eficiente de la energía se incluye:

- Instalación de calefacción solar térmica en el edificio O'Rahilly
- Mejoramiento de la iluminación de todos los teatros de conferencia y parqueaderos.
- Restauración de la ventilación de los laboratorios informáticos de ingeniería civil.
- Renovación de la iluminación y la calefacción térmica para Crossleigh House como un proyecto de investigación del departamento de ingeniería civil y ambiental.
- Instalación de medidores de calor adicional en los edificios del campus central.
- Actualización de la red de comunicaciones de todo el sistema de gestión de edificios BMS⁵⁷
- Renovación de los medidores para la monitorización de la energía y la orientación del sistema M&T⁵⁸

⁵⁷ Building Management System es un sistema de gestión de edificaciones basado en un software y Hardware de supervisión y control instalado en edificios.

⁵⁸ Monitoring and Targeting es una técnica de eficiencia energética basada en el axioma de gestión estándar que indica que no se puede gestionar lo que no se puede medir.

- Renovación de las calderas de vapor y las salas de calefacción, cambiar el aislante de las tuberías de vapor, como parte del programa de renovación gradual.

Como resultado de la implementación de la norma hubo un especial enfoque en la mejora el control operativo de los equipos y los sistemas existentes dado que este enfoque entrego nuevas oportunidades de ahorro energético a bajo costo. Ahora el instituto tiene una visión muy clara y sistemática de todas las actividades de gestión de la energía y seguimiento preciso del progreso que se está realizando en el campus. La UCC fue galardonada por la FEE⁵⁹ como el primer campus con la bandera verde del mundo en el 2010 [211].

5.11.2. Massachusetts Institute of Technology. El Instituto de Tecnología de Massachusetts MIT posee aproximadamente 158 edificios que tienen una antigüedad de entre 2 a 130 años en el campus de Cambridge. Entre las iniciativas para mejorar la eficiencia energética y minimizar su huella de carbono, en sus más de 12 millones de pies cuadrados, se adoptó la norma ISO 50001. Si bien existen programas como LEED⁶⁰ que motivan la eficiencia energética en el sector de los edificios comerciales, estos no proporcionan realmente un medio para lograr la eficiencia energética. Por el contrario, las normas de gestión de la energía ofrecen una ruta para la mejora continua de la eficiencia energética.

La naturaleza dinámica de los sistemas energéticos de los edificios de la universidad llevó a pensar que era mejor crear un SGE_n piloto en un solo edificio antes de una implementación en todo el campus. El MIT examinó dos edificios, un edificio de laboratorios de química y un edificio de laboratorios de ciencia de los

⁵⁹ Foundation for Environmental Education es una organización no gubernamental sin fines de lucro que promueve el desarrollo sostenible a través de la educación ambiental.

⁶⁰ Leadership in Energy & Environmental Design es un sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos

materiales. Inicialmente, el equipo del MIT favoreció el edificio de laboratorios de química, ya que ese edificio se iba a remodelar, por lo tanto el ahorro de energía era casi garantizado. Sin embargo, la remodelación tomaría mucho tiempo y atrasaría la implementación del SGEEn, específicamente en las medidas de ahorro de energía, además de la certificación ISO [212]. Por el contrario, el edificio de los laboratorios de ciencia de los materiales, Building 13, necesitaba menos renovación. Este edificio alberga los laboratorios de ciencia de los materiales, física e ingeniería eléctrica, así como algunas oficinas todo en un espacio de 183.000 metros cuadrados. Al determinar los objetivos y alcances del SGEEn el MIT eligió a la alta dirección del proyecto y sus representantes, al ser un solo edificio, la alta dirección fueron los directores del departamento de administración de instalaciones MIT quienes serían los encargados de controlar los recursos humanos y financieros para aplicar el SGEEn, además de algunos miembros de la administración del MIT. Después de seleccionar la alta dirección fue fácil elegir los representantes basados en información actual de estructuras del Departamento de Instalaciones MIT. El director de la comisióning y facturación MEP⁶¹ fue considerado como el apropiado para ser representante de la dirección. Por último, el MIT tenía que seleccionar un equipo de energía para los SGEEn y se escogió un equipo de energía existente, que estaba formado por los directores de proyectos de construcción, coordinadores LEED y gerentes de sostenibilidad. Esta decisión ha resultado fructífera, ya que el equipo de energía actualmente es responsable de la gestión de la energía del campus.

La norma exige identificación de las condiciones legales del impacto del consumo de energía, ya que estos guían al alcance y selección de posibles medidas de ahorro de energía. Entre los requerimientos legales se incluyen todos los códigos de construcción que manejan en el MIT Green Building Task Force 2001 que

⁶¹ Mechanical, Electric, Plumbing es un componente importante de la cadena de suministro de la construcción. El diseño MEP es fundamental para la toma de decisiones, la documentación precisa, el rendimiento y el costo de estimación, planificación de la construcción, gestión y explotación de la instalación resultante.

busca cumplir con los objetivos de sostenibilidad en los edificios del campus. Otra estrategia para el buen manejo de la energía fue la alianza entre el MIT y NSTAR⁶² a través del programa de Efficient Forward con una inversión de 13 millones de dólares producirían un ahorro de 34 millones en 3 años [213], [214], esto hace parte del programa de CBP⁶³ del departamento de energía de estados unidos DOE⁶⁴. Todos estos programas se basan en el remodelamiento de los edificios para generar un ahorro de energía, en cambio, la norma ISO 50001 implementa un enfoque sistemático de gestión donde se debe pensar de manera global para integrar todo lo sea relevante a la eficiencia energética y las decisiones estén basadas en las prioridades y objetivos energéticos de la organización y no sea una simple remodelación que ayude al alcanzar una eficiencia energética [215].

La redacción de la política energética del instituto fue un reto que requirió la participación de miembros administrativos y que podía alargar el proceso de certificación; originalmente, se pretendía usar los objetivos ambientales del Green Building⁶⁵ como la política energética pero la norma ISO 50001 requería de compromisos claros respecto a Building 13, tales como una revisión anual, revisiones que asegurarán la actualidad y relevancia de los objetivos adquiridos con la eficiencia energética y la sostenibilidad. Se buscó aplicabilidad a todo el instituto para facilitar la futura certificación de todo el campus. Después de completar la política energética, el MIT comenzó a trabajar en la revisión de la energía que tiene tres componentes:

1. Un análisis del consumo de energía y su uso.

⁶² Es una empresa de servicio público que proporciona electricidad y gas natural a 1,4 millones de clientes en el este y centro de Massachusetts, incluyendo el área urbana de Boston.

⁶³ Commercial Building Partnerships es un programa que esta reduciendo drásticamente el consumo de energía mediante la aplicación de tecnologías y estrategias de vanguardia en proyectos de edificio específicos.

⁶⁴ U.S. Department of Energy es el gabinete del gobierno de los Estados Unidos responsable de la política energética y de la seguridad nuclear.

⁶⁵ Es el encargado de investigar y evaluar las últimas las políticas, procedimientos y ordenanzas de edificios sostenibles y recomendar su aplicación al desarrollo regional.

2. La identificación de los usuarios significativos de energía.
3. La identificación, priorización y registro de las oportunidades de mejorar de la eficiencia energética.

MIT decidió contratar a un consultor externo para la revisión de la energía por falta de recursos internos. El primer paso en la revisión de la energía es de entender el consumo de energía y uso para saber el rendimiento de la línea de base anteriormente establecido. El seguimiento del consumo de energía mediante la contabilidad de un ciclo de facturación, basándose en la lectura automática de medidores y los metros cuadrados en los que son utilizadas esta energía. Es decir, el consumo de building 13 fue del 5% del consumo total de energía del campus. Entre su consumo está el enfriamiento de agua, vapor y electricidad, de los cuales se analizó el consumo actual y el pasado, luego se procedió a la comprensión de cómo la energía era utilizada dentro del edificio, el MIT optó por un consultor de energía que creara registros de tendencias para entender cómo se usa la energía, además para la identificación de los usos significativos de esta energía. Uno de los usos significativos de energía es el de ventilación, debido a que los laboratorios requieren de mejor ventilación que otros edificios.

En el trabajo de caracterizar la ventilación de los laboratorios se estandarizaron las medidas por medio de Labs21 Benchmarking⁶⁶ para la identificación del uso significativo de energía en el edificio y una posterior comparación con otros laboratorios; para asegurar que el consumo de energía es significativo en ciertos usos y no resultado de las condiciones climáticas, el MIT utilizó una creación de EPA⁶⁷ la herramienta ENERGY STAR Portfolio Manager⁶⁸ que normaliza los datos teniendo en cuenta los efectos del clima en el consumo de energía. MIT habitualmente no normaliza el análisis de su rendimiento energético. Sin embargo,

⁶⁶ Es un programa para mejorar la eficiencia energética y ambiental de los laboratorios de Estados Unidos.

⁶⁷ U.S. Environmental Protection Agency es una agencia creada para proteger la salud de los seres humanos y el medio ambiente.

⁶⁸ Es una herramienta online que se utilizó para medir y realizar un seguimiento de consumo de energía y agua.

esto proporciona la base para SGE_n que básicamente gestiona estos usos, después de normalizar los datos se proseguía seleccionar los usos significativos de la energía.

Otro ítem importante en el proceso de implementación es el plan de comunicación, que es una actividad de aplicación tanto para los miembros del campus, como para público externo.

El MIT inició su trabajo de comunicación con la comprensión del por qué, el para qué de la gestión que se estaba llevando a cabo en la universidad, es decir, se buscó la sensibilización interna sobre cómo las acciones de las audiencias impactan sobre los usos significativos de la energía. La campaña de concienciación energética Behavior Change Projects, financiado a través de BEEP⁶⁹ generaron el logo y carteles alusivos a la conciencia de desarrollo sostenible en la universidad [216].

En Irlanda la UCC fue el primer campus en lograr la certificación ISO 50001. El equipo de gestión de la energía en la UCC utiliza un software que automatiza el seguimiento del rendimiento energético, basados en esa experiencia el MIT ve a esta técnica muy prometedora en gestión de la energía en su campus. A pesar de que aún no han determinado cómo van a evaluar la efectividad de su SGE_n, las primeras discusiones muestran que el principal indicador de esta efectividad será el ahorro de energía en aquellos edificios identificados como usuarios significativos de la energía. Como el rendimiento energético sigue mejorando, los SGE_n pueden ser evaluados por su contribución a un mejor rendimiento ampliado sus actuales compromisos con la administración ambiental [217].

La experiencia del MIT recalca la eficacia del ciclo planificar-hacer-verificar-actuar en la gestión de la energía, a pesar de las posibles dificultades de adaptación los

⁶⁹ Building Energy Efficiency Program son las políticas energéticas dirigidas a la reducción de la demanda de energía en el sector de la construcción

beneficios se ven en la reducción de los costos de operación de sus edificios y desarrollo de un sistema para la identificación y priorización de medidas en pro del ahorro energético.

5.11.3. Sheffield Hallam University. Entre las acciones que la universidad ha puesto en práctica para apoyar la mitigación de los daños ambientales, se encuentran el plan de gestión de carbono que desde el 2009 en colaboración con el Carbón Trust⁷⁰ y BSI group⁷¹ han llevado el compromiso de reducción de carbono a través de Kitemark⁷², a la certificación de la gestión de la energía estándar BS EN 16001⁷³ y posteriormente certificación a nivel internacional ISO 50001. Esta certificación ISO, le ha proporcionado una herramienta más efectiva y precisa para encontrar las oportunidades de implementar cambios en las operaciones y comportamientos de consumo de energía creando conciencia de las cuestiones energéticas.

SHU también posee la certificación BSI con la norma ISO 14001 de gestión ambiental así que tenía sentido continuar la asociación y adopción de una unificación de estándares, ya que muchos de los elementos necesarios para la mejor gestión de la práctica de la energía ya estaban en su lugar, pero simplemente no estaban formalizados.

⁷⁰ Es una empresa sin fines de dividendo que ayuda a las organizaciones a reducir sus emisiones de carbono y se vuelvan más más eficientes en la utilización de los recursos. La misión que tiene es la de acelerar la transición hacia una economía baja en carbono sostenible. Se reinvierte los excedentes de sus actividades comerciales del grupo en su misión.

⁷¹ British Standards Institution es una multinacional cuyo fin se basa en la creación de normas para la estandarización de procesos. BSI es un organismo colaborador de ISO y proveedor de estas normas, son destacables la ISO 9001, ISO 14001 e ISO 27001. Entre sus actividades principales se incluyen la certificación, auditoría y formación en las normas.

⁷² Es una marca de certificación de producto y servicio que pertenece y es emitida por BSI, es una de las marcas más confiables y reconocidas al nivel mundial.

⁷³ Sistema de gestión de la energía se centra en la eficiencia energética, la conservación de energía, gestión de energía.

Para todo este proceso de unificación, la dirección de instalaciones creó un nuevo cargo y contrató a un gerente de energía de carbono para coordinar y seguir los sistemas y procesos de gestión de energía existentes. Para superar algunas preocupaciones con respecto a la disponibilidad de recursos, la unidad especial de seguridad también decidió contratar a un equipo de consultores para llevar a cabo un análisis de las deficiencias. Esta actividad ayudó a identificar lo que tenía que ser abordado para la transición de la norma BS EN 16001 a la ISO 50001.

La universidad inicio un programa de formación de BSI para capacitación de auditorías internas en la gestión de la energía. Los aportes voluntarios de los departamentos y colegas proporcionan un gran apoyo y respaldo a este proyecto y la gente está empezando a entender las implicaciones de la energía debido a sus consumos diarios.

La Universidad utiliza ahora un sistema de control de documentos y de intercambio especializado con el apoyo de TI⁷⁴ para la auditoría.

Entre los beneficios de implementación y auditoría independiente del sistema de gestión de energía de la ISO 50001 incluyen:

- Cumplir los objetivos de la disminución de la huella de carbono y el acceso a la Financiación de la Educación Superior Consejo para Inglaterra HEFCE.
- Mitigación de los impactos de gestión ambiental
- Aumento de la confiabilidad y reducción del costo de suministro de energía
- Mayor reputación de los estudiantes y las investigaciones respecto al tema de energía.

Internamente la adopción de un enfoque sistemático para revisar y medir las actividades ayudará a involucrar al personal y a los estudiantes para identificar y

⁷⁴ Tecnología de Información es una disciplina basada en procesos, enfocada en alinear los servicios de TI proporcionados con las necesidades de las empresas, poniendo énfasis en los beneficios que puede percibir el cliente final.

responder a las oportunidades de ahorro de energía. De esta forma el éxito de la primera etapa está en reducir la dependencia de la energía y la disminución de costos así como el aumento de disponibilidad y confiabilidad de la energía. Desde la adopción de la norma ISO 50001 la universidad ha sido reconocida como una pionera de la mejor gestión energética y con frecuencia recibe invitaciones para hablar en conferencias dentro de su sector [218].

5.12. DIFERENCIAS ENTRE LA ISO 14001, LEED Y ISO 50001.

LEED es un sistema de certificación para edificios verdes de alto rendimiento, desarrollado por el Green Building Council EE.UU. (USGBC). Esta certificación tiene en cuenta el diseño, construcción y mantenimiento del edificio, es decir, todas las características físicas del edificio así como las medidas de conservación del mismo. LEED aborda temas como el valor de un aislamiento, la eficiencia del aire acondicionado, la orientación de las ventanas, y la eficiencia de la energía [219].

ISO 50001 se centra en las políticas y procedimientos de gestión para generar una operación eficiente de la energía en una organización. Si una organización está certificada con LEED, puede certificarse de igual forma con la ISO 50001 [183].

La ISO 14001 es la norma para sistemas de gestión ambiental donde se busca el equilibrio entre la rentabilidad y la reducción de los impactos ambientales. Aunque tiene ítems que tienen que ver con la energía no es tan profunda como lo es la ISO 50001 [57].

5.13. RECOMENDACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ISO 50001 EN CAMPUS UNIVERSITARIOS

El MIT duró catorce meses en el desarrollo de sus SGEN, donde conoció más acerca de su estructura organizativa, consumo y uso energético. Todo esto podría ser aplicado a otros campus o edificios comerciales que buscan la certificación ISO 50001. La documentación requerida por la norma se resumen en dos tipos de documentos, los primeros documentos son el procedimiento que sirve como un manual de instrucciones para la aplicación SGEN, el otro tipo de documento son los de ejecución del procedimiento donde se aclara el alcance y límites que tiene SGEN como sucede con la parte legal y la lista requisitos que le da el soporte al proyecto en sí.

Es fundamental involucrar a las partes interesadas para el éxito del SGEN. La norma requiere un compromiso de mejora continua de la eficiencia energética, pero también requiere el apoyo de la contratación de productos que tengan la mayor eficiencia energética posible, es decir, crear alianzas energéticas con todos los actores de la cadena energética.

Se recomiendan la integración de todos los usuarios del campus y para esto la formación y concientización es vital, así como la integración de grupos interesados que tengan la experiencia en la gestión de la energía, en la divulgación y comunicación, la formación de equipos de desarrollo de SGEN aprovechando los esfuerzos existentes dentro de la organización. Esto hará que los SGEN tengan más probabilidades de obtener la certificación, pero lo más importante, hacer que los SGEN sean más eficaz para la organización.

Planificar-Hacer-Verificar-Actuar es más complicado de lo que parece, su aplicación puede ser un reto, especialmente en el sector de los edificios comerciales, donde no son necesariamente parte de las operaciones diarias [217].

6. INVESTIGACION

6.1. EDUCACIÓN Y SOCIALIZACIÓN: GENERALIDADES

La educación ambiental (EE⁷⁵) o educación para el desarrollo sostenible (ESD⁷⁶), se ha ido abriendo un espacio en todas las instituciones de educación superior, siendo comúnmente incorporada como parte de algunos cursos ya existentes, nuevos cursos electivos en pregrado y tomando más fuerza en posgrado; donde existen muchas más materias e incluso maestrías, especializaciones y doctorados dedicados al respecto [220], [221].

Todos los documentos aquí citados coinciden con la idea de formar profesionales que tomen decisiones en pro del medio ambiente, tanto en su vida personal como en su vida profesional. Es decir, se requieren ciudadanos con valores ambientales (ética ambiental), con ideas básicas de los problemas que aquejan el medio ambiente y posibles soluciones desde un punto de vista multidisciplinario, multicultural (puesto que se espera una amplia gama de profesionales de todas las áreas y orígenes, impartiendo y recibiendo conocimiento conjuntamente) y sobre todo, que reconozcan cuál es su influencia en la generación, la mitigación y erradicación de estos impactos negativos sobre el medio ambiente [222], [223].

La palabra “ciudadano”, mencionada en el párrafo anterior, es de especial importancia, puesto que el compromiso de una institución es con todas las personas que habitan su región de influencia. Trabajar de la mano con la industria local también puede garantizar que se solucionen problemas puntuales de la región y que se creen oportunidades de empleo para los egresados. Por lo cual, es erróneo solo considerar a los estudiantes, profesores (los educadores también deben ser educados) y trabajadores de la institución, aunque siempre se

⁷⁵ Environmental Education

⁷⁶ Education for Sustainable Development

consideran el primer círculo de influencia. La educación impartida por una institución de educación superior se puede dividir entre formal e informal, siendo la primera la ofrecida a través de los diferentes cursos y la segunda a través de cualquier actividad extracurricular o cualquier intercambio de valores o actitudes que se presentan en el salón de clases y no tienen nada que ver con el conocimiento que se quiera proporcionar. Por lo que es claro, que existen actividades para educar a toda la comunidad [224]–[226]. Pero en pos de preservar la libertad de cátedra, el conocimiento puede ser impartido citando las fuentes, reconociendo la situación permanentemente cambiante de la problemática y contando con la opinión del educador sobre la temática; para que de esta manera, los estudiantes desarrollen sus propias conclusiones y reconozcan que aunque el educador trate de ser neutral, puede haber parcialidad en el conocimiento [227].

El primer desafío de la ESD dentro de una institución de educación superior es concientizar a los miembros de la comunidad universitaria del por qué la misma es importante, independiente de la carrera o cargo. En primera instancia, la identificación de la universidad como parte de la sociedad de consumo, es básica para que todos los miembros entiendan que sus acciones afectan directa o indirectamente, y de forma positiva o negativa el medio ambiente. De manera más puntual, en las carreras donde algunos de sus campos de acción afectan de manera directa al medio ambiente como las ingenierías, ciencias básicas y arquitectura; se pueden utilizar las siguientes estrategias: concientización, sentido de responsabilidad social y promoción de su utilidad (siendo un conocimiento básico cada vez más exigido en el campo laboral). Entretanto, para las carreras de humanidades se soporta solo en la responsabilidad social [228], [229].

En la actualidad se utilizan diferentes estrategias para impartir el conocimiento sobre desarrollo sostenible en el aula de clase, más allá de la dinámica clásica del profesor siendo el centro de la clase. Por ejemplo: la utilización de ejemplos de la vida real para el desarrollo de un análisis crítico de los estudiantes, las visitas

técnicas, las clases en el ambiente real de implementación, el aprendizaje colaborativo y el trabajo con la comunidad aledaña; permiten comprender de una mejor manera los temas ambientales [225], [230]–[232].

También es importante tener una percepción del salón de clase más amplia, dado que la internet, las clases virtuales y cursos a distancia son una herramienta útil que puede ser, por sí misma; una solución a ciertas acciones que afectan el medio ambiente como: el desplazamiento hasta una institución de educación superior haciendo uso de vehículos que utilicen combustible fósil, la impresión de libros (utilización de papel y contaminación producida durante su fabricación) y desde el punto de vista social, permite brindar educación a personas que tal vez de otra manera no tendrían acceso a la misma. A su vez, a través de ella se puede brindar ESD utilizando las diferentes herramientas multimedia, e incluso laboratorios virtuales basados en simulación. Los temas de estos laboratorios también pueden reflejar el proceso sostenible de la elaboración de un producto o el comportamiento de especies al variar las condiciones del ecosistema, siendo una alternativa a las clases netamente teóricas sobre temas ambientales que se presentan en países del tercer mundo. Y es que actualmente, las clases presenciales también se apoyan en la tecnología para dictar clases “remotas” (estando los alumnos en el salón de clase y pudiendo tener expertos vía videoconferencia, o incluso para dictar una clase en diferentes sedes de la universidad al mismo tiempo) o cursos mixtos, es decir que son parte presenciales y parte a distancia [233]–[236].

Como se explicó previamente, según el área de estudio, el enfoque y profundización de la ESD puede variar. Sin embargo, podría pensarse en un curso general para todo estudiante que cubra definiciones básicas, los impactos de las acciones tanto individual, como de las empresas en todos los aspectos que abarca el desarrollo sostenible, y alternativas sostenibles a estas acciones. Para estudiantes de ingeniería podría pensarse en modelos detallados de estas alternativas, su funcionamiento comparativo con los modelos actuales, materiales,

operación, evaluación de recursos y evaluación de viabilidad financiera. Y para cualquier persona interesada en ser capaz de emitir un juicio, y tomar decisiones respecto a la implementación de una alternativa, podrían sugerirse temas adicionales como: análisis del ciclo de vida (producción, suministro, uso y disposición final) (LCA), efecto rebote, evaluación desde el punto de vista social, ambiental y financiero (TBL), mediciones de efectos y la incertidumbre de estos [237], [238].

En definitiva, a través de la ESD se busca formar profesionales creativos e imaginativos, que puedan innovar, adaptarse y tener pensamiento crítico frente a una problemática en constante cambio. Además, teniendo en cuenta la complejidad y lo multidisciplinario de la problemática, deben tener un pensamiento sistémico, saber trabajar en equipo y comunicarse efectivamente, para plantear alternativas desde nuevas y diferentes perspectivas [239].

La mayor parte de los documentos citados en este inciso hacen parte de la base de datos de la IEEE y Science Direct. Dada su rica colección de revistas científicas, este documento contiene las perspectivas en educación desde muchas áreas de estudio como: la biología, las ingenierías de control, civil y de manufactura; la gestión, el arte, la arquitectura, la antropología y las geo-ciencias. Estas dos últimas plantean interesantes preguntas. La primera cuestiona lo vago o amplio que es el concepto de sostenibilidad y cómo esto se presta para poner en duda la compatibilidad de sus tres pilares, (económico, social y ambiental) al menos actualmente, dada la visión egocentrista ampliamente aceptada que defiende el derechos de los humanos de explotar los recursos naturales mientras se obvian los derechos de los demás seres vivos. La segunda, cuestiona la incorporación de la ESD en carreras cuya mayor financiación y fuente de empleo son industrias altamente contaminantes, como la industria del petróleo; puesto que se conciben sus principios como contrarios. Sin embargo, los mismos documentos plantean respuestas o soluciones a través de eco-valores y la coordinación entre la industria y la academia para generar cambios paulatinos, puesto que es

innegable que la relación del mundo y el petróleo es necesaria [240], [241]. Por ende, es palpable cómo la ESD cada día llega a nuevas áreas del conocimiento donde se aporta al análisis y se crean puentes inesperados hacia un futuro sostenible.

6.2. SOCIALIZACIÓN

El concepto de campus verde va más allá de las aulas y existe en un sin fin de actividades extracurriculares que permiten formar y a su vez, hacer parte activa a los estudiantes de la transformación hacia un campus verde. Algunas de estas actividades pueden ser: talleres, conferencias, actividades llevadas a cabo dentro del sistema de gestión ambiental, foros on-line, seminarios, proyectos, desarrollo de un jardín comunitario y muchas más. Su éxito depende de la planeación del mismo, teniendo un objetivo claro y brindando espacios donde todos los miembros de la comunidad puedan acudir. De esta forma, el personal administrativo de la comunidad demuestra su compromiso, garantizando estos espacios y su asistencia; contando con el personal especializado para la realización y valorando la comunicación entre los diferentes actores de la comunidad. Esto hará que la comunidad se sienta escuchada e integrada en el proceso, lo que aumenta las posibilidades de su apoyo a las diferentes iniciativas. Para no generar el comportamiento contrario es necesario definir desde un primer momento qué tipo de participación se desea por parte de la comunidad y cómo la misma puede cambiar el sistema de toma de decisiones de la universidad [242], [243] .

Sin embargo, solo brindar conocimiento no es suficiente para garantizar que la comunidad universitaria cambie su comportamiento hacia uno consecuente con el concepto de sostenibilidad. Una herramienta para lograr este propósito es el Community-Based Social Marketing (CBSM) que busca cambiar el comportamiento de los estudiantes. Este consiste en 5 pasos:

1. Seleccionar el comportamiento que se quiere promover.

2. Identificar las potenciales barreras y beneficios del mismo.
3. Desarrollar estrategias para superar las barreras.
4. Aplicar las estrategias a un pequeño grupo piloto.
5. Evaluar y desarrollar las estrategias a gran escala.

Las barreras suelen ser las mismas al querer cambiar cualquier comportamiento (falta de motivación, olvido, falta de presión social, falta de conocimiento y barreras estructurales) variando en importancia dependiendo del comportamiento. Por ejemplo, para propiciar el uso racional de la energía se señala que, existe una falta de motivación dado que los estudiantes no perciben directamente los beneficios de este comportamiento, lo cual tiene un efecto dominó sobre las demás barreras. Entretanto, cuando se quiere animar a reciclar, las barreras estructurales y de conocimiento toman mucha más fuerza, como la cantidad de canecas alrededor del campus, y el conocimiento y claridad de que debe ir en cada una. Ya habiendo realizado el paso 2, se aplican algunas de las siguientes estrategias para propiciar un comportamiento (siendo efectiva la combinación de varias de ellas): utilizar herramientas para exponer el impacto que tienen nuestras acciones (como colocar un medidor de energía para que todos los alumnos puedan observar su consumo de energía por edificio en el primer caso y explicar cuál es el destino de la basura en el segundo), incentivos (se debe elegir cuidadosamente para no generar un cambio solo momentáneo), crear normas sociales y compromisos, retroalimentación (encuestas, reuniones, etc.), y avisos justo al lado de los elementos que más consumen energía en el primer caso y explicando qué va en cada caneca en el segundo [244], [245].

Dada la importancia de la participación y retroalimentación por parte de la comunidad, se han desarrollado encuestas para conocer su percepción. En una de ellas se comprueba la motivación como un factor fundamental para generar comportamientos pro-ambientales; la importancia de la reducción de la brecha entre lo que saben los alumnos y lo que creen saber, para que no tomen

decisiones ambientales erradas. Y sobre todo, al ser las conclusiones de una encuesta debe tenerse en cuenta que, sus resultados están sujetos al número de muestras y a la cultura del país o región donde fue aplicada la misma [246]. El segundo estudio encuentra que los estudiantes de la Universidad de Shandong cuentan con conocimientos sobre los retos del desarrollo sostenible otorgándole mayor importancia a los aspectos ambientales y económicos; y en menor medida al aspecto social, específicamente en temas como la seguridad dentro del campus y accesos para personas con discapacidad. No obstante, al indagarse sobre la ESD, los conocimientos fueron bastante limitados, evidenciando la falta de espacios y promoción dentro de la universidad [247].

6.2.1. Posibles aplicaciones en la Universidad Industrial Santander. Las diferentes iniciativas antes mencionadas tienen en común la posibilidad de ser implementadas en la Universidad Industrial de Santander, puesto que su mayor recurso es la comunidad universitaria y habitantes de la región. Sin embargo, es necesario en primera instancia asegurar la educación de todos los docentes en estos temas, realizar estudios de los desafíos para la implementación de una universidad y región sostenible, posibles alianzas con otras universidades o entes gestores de cambio, sondear los intereses de los estudiantes y profesores, y generar espacios en diferentes niveles de decisión para concretar las iniciativas que mejor se adapten a la universidad y a la región basados en estos estudios.

Así mismo parte de la investigación y desarrollo de la Universidad Industrial de Santander se ve plasmado en los proyectos de grado, donde podemos observar algunas de las tendencias descritas en este capítulo, especialmente el trabajo conjunto con la comunidad. Por ejemplo, explorando ideas para la capacitación, educación y potenciación de oportunidades sostenibles en el área agrícola, turística y empresarial para niños, jóvenes y adultos [248]–[254]. Desarrollo de elementos didácticos que enseñen sobre sostenibilidad y se produzcan según sus

directrices [255], un manual para un desarrollo sostenible de la asignatura laboratorio de Química I [256], y evaluaciones de la responsabilidad social de la universidad frente al compromiso del desarrollo sostenible [257] y del país en la preservación de recursos como el agua [258], entre otros.

6.3. EDUCACIÓN Y SOCIALIZACIÓN: APLICACIONES

Durante el capítulo 5.3.1. Investigaciones: educación y socialización se discutieron las bases de la EDS y las investigaciones desarrolladas al respecto. En este capítulo se pretende estudiar casos específicos de las universidades más comprometidas con la sostenibilidad y conscientes de sus impactos ambientales según el UI GreenMetric Ranking 2013, y las mejores universidades del mundo según el QS World University Rankings 2013. Particularmente, se escogieron ocho casos que reflejan la innovación y tendencias existentes en educación y socialización, pudiéndose dividir en: dos currículos, tres iniciativas, una tendencia en investigación y cursos específicos. Para terminar, se realiza un análisis comparativo entre los casos de estudio y lo planteado en el capítulo 5.3.1.

6.3.1. Nottingham Advantage Award: Environmental Sustainability Project Management, Universidad de Nottingham. La Universidad de Nottingham ofrece un programa extracurricular gratuito para todos sus alumnos, llamado Nottingham Advantage Award, el objetivo del mismo es desarrollar diferentes competencias que les permitan a los estudiantes destacarse en el mercado laboral. Una de esas competencias a desarrollar es el conocimiento y aplicación del concepto de sostenibilidad en la vida diaria. Es por esto que el programa cuenta con varios módulos enfocados específicamente en este tema y uno de ellos es el proyecto de gestión de sostenibilidad ambiental. Durante este módulo los estudiantes indagan sobre las diferentes iniciativas implementadas en la universidad para mitigar su impacto ambiental, desarrollando para la culminación

del mismo un video educativo por equipos sobre alguna de estas iniciativas, junto con un ensayo sobre lo aprendido en el módulo. A través de esta experiencia se espera potenciar el trabajo equipo, la comunicación efectiva con compañeros y trabajadores de la universidad, la habilidad para resolver problemas y la puesta en práctica de elementos de educación para el desarrollo sostenible. Es decir, este módulo enriquece las habilidades de los participantes mientras se promueven iniciativas de sostenibilidad a toda la comunidad universitaria, dado que los videos realizados se encuentran disponibles en la página de YouTube de la universidad. Además, estos videos contienen con una herramienta única: la comunicación estudiantes-estudiante, de la que carecen los videos desarrollados por la institución [259]–[261].

6.3.2. Masters in Engineering Science in Sustainable Energy, Colegio Universitario de Cork. El Master en energía sostenible que ofrece el Colegio Universitario de Cork es un programa multidisciplinario, abierto a todo graduado en ingeniería y tiene una duración de un año. Durante este tiempo, inicialmente se toman 10 módulos y se realiza investigación; para finalmente en los últimos cuatro meses realizar una tesis de grado. Los módulos abarcan una variedad de tópicos que pueden dividirse en tres enfoques principales: energías renovables, intercambio energético en edificaciones y tecnologías relacionadas. El primero abarca los principios del funcionamiento, diseño, construcción y operación de los siguientes tipos de energía renovable: solar, eólica, geotérmica, de biomasa y oceánica. Entre tanto, el segundo estudia el intercambio de energía y calor de una edificación, los tipos de sistemas de calefacción, aire acondicionado y ventilación; y brinda pautas para el diseño y/o selección de técnicas de arquitectura bioclimática. Por último el tercero estudia temas varios como las tecnologías utilizadas en la generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables, la integración a la red de dichos sistemas, electrónica de potencia, y análisis del mercado de energía [262], [263].

Un módulo que se consideró especialmente importante en este currículo, fue el de modelamiento del sistema eléctrico. En este módulo, se presentan diferentes herramientas que permiten a los estudiantes tener las bases necesarias para trabajar o entender cualquier área del sistema eléctrico, incluyendo la generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables. A partir de clases prácticas y teóricas se espera que al final del módulo, algunas de las herramientas de las cuales los estudiantes tengan dominio sean: LEAP, para modelar la generación y demanda eléctrica de un país, RETScreen, para evaluar la viabilidad de proyectos de energía renovable, PLEXOS para el modelamiento del despacho eléctrico y un modelo basado en la intensidad energética, para realizar predicciones energéticas [264].

6.3.3. Environmental Art Competition: Sustainable Depictions, Universidad de Connecticut. En el 2010, como una iniciativa apoyada por el grupo de trabajo para la alfabetización ambiental se realizó una competencia de arte ambiental, llamada representaciones sostenibles [265]. Esta competencia buscaba encaminar la creatividad de la comunidad estudiantil y aledaña hacia temas medio ambientales; para lograr este objetivo se ofrecieron tarifas de inscripción según la solvencia económica esperada, siendo gratis para jóvenes menores de 15 años y de allí aumentando para estudiantes, profesores y administrativos, y adultos. Todo el dinero recaudado en las inscripciones fue destinado al fondo para un campus sostenible, el cual se encarga de brindar parte del capital para distintos proyectos que buscan crear conciencia ambiental, espacios para la creación de conocimiento ambiental y disminuir el impacto ambiental de la universidad [266]. Adicionalmente como motivación, se dio un premio monetario al primer lugar de cada categoría, y la posibilidad de exhibir las obras de los primeros 3-5 puestos de cada categoría en un espacio de arte en Willimantic, Connecticut, y en la biblioteca Homer Babbidge, que es la biblioteca principal del campus. Por efecto dominó se generó un segundo impacto en la comunidad, pues los mensajes ambientalistas llegaron a

las personas que tuvieron contacto con las obras, y su vez, permitió dar a conocer a los artistas y vender sus obras, si así lo deseaban [267].

6.3.4. Masters of Science in Learning for Sustainability, Universidad de Plymouth. El Master de ciencias en el aprendizaje para la sostenibilidad, es ofrecido por la Universidad de Plymouth, Reino Unido a profesionales en el área de las humanidades, arte, ciencias naturales, ciencias sociales y afines. Este se especializa en brindar las bases necesarias para poder impartir conocimientos sobre sostenibilidad a todo tipo de personas o comunidades, por esto, se enfatiza en la utilización de la palabra aprendizaje en vez de educación, puesto que se considera que la primera, se da en muchas más instancias tanto formales como no formales. En el primer semestre, el pilar del aprendizaje es la semana de inducción intensiva y la semana de inmersión a la práctica; en la primera se dictan talleres de forma intensiva con expertos de talla internacional, y en la segunda los estudiantes se involucran en una comunidad u organización de aprendizaje sostenible. Estas dos experiencias después son analizadas y contrastadas con los conocimientos impartidos en los módulos, evaluadas a partir de ensayos, documentos, y presentaciones por parte de los estudiantes en clases tipo taller o seminario, que potencian el aprendizaje experimental, orientado a la acción, comunitario y sistémico, sobre una minoría de clases tipo conferencia [268]–[270].

Los módulos obligatorios son: aprendizaje, educación y sostenibilidad; competencias en sostenibilidad: investigación y diseminación, ciencia, sistemas y sostenibilidad, y comunidades sostenibles y organizaciones de aprendizaje. El objetivo de estos módulos es brindar una idea global sobre el aprendizaje sostenible, los retos que enfrenta siendo considerado un arma clave para lograr sociedades sostenibles, la ciencia detrás de la sostenibilidad, los criterios y enfoques que se manejan, el desarrollo de aplicaciones y proyectos a nivel local o regional visualizando a los estudiantes como agentes de cambio, y el estudio y

aplicación de diferentes métodos para realizar investigación. Todo esto se ve complementado con un fuerte énfasis en el desarrollo del pensamiento crítico e introspectivo, perfeccionamiento de la producción escrita y desarrollo de habilidades comunicativas [268], [271]. Los módulos opcionales son: ética ambiental y ecológica, alfabetización ecológica y sostenible, y educación global: teoría y práctica. Cada uno de ellos considera los paradigmas en el área que su nombre señala, brindándoles a los estudiantes nuevos modos de percibir el aprendizaje sostenible y herramientas para trabajar con un público diverso, con ideas y realidades propias. Por último, en la disertación se espera observar la implementación de estos conocimientos adquiridos en una investigación científica, llevada a cabo en una organización o comunidad, y siendo posteriormente plasmada en un documento científico y en la presentación del mismo. El campo profesional de los graduados contempla tanto la educación formal como informal e incluso, la investigación [268].

6.3.5. Campus as a Laboratory/Living Laboratory for Sustainability. Campus as a Laboratory/Living Laboratory for Sustainability es una iniciativa que exhorta a realizar investigaciones sobre sostenibilidad aprovechando las implementaciones verdes existentes en el campus. Con esto se busca que la comunidad universitaria viva, aprenda y divulgue el concepto de sostenibilidad [272]; mientras se mejoran las practicas sostenibles ya existentes [273].

6.3.5.1. Universidad de Melbourne. La Universidad de Melbourne para octubre de 2012 contaba con tres investigaciones bajo esta modalidad: techos verdes, fachadas verdes y sistema geotérmico vertical tipo bucle cerrado superficial. La primera de estas investigaciones utiliza uno de los tres techos verdes que existen en la universidad y que abarcan un área de 300 [m²], en este

se realizan investigaciones midiendo el efecto de la variación del tipo de sustrato y vegetación sobre los beneficios del mismo (almacenamiento de agua lluvia, aislante térmico y gestor de una menor temperatura tanto al interior como al exterior). También se investiga la utilización de plantas que necesitan riego versus las que no, plantas nativas versus no nativas y la posibilidad de producción de alimentos [274]. Alternativamente, la investigación sobre fachadas verdes se centra en la comparación de la tasa de crecimiento y nivel de aislamiento térmico que presentan diferentes plantas trepadoras, en la fachada verde ubicada en la enfermería de la universidad. Por último, la universidad cuenta con dos sistemas geotérmicos para calefacción y enfriamiento con tuberías a una profundidad entre 30-50 [m], con los que se estima un ahorro de energía del 75% en comparación con sistemas convencionales de calefacción y enfriamiento para cada edificio que abastecen. Los diferentes medidores de su desempeño ofrecen información valiosa que está siendo utilizada en una investigación para el diseño de más sistemas como este [275], [276].

6.3.5.2. Universidad de Cambridge.

En la Universidad de Cambridge, las investigaciones se enfocan más en la evaluación de los edificios, sistemas y campañas de la universidad desde una perspectiva sostenible. Los estudiantes entonces pueden elegir entre tomar el rol de investigador y utilizar la experiencia como base de su tesis, o participar solo como practicantes. Algunos de los temas investigados han sido: viabilidad de diferentes tipos de generación de energía renovable, eficiencia de los sistemas de generación de energía alternativas que se encuentran actualmente en el campus; y el rendimiento de las bombas de calor y la carga energética de los edificios y de sus ocupantes, con el fin plantear recomendaciones, corregir malos funcionamientos y extrapolar las medidas efectivas a toda la universidad e incluso la ciudad. Igualmente, se investigó la posibilidad de reemplazar algunos elementos

en las edificaciones para disminuir el consumo de energía, y la viabilidad de aumentar las zonas verdes cerca a las edificaciones para traer bienestar a los ocupantes. Por otra parte, el estudio del comportamiento de los estudiantes también ha sido de interés para los investigadores. Dos ejemplos de las preguntas que buscan resolver estas investigaciones son: ¿cuál estrategia es más efectiva para la reducción del consumo de energía y emisiones de CO₂: cambios estructurales y mecánicos o cambios en el comportamiento de los ocupantes?; y ¿cuál es el efecto de las campañas de sensibilización en el comportamiento la comunidad durante y después de ser expuestos a las mismas? [277].

6.3.6. Coursera y edX – Aprendizaje gratuito online, más de 100 universidades y organizaciones de todo el mundo. Coursera y edX son dos plataformas que ofrecen cursos gratis online dictados por profesores universitarios de las mejores universidades del mundo (MIT, Harvard, Stanford, ETH Zúrich, Técnica de Múnich, entre otras). La creación de las mismas, se dio por la firme convicción de que la educación puede generar un impacto positivo en la vida de las personas y comunidades que buscan superarse y crecer. A su vez, se presenta como un escenario único para estudiar la influencia de la tecnología en la enseñanza y los métodos más eficaces para impartir conocimiento [278]. Los cursos aquí dictados utilizan todas las opciones multimedia existentes para proporcionar una experiencia enriquecedora y entretenida a los alumnos, por lo que las clases normalmente se conforman por videos cortos explicativos, lecturas, preguntas interactivas cerradas o abiertas (en estas últimas se utiliza la colaboración entre compañeros para su evaluación y retroalimentación); foros de discusión donde se cuenta con la participación de profesores y compañeros, laboratorios virtuales, simulaciones, ejercicios y otros elementos interactivos. Estas herramientas promueven un aprendizaje activo, que se adapta a la disponibilidad de tiempo de los estudiantes y donde la preocupación número uno es el correcto aprendizaje de cada tema, por lo que se cuenta con explicaciones

extra y actividades modificadas cuando se falla en las preguntas interactivas [279]–[282].

Bajo la categoría estudios ambientales, edX cuenta con 14 cursos que exploran dividirse en cinco temáticas: energía: tipos de energía utilizadas y fenómenos energéticos en el planeta, arquitectura: relación con los momentos sociales y culturales; ecosistemas y sus interacciones, aspectos sociales: globalización y recursos básicos, y cambios en el medio ambiente: efectos sobre la salud y la ciencia del calentamiento global [283]. Alternativamente, al buscar cursos que contuvieran algunas de las siguiente las palabras: sostenibilidad, sostenible, verde, desarrollo y medio ambiente; se encontraron al menos 18 cursos directamente relacionados en Coursera. Estos cursos se podrían dividir en los siguientes tópicos: producción de artículos de manera sostenible, sobre todo los alimenticios [284]–[288], sostenibilidad y cambio climático: teoría, análisis y practica [289]–[294], y aspectos social y económico de la sostenibilidad: casos de estudio y gestores de cambio [295]–[301].

6.3.7. Taller de proyectos interdisciplinarios, Universidad Nacional de Colombia. El taller de proyectos interdisciplinarios es un curso dictado a estudiantes de siete ingenierías diferentes (ingeniería mecánica, mecatrónica, agrícola, electrónica, eléctrica, química y de sistemas [302]) que busca dar solución a problemas reales de ingeniería, mientras los estudiantes aprenden a trabajar en equipo, valorar la importancia de la pluralidad del conocimiento y las diferentes etapas que comprende un proyecto [303]. Para lograr este propósito, durante el desarrollo de esta asignatura los estudiantes se organizan en grupos de 6 personas más un profesor “gerente” o “supervisor” (dado el volumen de estudiantes, se cuenta con el apoyo de 25 profesores, que supervisan cada uno como máximo a dos grupos) para la realización de un proyecto que se basa en alguna problemática real identificada por los profesores, grupos de investigación o

los mismos alumnos. Aunque esta no es una materia donde su tema central es la sostenibilidad, es un excelente ejemplo de la promoción del trabajo en equipo entre estudiantes de diferentes áreas del conocimiento.

Dentro de esta dinámica, las clases cumplen el papel transmitir la metodología de presentación de proyectos, su correcto análisis, formulación y ejecución a través de herramientas como: la Matriz de Marco Lógico (MML), Sistema de Marco Lógico (SML) y CANVAS [304], [305]. También los estudiantes son alentados a crear de empresa, innovar, ser creativos, comunicarse efectivamente tanto de manera oral como escrita [306]–[308], encontrar la mejor alternativa que utilice de manera sostenible los recursos, a entrar en contacto con la comunidad o medio de la problemática a solucionar y buscar guía adicional a la ofrecida en el curso. Finalmente, todo esto es evaluado como si fuera un proyecto real a través de posters, anteproyectos, avances, presentaciones, resultados y una nota de trabajo en equipo. Algunos de los proyectos realizados como parte de esta asignatura fueron: aprovechamiento de la energía humana en gimnasios, Wiki sobre uso racional de energía, diseño y fabricación de una maquina pulverizadora de panela en frio y silla de ruedas de bajo costo [308], [309].

6.3.8. ReYUse, Universidad de York. La Universidad de York cuenta con una aplicación web llamada ReYUse que básicamente son clasificados donde la comunidad universitaria puede publicar artículos que ya no usen, y por los cuales no esperan recibir nada a cambio. Los elementos que se ofrecen se enmarcan en seis categorías: libros y útiles escolares, ropa, computadores y tecnología, entretenimiento, muebles y elementos del hogar y varios. Al servicio se accede con el nombre y usuario personal de la universidad con el que cuenta cada miembro, y en este se pueden ver las publicaciones que han hecho otros, hacer publicaciones y recibir notificaciones cuando algún otro miembro de la comunidad está interesado en un ítem que subiste. La idea detrás de esta iniciativa es

promover la reutilización de elementos en buen estado que de otra manera terminarían en un vertedero, esto es posible a través de la creación puentes entre las personas que no saben a quién donar estos elementos y las personas que necesitan estos elementos [310]–[312].

6.3.9. Análisis. Los diferentes casos de estudio aquí descritos presentan gran congruencia con los objetivos de la EDS, expuestos en el capítulo 5.3.1., lo que demuestra el gran compromiso que están asumiendo las universidades con la formación de profesionales que tomen decisiones ambientalmente favorables tanto en el ámbito profesional como en el personal. Al estudiarse de manera conjunta todos los casos se pueden observar como a través del aprendizaje experiencial, colaborativo y a través del servicio, la inclusión del concepto de sostenibilidad en los intereses o campos de acción de los estudiantes y sobretodo, brindando acceso al conocimiento sobre sostenibilidad y medio ambiente en diferentes niveles de complejidad. Se logra proveer conocimiento dentro y fuera del aula, y potenciar el rol activo del estudiante en la transformación del campus, la región, sus compañeros y conciudadanos. Sin embargo, para la mejora constante de la EDS es necesario incorporar ciertas medidas de la calidad de las clases, el número de beneficiados y el impacto de las mismas. Las encuestas pueden cumplir esta necesidad y a su vez, hacer a los estudiantes participes según el capítulo 5.3.1. Actualmente, la mayoría de universidades incorporan ciertas evaluaciones en estos aspectos pero ninguna de las reportadas parece abarcarlos todos [313]–[315]. La misma Universidad Industrial de Santander cuenta con evaluación docente de cada clase que un alumno cursa [316] y ha identificado a la fecha el número de cursos cuya temática principal es el medio ambiente y la sostenibilidad [317], pero no es claro si relaciona estos resultados con las metas de convertirse en un campus verde y si existe algún seguimiento del impacto.

7. ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

Las edificaciones consumen el 40% de la energía eléctrica producida al año, siendo la calefacción, ventilación, aire acondicionado e iluminación el mayor consumo dentro de las mismas [318]. Dado este elevado porcentaje se vuelve claro que no es suficiente solo utilizar sistemas eficientes para estas tareas, es necesario que las edificaciones sean energéticamente eficientes. “El diseño bioclimático es un enfoque que toma ventaja del clima a través de la correcta aplicación de elementos de diseño y tecnología de construcción para ahorrar energía y garantizar condiciones agradables dentro de la edificación”. En otras palabras, la arquitectura bioclimática busca utilizar las características del clima junto con diferentes estrategias de construcción para solventar total o parcialmente la calefacción, refrigeración e iluminación de una edificación sin sacrificar la comodidad de los usuarios [319].

La disminución de estas cargas energéticas se realiza a partir de dos estrategias: la disminución de la carga térmica, y la disminución del uso del sistema de iluminación. Los elementos de diseño “pasivo” que se utilizan para estas estrategias son: la ventilación natural como alternativa a la ventilación y al aire acondicionado, radiación solar para iluminación y creación de condiciones adecuadas para de flujo de viento por diferencia de temperatura; al igual que diferentes elementos para generar sombra y proteger de luz solar excesiva. Orientación y geometría de la edificación, ventanas y ductos para una recepción óptima de viento y sol acorde con las temperaturas y estaciones del lugar. Y adicionalmente, la selección de materiales para una correcto aislamiento térmico y óptima captación solar [318], [320]–[323].

Un diseño bioclimático comprende varias etapas de evaluación. En primera instancia, es necesario conocer si se cuenta con los recursos suficientes para la

utilización de alguna técnica pasiva y posteriormente, debe escogerse el diseño y evaluar el confort térmico, efectividad de la iluminación o la calidad del aire interior (IAQ) según sea pertinente. Mientras la evaluación del recurso solo implica la medición de radiación solar, temperatura y viento durante el día, en el espacio a construir o remodelar; la selección del diseño está directamente relacionada con el nivel de confort o calidad que se quiere alcanzar, por lo cual, el método de evaluación del confort térmico, efectividad de la iluminación o la calidad del aire es de suma importancia [324].

Existen varios métodos para evaluar el confort térmico. Si bien, la mayoría de métodos tienen como base común para su estimación el estándar ASHAE⁷⁷ 55, 2013 o la norma EN⁷⁸ 15251, 2008, cada método cuenta con una manera diferente de integrar el factor subjetivo, relacionado con la percepción del ambiente por parte de los individuos. Consecuentemente, esto se traduce en métodos con diferentes niveles de complejidad, que normalmente no son aplicables globalmente, puesto que la percepción del ambiente está ligada a la región geográfica y su clima [325]–[329]. En contraste, la efectividad de la iluminación y la IAQ, presentaron un solo método de evaluación en todos los documentos aquí citados. La primera se evalúa a partir de la cantidad de luxes recomendados, para cada espacio según las actividades que allí se realizarán; y el último, se evalúa midiendo los niveles de componentes volátiles orgánicos (VOC), cantidad de CO₂ y partículas sólidas en suspensión [330].

Así como se considera y se toma ventaja del clima en el diseño de las edificaciones, también se debe considerar el efecto de las edificaciones sobre clima. Un efecto negativo como consecuencia del alto índice de urbanización, es el efecto “isla de calor”. Por consiguiente, se han realizado diversas investigaciones sobre las posibles alternativas para mitigarlo encontrando que, para Holanda una edificación con jardín central interior presenta una menor temperatura en su zona

⁷⁷ American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers

⁷⁸ European Standard

común [331], en Nigeria la vegetación que genera sombra sobre una edificación reduce la temperatura al exterior, interior y en la fachadas [332]; así bien, este doble beneficio que brinda la vegetación también puede disfrutarse en países con estaciones, empleando arboles caducifolios que generan sombra durante el verano y pierden sus hojas en invierno [331], [333], y la pintura altamente reflectora, según la intensidad solar pueden generar incomodidad visual y aumentar la temperatura exterior. Sin embargo, es necesaria la integración de estos hallazgos junto con las “características” del paisaje urbano (altura de los edificios, las sombras que generan, ancho de las vías, zonas al aire libre, etc.) en la planeación del mismo para disminuir efectivamente la temperatura exterior [334].

Finalmente, las técnicas utilizadas en arquitectura bioclimática pueden verse empleadas en muchas edificaciones con arquitectura tradicional e incluso en las que datan desde cuando el hombre vivía en las cavernas: las edificaciones semienterradas. Las cuales, aunque no muy populares al ser percibidas como poco naturales, presentan un mejor aislamiento térmico y sonoro en las paredes en contacto con la tierra [335]–[337]. A continuación se presenta, una recopilación de investigaciones sobre cada uno de estos elementos del diseño pasivo. Estas investigaciones no son solo de edificios universitarios, puesto que es un área de la cual se pueden absorber muchas ideas aplicadas en todo tipo de edificaciones. Lamentablemente, la mayoría de estas investigaciones se centran de manera específica en un tipo de edificación y el clima. Por lo que en conjunto, pueden darnos un panorama de los beneficios del diseño pasivo; pero sus resultados, no deben extrapolarse sin un mayor análisis.

7.1. ORIENTACIÓN

Es tradicional que las edificaciones se orienten con las fachadas más largas en dirección norte-sur, con la fachada principal hacia la línea imaginaria del ecuador. Esta idea se desarrolló en base a recibir la mayor exposición de radiación solar en invierno y la menor cantidad en verano. No obstante, esto implica que el ángulo de mayor radiación en invierno se encuentra a 90° del ángulo de mayor radiación en verano, lo cual no es cierto para todas las ubicaciones geográficas [338]. Aunque, la mayoría de construcciones se siguen realizando según esta idea, se encontró en las investigaciones dos maneras de identificar la orientación óptima. En primer lugar, para la ciudad de Montreal, se realizó un análisis de la influencia de la orientación en la captación de energía solar en techo y fachada. Utilizando el programa Energy plus, para una edificación de 2 plantas, se varió el ángulo de la edificación en 30°, 45° y 60° respecto a sur, y se encontró que, en promedio anual la orientación hacia el sur sigue captando más energía solar que cualquier otra [339]. Sin embargo, un análisis más exhaustivo se realizó para seleccionar la orientación óptima del nuevo complejo de apartamentos para estudiantes de la Universidad de Patras, Grecia. Utilizando la herramienta Ecotect Weather Tool, que en base a los datos meteorológicos de todo un año y la zona de confort térmico; encuentra la orientación para la cual la radiación solar es máxima, en los días por debajo de la zona de confort térmico y la radiación solar sea mínima, para los días por encima de la zona de confort térmico. Para esta locación, la herramienta dictaminó que la orientación óptima era 165° sur [321], [340].

7.2. GEOMETRÍA

La geometría más común para una edificación es la rectangular, con las fachadas norte-sur siendo más anchas que la este-oeste, pues estas últimas al estar en la línea de desplazamiento del sol, sufren de radiación solar directa durante ciertas

horas del día. Adicionalmente, si el techo tiene alguna inclinación, se considera que el ángulo óptimo de inclinación para implementación de un sistema fotovoltaico, es igual a la latitud de la locación. Por lo que, las investigaciones se han dedicado a estudiar sus beneficios y a compararlas con otras alternativas no tan ampliamente utilizadas.

Un análisis que abarca tanto, la geometría de la edificación como el ángulo de inclinación del techo, se realizó en Montreal, Canadá. Utilizando la herramienta Energy Plus, se simuló una edificación de dos pisos con las siguientes geometrías: rectangular, cuadrada, trapezoidal, L, U, H y T. Al estudiar la radiación solar sobre las ventanas, las geometrías cuadrada y rectangular obtuvieron, una radiación solar igual y mayor al resto de geometrías. Posteriormente, se evaluó la capacidad de captación solar para generación de energía fotovoltaica en el techo; variando además, el ángulo de inclinación del techo en las fachadas sur-norte y este-oeste. La mayor captación para todas las configuraciones, se obtuvo para los ángulos de inclinación 45° - 45° y 45° - 60° , al comparar estos con la latitud de Montreal ($45^{\circ}30'N$), se comprueba lo planteado en el primer párrafo de este apartado. Sin embargo, sin importar el ángulo, las geometrías trapezoidal, H y T presentaron los mayores valores de captación solar. Por último, se decidió deformar las geometrías L y U (modificación de los ángulos internos) y se encontró que, puede retrasarse el pico de generación de electricidad hasta 3 horas [341]. En un estudio similar, analizando solo la geometría L y deformaciones, con respecto a la configuración rectangular; se llegaron a las mismas conclusiones [339].

Referente al ángulo de inclinación del techo se encontraron dos investigaciones. La primera investigación hace parte de un estudio de planeación urbana solar sostenible, para el pueblo de Alcabideche, Portugal. Primero, se simularon las viviendas actuales (34 techos planos y 59 techos con algún grado de inclinación, considerando para estos últimos un ángulo de inclinación óptimo (38°) (la latitud de Alcabideche es $38^{\circ}44'N$)). Aun así, se decidió para el rediseño del pueblo que todas las edificaciones tuvieran techo plano y que ninguna generara sombra sobre

otra, pues esto permite más flexibilidad para la instalación y mantenimiento del sistema fotovoltaico generando más energía eléctrica en comparación con las configuraciones actuales [342]. La segunda investigación se desarrolló en la Universidad Tecnológica MARA, Shah Alam, Malasia. Allí se construyó una edificación de una planta con dimensiones 4x4x3 [m³], donde se midió la temperatura en el ático bajo diferentes ángulos de inclinación del techo (10°-15°-20°); mientras, se mantiene la temperatura del cuarto inferior en 24 [°C] mediante el uso de un aire acondicionado. A partir de los datos recogidos, se encontró que una inclinación del techo de 10° genera la menor diferencia de temperatura interior-exterior [343].

7.3. ILUMINACIÓN NATURAL

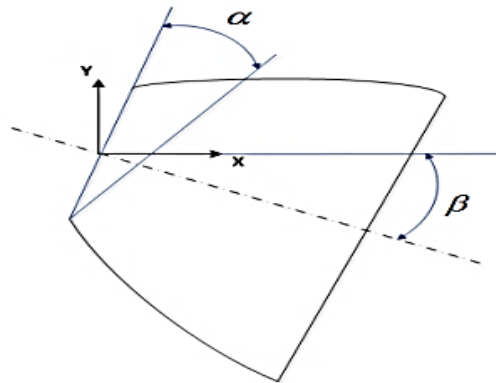
La radiación solar como iluminación natural para edificaciones, cuenta al menos tres sistemas pasivos. El primer sistema, y más común, son las ventanas, ya sean en paredes o techos (tragaluces). Su efectividad para iluminar a un nivel determinado, evitando resplandores o incomodidad térmica; dependerá de las propiedades de los materiales utilizados en las mismas, tamaño (del lugar a iluminar y del propio), forma y dispositivos para controlar o potenciar la entrada de luz. Adicionalmente, la exposición a la luz solar y la posibilidad de observar el ambiente exterior brinda beneficios físicos y psicológicos a los ocupantes.

Figura 5. Elementos que conforman un tubo solar [344].



El segundo sistema son los tubos solares. Este sistema permite el ingreso de la radiación solar y normalmente transporta la luz solar hasta el cuarto que se encuentra justo debajo; pero con el uso de espejos se han desarrollados sistemas que llevan la luz hasta a 27 [m] por debajo del techo. Para realizar esta transmisión de manera efectiva el tubo está hecho de un material altamente reflectante (95-99%). Un correcto diseño de estos dos sistemas antes mencionados, evitara que se conviertan en cargas térmicas para el sistema de refrigeración.

Figura 6. Colector solar estático tipo T-CPC [67].



El último sistema es el colector solar, que normalmente consta un sistema seguidor del sol (motor) lo cual hace que necesite energía para su funcionamiento y por lo tanto, no sea considerado un sistema pasivo. Pero, este puede serlo en raros casos cuando se construye para que sea estático. Una investigación se centra el desarrollo de un nuevo modelo de colector solar estático tipo T-CPC⁷⁹ como se observa en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, que hace parte de un grupo mayor de colectores. Optimizando el ángulo respecto a la vertical (α), para extender el ángulo de captura solar, y su inclinación respecto a la horizontal (β), para captar la mayor cantidad de luz solar según su ubicación geográfica. Se logra un sistema más eficiente que el modelo original [345]. El sistema completo está compuesto de un colector en el techo o fachada que dirige

⁷⁹ Compound Parabolic Concentrator Truncated

la luz hacia un solo punto para allí ser retransmitida por ductos reflectantes, espejos, o fibra óptica a uno o varios difusores localizados hasta a 25 [m] de distancia [346].

A continuación se presentaran las investigaciones dedicadas a este tema, si bien la mayoría se centran en el primer sistema, es pertinente mencionar las otras alternativas existentes. De igual manera, a pesar de que todas las investigaciones abordan la iluminación solar, se decidió dividir las investigaciones en tres categorías debido al enfoque de estas.

7.3.1. Evaluación de sistemas en operación. En esta sección se agrupan dos investigaciones, en la primera se estudia el sistema de iluminación y elementos generadores de sombra de una edificación. Mientras en la última, se evalúa la utilidad de lamas horizontales para atenuar y potenciar la iluminación natural.

Inicialmente, se realizó un estudio de la efectividad del diseño de iluminación natural y satisfacción de los ocupantes, del edificio Richard Meier (certificado LEED Gold) que se encuentra en la Universidad Cornell. Basados en mediciones y encuestas, se concluyó que la orientación con las fachadas más anchas en dirección este-oeste no era óptima, pues, se potencia la posibilidad de inconformidad visual. En consecuencia, los sistemas para contrarrestar la luz excesiva se vuelven fundamentales. Este edificio cuenta con dos sistemas, uno de ellos son persianas manuales que probaron ser más efectivas que el segundo, parasoles verticales a los lados de las ventanas, que al no tener un tamaño acorde a la ventana, no podían generar sombra sobre la totalidad de la misma. Curiosamente los ocupantes tuvieron más quejas sobre el resplandor producido en las pantallas de los computadores debido a la posición y potencia de las luminarias. Igualmente, las luminarias no presentan ningún tipo de coordinación con la iluminación natural. Entonces se sugiere , la utilización de sensores para la

coordinación entre la iluminación natural y eléctrica, pero también se menciona que se debe proceder con cautela, pues estos sistemas suelen incomodar a los ocupantes por sus cambios repentinos y constantes [323].

También, la doble función (obstrucción y redirección de luz) de los parasoles horizontales fue estudiada, para la ciudad de Melbourne, Australia. El sistema fue instalado en una oficina, cuya ventana se encontraba en la fachada norte y por encima del rango visual. Mediante mediciones en diferentes puntos del plano de trabajo, se llegaron a los siguientes resultados: se genera una reducción de la intensidad lumínica cerca a la ventana, y mejores niveles de iluminación en las demás áreas, siendo efectiva la iluminación a las 10 am y 12 pm. Sin embargo, a las 4 pm y en días nublados, la iluminación natural es beneficiosa solo justo al lado de la ventana. Esto sucede no solamente por las condiciones exteriores, sino también, porque el parasol al no contar con suficiente radiación, actúa como su nombre lo indica. Adicionalmente, el análisis económico encontró que el sistema no era económicamente viable [347].

7.3.2. Sistema de control de iluminación. Se observa que la integración de un sistema de control de la iluminación eléctrica respecto a la iluminación natural es una sugerencia constante, no obstante, también se muestra cierta cautela. Por ejemplo, en investigaciones en bibliotecas en Suecia, Alemania y Estados Unidos, en las dos primeras el sistema no presentó ahorro de energía y en la última no trabajaba como se esperaba por lo cual se discontinuó su uso [322]. Sin embargo, dados los beneficios económicos y de salud que traería un sistema de control que funcionara de manera efectiva, varias investigaciones se han dedicado a desarrollar y probar estos sistemas.

En una investigación, se combinó sensores de luz al lado de cada luminaria para censar la iluminación sobre el plano de trabajo, y un controlador central. Este último, toma la decisión de la disminución o aumento de intensidad de las luminarias a partir de la información suministradas por los sensores. Este sistema

nunca presentó valores por debajo del nivel mínimo de iluminación establecido, según las mediciones realizadas, a diferencia de otro modelo con el que se compara [348]. Otros modelos, integran sensores de presencia para apagar las luces cuando el área de trabajo no esté siendo ocupada. Una innovación en este modelo es la posibilidad de utilizar sensores de presencia con tecnología de ultrasonido, la cual puede censar más espacio con un solo sensor. Aunque, debe mantenerse un número razonable de sensores, para no tener iluminada un área extensa por la presencia de una sola persona [349]. Además, se ha encontrado que los diferentes controladores deben tener comunicación entre ellos para una efectiva iluminación del plano de trabajo [350].

Incluso, estos avances ya son tenidos en cuenta para dimensionar el ahorro de energía. Tal es el caso del método simplificado de porcentaje de ahorro de energía anual, que está orientado a las etapas iniciales del diseño. Este se calcula basándose en las características del material de las ventanas, proporción de área y dos parámetros calculados para cada ciudad. Estos parámetros recopilan el potencial de iluminación solar y la estrategia de control de iluminación. Aparte, los parámetros cuentan con ciertas correcciones relacionadas con el nivel de iluminación deseado, y el tipo de sistema de control (graduado o continuo). Para su validación, se realizaron mediciones y simulaciones con la herramienta DOE 2.1. Una vez validadas las mismas, se procedió a calcular el ahorro anual, que en este caso solo mostro un 1% de diferencia con el método simplificado; siendo este ahorro del más del 60% [351].

7.3.3. Simulación. Los modelos y simulaciones para evaluar el comportamiento de la luz solar constan de muchos prototipos y escenarios, lo cual representa mucho tiempo y trabajo. Una alternativa fue creada y probada en el Environmental Research Institute (ERI) del Colegio Universitario de Cork, Irlanda. El modelo desarrollado utiliza la minería de datos (inteligencia artificial) y herramientas para

el modelamiento de la luz del sol al interior de una edificación, para predecir el resultado de la implementación de un método de iluminación natural; basándose en la correlación entre las características de la edificación y las condiciones ambientales. El modelo fue contrastado utilizando el peor escenario de la herramienta Ecotect, y sus resultados presentaron un error medio absoluto de 4.06. Por lo que, se perfila como una herramienta rápida y confiable para la toma de decisiones por parte de los diseñadores [352].

7.4. VENTILACIÓN NATURAL

La ventilación natural de una edificación es una alternativa para brindar confort térmico y calidad del aire interior. Su implementación conlleva a la reducción del uso de sistemas de ventilación y aire acondicionado, un ambiente interior libre de agentes nocivos para la salud y puede aliviar el síndrome del edificio enfermo. No obstante, esta estrategia cuenta con dificultades para ser implementada en países con estaciones [353], y no es recomendada para edificaciones de más de cinco pisos, dada la diferencia de temperaturas y mayor velocidad del viento a medida que aumenta la altura. A estas limitaciones también se suma el hecho que, en general, existe una falta de herramientas para el diseño efectivo de ventilación natural [354].

El flujo de aire al interior de una edificación puede darse, por aprovechamiento del viento exterior o puede ser generado por diferencia de temperatura. En la primera opción, se consideran estrategias como la ventilación de una sola cara, donde una o más aperturas se encuentran sobre una misma pared; y la ventilación de flujo cruzado, donde se encuentran aperturas en paredes opuestas, creando un corredor de aire natural. Sin embargo, la efectividad de ambas estrategias depende del comportamiento de viento. En la segunda opción, se cuenta con cierto grado de control al poder generar diferencias de temperatura. Un ejemplo de

ella es la ventilación de flujo mixto, donde el aire fresco entra al edificio por aperturas en el piso o plantas bajas, y el aire caliente escapa por aperturas en el techo o estructuras superiores, potenciando el efecto con techos altos. En general, el nivel de ventilación depende de la locación, área, geometría de la edificación, aperturas; y también, del número de estas últimas y la estrategia de ventilación [324].

La utilización de ventilación natural sobre ventilación mecánica cuenta con beneficios, que esta última no puede ofrecer. Gracias a sus variaciones, se genera comodidad, se reduce el cansancio e incrementa intercambio térmico entre el ambiente y los ocupantes. Otra diferencia es su método de evaluación, mientras la ventilación mecánica se evalúa en función de la energía eléctrica que consume durante su funcionamiento. La ventilación natural se evalúa a través del beneficio para el que es diseñado el sistema, es decir a través del confort térmico y/o la IAQ. La evaluación del confort térmico cuenta con varios modelos desarrollados desde un punto de vista adaptativo que puede ser fisiológico, psicológico y de comportamiento. En una investigación desarrollada en China, contaron con un modelo óptimo, pues fue desarrollado desde la perspectiva de los habitantes del mismo país. Este modelo solo depende de la temperatura externa, para temperaturas menores a los 28°C; y para mayores temperaturas incluye las variables: humedad relativa y velocidad del viento en la superficie del cuerpo (esta no debe exceder los 0.8 [m/s]) [355].

El estándar ASHAE 55 permite utilizar un método adaptativo si se cumplen ciertas condiciones: la edificación cuenta con ventanas operables, no cuenta con un sistema de enfriamiento, si se cuenta con un sistema de calentamiento este modelo no aplica mientras esté en funcionamiento, las actividades allí realizadas son sedentarias y los ocupantes cuentan con la posibilidad de alterar su vestimenta. Bajo estas condiciones, otra alternativa fue diseñada. Esta se basa en

la metodología de análisis de la idoneidad del clima del NIST⁸⁰. Considerando solo el clima, altura del techo y carga térmica de la edificación, para determinar la tasa de intercambio de aire necesaria, entre el exterior e interior de la edificación. El resultado son dos tasas, una para garantizar que la temperatura se encuentre dentro de la zona de confort durante el día y la necesaria para enfriar la masa térmica del edificio en la noche. Siendo una herramienta básica su único propósito es brindar a los diseñadores una idea de la viabilidad de la alternativa. Adicionalmente, aunque no existe un límite de humedad relativa cuando se utiliza ventilación natural, se integra la posibilidad de evaluar colocando un límite, y se exhorta a no sobrepasar los límites utilizados para un sistema de calentamiento y enfriamiento mecánico (50-60%). Puesto que, mayores niveles pueden causar degradación en los materiales, ambientes propicios para el crecimiento de moho y generación de alergias [356].

A continuación se destacan algunas investigaciones. Las primeras tres se concentran en la evaluación del sistema de ventilación natural en edificaciones durante la etapa de operación, y la última evalúa la posibilidad de la utilización de ventilación natural para centros de cómputo en lugares con clima tropical.

El sistema de ventilación natural del edificio de investigación en ciencias sociales de la Universidad de Sheffield fue investigado para comprobar el correcto funcionamiento del mismo. Este utiliza la estrategia de ventilación por flujo mixto de la siguiente manera: la fachada norte permite el ingreso de aire en cada piso, mientras, la fachada sur recibe gran cantidad de luz solar que entra a la edificación a través de grandes ventanales calentando el aire. Esto genera que el aire se eleve y salga por las ventanas tipo persiana en que encuentran en el último piso de la edificación, ubicadas en ambas fachadas (norte y sur). El ángulo de apertura de las mismas regula el flujo de viento, encontrándose que para días soleados la diferencia de temperatura entre el primer y último piso (quinto piso) fue de 8 [°C],

⁸⁰ National Institute of Standards and Technology

mientras, la diferencia entre el primer y el cuarto piso fue aproximadamente de solo 2 [°C]. Sin embargo, en un día frío, la diferencia entre el primer y último piso fue de 2 [°C], es decir el flujo de viento durante días fríos es limitado [357].

Por otra parte, para dos edificios universitarios en Australia, se llevaron a cabo tres evaluaciones: una evaluación post ocupación (POE), mediciones en el área de trabajo y la aplicación de la escala del nuevo paradigma ecológico (NEP), que busca evaluar las actitudes de las personas sobre temas ecológicos. El primer edificio solo cuenta con ventilación natural (VN) a través de ventanas en todas las oficinas ubicadas en las fachadas norte y sur; y alberga 200 académicos y administrativos del área de las ciencias. El segundo edificio cuenta con un sistema híbrido (MM), es decir, VN con el mismo sistema que el primer edificio pero al censar una temperatura interior promedio mayor a 25 [°C] se activa un sistema de aire acondicionado central; también cuenta con 200 académicos y administrativos del área de las finanzas y economía. Se observó aplicando el estándar ASHAE 55 que el edificio con solo VN sobrepaso los límites de confort térmico en 4 ocasiones, en comparación con el edificio con MM que solo sobrepaso los 25 [°C] en tres ocasiones. Entretanto, los académicos y administrativos del área de finanzas y economía presentaron mayores actitudes pro ambientalistas; y los ocupantes del edificio con solo VN presentaron más disposición a perdonar las incomodidades creadas por la temperatura, puesto que reconocen la importancia ambiental de la alternativa. Sobre este mismo aspecto los ocupantes de la edificación con MM presentaron la misma disposición que ocupantes de edificaciones que solo cuentan con aire acondicionado [358].

Finalmente, la evaluación del sistema de VN de un edificio de dormitorios estudiantiles localizado en el campus de la Universidad de Malaya, Malasia, se realiza a partir de tres parámetros: temperatura, flujo de viento y humedad relativa. El edificio está orientado con sus fachadas más amplias en dirección norte-sur y tiene un jardín central. Cada dormitorio cuenta con ventanales de radio respecto a la pared de 0.66, siendo el 65% de los mismos operable; y sobre cada ventana

excepto en el primer piso del edificio, existen parasoles en forma de L. A partir de mediciones, se encontró que las habitaciones del último piso, presentan las mayores temperaturas por la radiación solar sobre el techo, pero los menores registros de humedad relativa. Mientras, las habitaciones del primer piso que reciben sombra de los árboles del jardín central, presentaron menos fluctuación de temperatura, pero la humedad relativa más alta. Se concluye entonces que, la locación dentro del piso y el número de piso son más influyentes en la temperatura y humedad relativa, que la orientación del dormitorio [354].

Entre tanto, grandes cantidades de dinero se gastan cada año en el sistema de enfriamiento de centros de datos, salas de cómputo, etc. Por esto, la VN se ha utilizado antes como una alternativa económica para este tipo de centros pero solo en locaciones con bajas temperaturas. Esta investigación llevada a cabo en Malasia busca su viabilidad en países tropicales. Para cumplir este objetivo se consideró la red informática de una universidad, primero se evaluó la carga térmica de los centros considerando su locación, horario de trabajo, fuentes de calor; y se optó por utilizar VN nocturna, pues es el horario que presenta menores temperaturas ambiente. Por otra parte, es necesario establecer límites térmicos para proteger los equipos, y conocer de antemano el tiempo en el cual la VN será efectiva para programar el trabajo. Este estimativo se realiza empleando el método de aprendizaje de máquinas tipo árbol de decisiones. A partir de los valores de temperatura y estado del aire acondicionado (prendido/apagado), se entrenó la máquina con los datos de tres semanas. Teniendo como estándar una precisión del 90%, se concluyó entonces que, la máquina solo puede predecir la viabilidad de la VN, para máximo las cinco horas siguientes. En definitiva, con una temperatura límite de 28 [°C], se considera viable la VN nocturna para centros de cómputo en Malasia [359].

7.5. MATERIALES

Complementario a las técnicas de arquitectura pasiva, los materiales utilizados en la edificación pueden contribuir a la calidad del aire interior, confort térmico, y además, ser ambientalmente amigables. Al respecto, se presentan dos grandes vertientes en las investigaciones, en la primera se buscan materiales que presenten un mejor desempeño acorde con las necesidades del lugar, y en la segunda, se enfocan en los techos verdes.

7.5.1. Investigaciones en materiales con desempeño superior. Los materiales tradicionales también pueden ser una fuente de alternativas que presentan un mejor o igual comportamiento que otros materiales para construcción. En Creta, Grecia, el revoco con contenido de cal, o cal y calcio carbonatado es utilizado como recubrimiento en la arquitectura tradicional. Un estudio sobre el mismo, concluyo que presenta propiedades térmicas similares a la de los revestimientos “fríos”, y su aplicación al igual que la pintura mineral, puede mejorar las características térmicas de materiales como el cemento [360]. Sin embargo, la mayoría de investigaciones se centran en nuevos materiales. Las ventanas, por ejemplo, son consideradas grandes fuentes de pérdidas térmicas, por lo que hoy por hoy es bastante popular el uso de ventanas de doble vidrio, que aumentan efectivamente el aislamiento térmico, permitiendo un ahorro de energía hasta del 53%. El material del marco y el tipo de vidrio utilizado también influyen, por esto en la actualidad se cuenta con vidrios con filtros solares, de baja emisión, fotocromáticos y electro-cromáticos; que contribuyen con el confort térmico, visual y acústico [361]. De igual forma, se debe reconocer que los sistemas mixtos son algunas veces necesarios. Una alternativa eficiente para el sistema de distribución de sistemas centrales de aire acondicionado es la utilización de ductos de tela aislante en vez de ductos metálicos. Estos presentan menores pérdidas, reparten

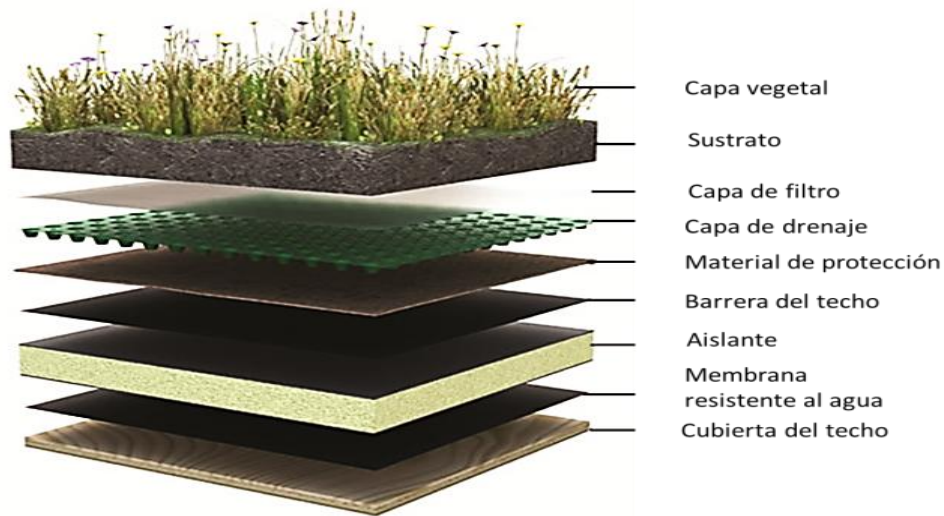
el aire de manera más homogénea, y disminuyen costos al no necesitar una gruesa estructura de soporte [362].

Considerando que el aislamiento térmico del techo de una edificación es especialmente útil para edificios de baja altura, donde el techo recibe la mayor radiación de todas las superficies; el ahorro energético ligado a esta estrategia es de suma importancia. En la segunda parte de la investigación empírica de la sección 7.2, párrafo 3, se compararon dos construcciones de un solo piso exactamente iguales; pero una de ellas cuenta con un aislamiento de lana mineral con un grosor de 75 [mm], instalado en el techo de la construcción. La lana mineral es un material bastante utilizado como aislante térmico, porque ofrece resistencia a la conductividad de térmica con efectos resistivos, reflectantes y capacitivos. Contando solo con un aire acondicionado como fuente de consumo de energía, se encontró un ahorro de 0.75 [kWh] respecto a la construcción sin aislamiento térmico durante los 10 días del experimento [343]. Por otra parte, los países son estaciones encuentran difícil implementar técnicas que traigan beneficios durante todo el año. Por ejemplo, para el verano la aplicación de recubrimientos de color claro disminuye la temperatura al interior de la edificación. Sin embargo, esta misma técnica puede aumentar la carga térmica en invierno. Una solución que está siendo investigada es el recubrimiento termo-cromático que cambia de color según la temperatura. Por debajo de la temperatura para la cual fue diseñado (T_0), el recubrimiento se muestra más oscuro, y por encima de T_0 toma un color más claro. Al realizarse experimentos con distintos colores, y comparando el revestimiento con revestimientos comunes y “fríos”; se observó que, cuando la temperatura es mayor a T_0 , los colores claros presentan diferencias menores a 3 [°C] mientras los oscuros más de 7 [°C], siendo la pintura termo-cromática la que presenta los menores valores. En cambio, cuando la temperatura es menor a T_0 , la diferencia de temperatura es menor a 3 [°C] para todos los colores. Sin embargo, es necesaria más investigación, pues la pintura

empieza a perder sus propiedades después de tan solo 10 días de aplicación [363].

7.5.2. Techos verdes. Los techos verdes disminuyen el consumo de energía de una edificación, gracias a la disminución de la carga térmica relacionada con la radiación solar. Esto sucede porque estos funcionan como aislantes térmicos y masa térmica; los techos reciben sombra de las plantas y estas absorben radiación solar para realizar fotosíntesis. Además, los techos verdes presentan muchos otros beneficios como: disminución del efecto isla de calor, mejora de la calidad del aire exterior, aumento de las zonas verdes dentro de la ciudad y disminución de la escorrentía de aguas pluviales. Sin embargo, todos estos están sujetos al tipo de techo verde (el grosor de las capas (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) divide los techos verdes, entre intensivos (capas más gruesas) y extensivos (capas más delgadas)) [364]; a la selección de los materiales, especialmente la cubierta vegetal (las plantas afectan el aislamiento térmico del sistema y la transferencia de calor), el clima, y la edad de la edificación (los edificios nuevos son térmicamente mejor aislados que los antiguos). Respecto al ahorro de energía, en climas calientes los techos “fríos” presentan un mayor ahorro, mientras en climas fríos lo hacen los techos verdes, con resultados no concluyentes bajo invierno con nieve. En consecuencia de la fuerte dependencia de los parámetros antes mencionados, el rango de ahorro energético varía entre el 2-80% [365], [366].

Figura 7. Componentes de un techo verde [367].



En un edificio en Singapur, se contó con la posibilidad de realizar mediciones de temperatura en el techo, antes y después de la construcción de un techo verde extensivo. Las mediciones se hicieron durante 22 días y se encontró que, la transferencia de calor disminuyó, reduciendo la ganancia de térmica hasta en un 60%; y la temperatura de la superficie del techo es menor cuando está cubierta extensamente por plantas, mientras al exponerse el sustrato, este puede alcanzar temperaturas más altas que el techo de hormigón, sobre todo si su contenido de agua es bajo. Esto puede explicarse si se considera que, su color oscuro lo hace proclive a absorber más radiación y cuenta con una baja capacidad térmica [368].

Paralelamente, los materiales utilizados en los techos verdes también son motivo de estudio. Aunque, se considera que los techos verdes representan una alternativa ecológica, sus membranas están hechas de polietileno de baja densidad (PE-LD) y polipropileno (PP), que generan alta contaminación durante su producción. Utilizando el programa SimaPro 7.1 para medir los niveles de NO_2 , SO_2 , O_3 y PM_{10} , se evaluó en cuanto tiempo los techos verdes (asumiendo todos los techos de la ciudad de Chicago como techos verdes) mitigaban los efectos

nocivos de la producción de PE-LD y PP. Se concluyó que, considerando que el tiempo de vida de un techo verde es de entre 40 a 55 años, estos pasarían en promedio 2/3 de su vida mitigando la contaminación y 1/3 si los materiales son reciclados [369]. Siguiendo esta idea, en España se estudió el uso de molido de caucho de llantas usadas como reemplazo de la capa de drenaje, en la cual usualmente se utiliza arcilla expandida, esquisto expandido, piedra pómez y puzolana natural. Encontrándose que, el molido de caucho con un molido de 0.8 – 2.5 [mm] presenta una conductividad hidráulica similar a la de la puzolana natural sin afectar el funcionamiento del techo verde, por lo que se concluye que es una alternativa factible [370].

7.6. POSIBLES APLICACIONES EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Los edificios de la universidad aprovechan las diferentes estrategias de la arquitectura bioclimática. Pero dada la antigüedad de algunos de ellos, como herramienta para mantener el confort térmico, y ahorrar energía en los salones provistos con aire acondicionado, se considera útil reforzar su aislamiento térmico en paredes y ventanas. A su vez, aunque un número significativo de edificios presentan fachadas en colores claros, la iniciativa todavía necesita expandirse a los demás edificios y techos de la universidad; utilizando en lo posible recubrimientos “fríos” y considerando su repercusión en el confort de los transeúntes. También podría sugerirse una evaluación a la eficiencia de los ductos de ventilación y aire acondicionado, y la viabilidad de su reemplazo por ductos de tela aislante en el CENTIC y la biblioteca, que son las únicas edificaciones en la universidad con sistema de ventilación y aire acondicionado central. Sin embargo, dada la corta edad del primero y la reciente remodelación del segundo no parece económicamente factible, pero aun así, se quiere resaltar la posibilidad.

También, deben realizarse evaluaciones del confort térmico, la IAQ y el confort visual, en todos los edificios para conocer si otras medidas son necesarias. Estos estudios ya se están adelantando parcialmente gracias a proyectos de grado que implican: la evaluación de las estrategias de confort térmico y visual utilizando la herramienta DesignBuilder de la fase I del edificio de ingeniería eléctrica [371], el análisis energético del edificio de estudios industriales y empresariales a partir de la herramienta Autodesk Ecotect Analysis [372], y el estudio de la influencia de parámetros de diseño en el último piso de la fase I del edificio de ingeniería eléctrica por medio de la herramienta DesignBuilder, entre otras. Para este último se concluyó que gracias a la ventilación e iluminación natural, cubierta verde y tubos solares, entre otras iniciativas se logra un ahorro energético del 73% [47]. En ellos también se tuvo en cuenta su posible utilización para la solvencia de parte de la certificación LEED.

Aunque no es directamente una estrategia de la arquitectura bioclimática, se exhorta a la implementación de un sistema de control de iluminación.

En este momento, el edificio de Ingeniería Eléctrica I cuenta con control on/off en el cuarto piso, control tipo atenuador en el quinto piso y sensores de ocupación en todos los pisos. Sería ideal estudiar el ahorro de energía que presentan, la satisfacción de los ocupantes y su efectividad, con el fin de extender este sistema a todos los edificios. Afortunadamente, este tema también ha sido temática de los proyectos de grado, creando sistemas de iluminación LED con control de intensidad [373], y metodologías para la selección de elementos para la iluminación mixta [374]. Igualmente existen una serie de proyectos enfocados a la domótica, inmótica y automatización de edificios dentro de la universidad [375]–[377]. Por último en el caso, de nuevas edificaciones o remodelación, todos los principios y técnicas aquí expuestas pueden ser fácilmente aplicables, dado el clima cálido seco–templado de la ciudad de Bucaramanga, siendo lo más importante la correcta evaluación en las etapas de diseño para su correcto funcionamiento post ocupación.

7.7. APLICACIONES: ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

Este capítulo no busca estudiar edificaciones que reflejen ejemplarmente la arquitectura bioclimática, sino, estudiar las técnicas de arquitectura pasiva aplicadas en las edificaciones que reflejan la arquitectura sostenible de las universidades más comprometidas con la sostenibilidad y conscientes de sus impactos ambientales según el UI GreenMetric Ranking 2013, y las mejores universidades del mundo según el QS World University Rankings 2013.

El propósito de escoger los casos de estudio de esta manera es responder las siguientes preguntas: ¿es la arquitectura bioclimática realmente utilizada para crear campus verdes?, ¿qué técnicas de la arquitectura bioclimática son las más utilizadas?, y ¿existen elementos comunes, es decir, tendencias en los edificios sostenibles universitarios aquí estudiados? Es importante aclarar que aunque se estudian universidades en diferentes ciudades, estas terminan encontrándose en tan solo dos países: Estados Unidos y Reino Unido. Esto podría entonces traer un sesgo al análisis aquí realizado, aunque se selección dio prioridad a su lugar en los rankings, la información que se podría encontrar, características únicas y el idioma en el que se encontraba la información (solo se consultaron páginas en inglés y español), mas no, al país donde se encontraban las instituciones de educación superior.

7.7.1. Centre for Sustainable Energy Technologies (CSET), Universidad de Nottingham, campus Ningbo, China. Inaugurado en el 2008, el CSET fue el primer edificio de energía neta cero en China, su propósito es albergar investigaciones sobre tecnologías sostenibles, por lo cual es congruente que hayan implementado un número técnicas y tecnologías amigables con el medio ambiente, incluyendo la arquitectura bioclimática en su diseño. Realizando un reconocimiento, el primer detalle que resalta es su primer piso semienterrado,

solo por esta particularidad el piso cuenta con aislamiento térmico extra suministrado por la tierra. Además, parte del mismo se expande más allá que sus pisos homólogos en la superficie, por lo que esta zona fue cubierta con un techo verde que a su vez brinda estética y con cuatro tragaluces para proveer iluminación natural. Complementariamente, las fachadas expuestas este y oeste son parciales en doble vidrio proporcionando así más iluminación natural al interior. Todas estas características se observan en la Figura 6 [376], [377].

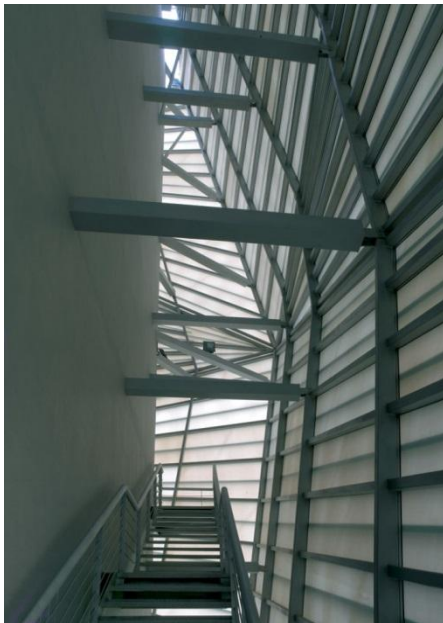
Figura 8. CSET, arquitectura pasiva del semisótano. A la izquierda, tragaluces y techo verde en el área sur [378] y a la derecha, fachada y entrada este, parcialmente en doble vidrio [379].



La edificación sobre la superficie presenta una forma asimétrica con varios pliegues y doble fachada. Destacándose, la fachada externa emula la superficie de un abanico, siendo esta de vidrio con patrones hechos por serigrafía, excepto en

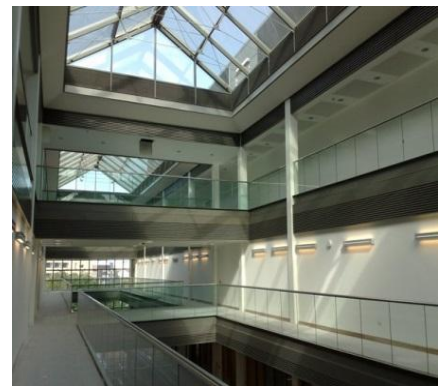
la fachada sur como se muestra en la Figura. De igual forma, la fachada y estructura interna están compuestas por hormigón y doble vidrio para brindar estabilidad, masa térmica y maximizar la iluminación natural. Esta técnica de doble fachada presenta un aislamiento térmico adicional a la edificación, mientras crea espacios para la distribución del aire a través del edificio. Siguiendo con la ventilación natural, el edificio cuenta con entradas de aire exterior en todas las fachadas excepto la norte y una apertura en el techo del último piso para iluminación y creación de flujo de aire utilizando el efecto chimenea. Estas características se observan en la Figura [379]–[381]. Al sumar todas estas técnicas de arquitectura bioclimática junto con la utilización de materiales locales y de bajo consumo energético, luces altamente eficientes, fachadas en color claro; y sistemas de aire acondicionado y calefacción basados en refrigeración por absorción, utilizando energía solar térmica para el primero y bombas de calor geotérmicas para el segundo. El edificio ahorra entre un 50-100% de energía respecto a un edificio convencional, y este gasto es cubierto por el parque eólico y paneles solares que se encuentran en la periferia del mismo [382], [383].

Figura 9. Aislamiento térmico y ventilación del edificio. A la izquierda, doble fachada del edificio [378] y a la derecha, ventilación natural de la edificación[381].



7.7.2. Western Gateway Building (WGB), Colegio Universitario de Cork. El Western Gateway Building, es un edificio de 25000 [m²] y 5 pisos, que alberga oficinas, laboratorios, aulas de clase e incluso restaurantes. Dado su tamaño y la variedad de actividades que se llevan a cabo en el mismo, el reto de ser eficiente energética y monetariamente hablando, se superó utilizando una combinación de técnicas pasivas y no pasivas. En cuanto a las técnicas pasivas, la que más destaca es la iluminación natural, gracias a la orientación clásica con la fachada más amplia hacia el sur, y por un porcentaje de área de ventanas igual al 60% del área total de las fachadas norte y sur, y con una reducida área de ventanas, en las fachadas este y oeste. Igualmente cuenta en el área sur, con tres jardines descubiertos internos y en el área norte con un atrio con techo de vidrio que corresponde 9.5% del área del techo. Buscando el bienestar de los ocupantes, se cuenta de manera adicional con un sistema de control con fotoceldas para graduar la iluminación con el fin de mantener la constante la cantidad de luxes en el plano de trabajo; y sensores pasivos de infrarrojo (PIR) para detectar la presencia de personas y de no ser así, apagar la iluminación artificial después de 30 minutos [384]–[386].

Figura 10. Iluminación natural en el WGB. A la izquierda, fachadas norte y oeste, principal y parcialmente en vidrio, respectivamente [387]. A la derecha, techo de vidrio del atrio [388].



Por otra parte, la calefacción, ventilación y refrigeración de edificio, fue concebida desde la etapa inicial del diseño, permitiendo así, aprovechar de manera eficiente los recursos de la zona. Esto se ve reflejado inicialmente, en la elección del techo en concreto reforzado, que cuenta con una gran masa térmica, la utilización de ventilación natural durante la noche y la división de espacios entre: espacios con alta ganancia térmica interna y espacios con baja ganancia térmica interna. Los primeros espacios incluyen laboratorios, cafeterías, baños y los salones principales, y los segundos oficinas, escaleras y el atrio, entre otros. En consecuencia de esta clasificación, las áreas de alta ganancia térmica fueron acomodadas en la zona norte, para que recibieran menor radiación solar; y a su vez, se evitaron colocar espacios donde permanezcan personas de manera constante, en las fachadas este y oeste para evitar la inconformidad visual. En el caso de la ventilación, las áreas con baja ganancia térmica utilizan ventilación natural, mientras, las áreas de con alta ganancia térmica cuentan con un sistema mecánico de ventilación por VAV. Este sistema introduce el aire exterior por el piso de los espacios a una temperatura adecuada, y después este sale naturalmente de los espacios al atrio; donde es reabsorbido si la temperatura es menor a 17 [°C] o de lo contrario, definitivamente liberado al ambiente exterior por las ventanas del techo del atrio. Adicionalmente, se cuenta con un sistema control, que actúa según los sensores de CO₂, ocupación y temperatura [386].

El sistema de calefacción y enfriamiento utiliza principalmente una bomba de calor que utiliza agua subterránea (geotérmica) para los espacios ventilados mecánicamente. Entre tanto, los espacios naturalmente ventilados se calientan por medio de radiadores y una caldera de condensación a gas, y paralelamente, la ubicación suroeste-noreste aprovecha el calor brindado por la radiación solar de la mañana. Al momento de operación de solo los primeros 3 pisos, los sistemas en conjunto presentaron los mismos niveles de consumo de energía eléctrica por m² anual que un sistema naturalmente ventilado (ECON 19⁸¹), con un consumo

⁸¹ Energy Consumption Guide 19

mucho mayor de electricidad, pero mucho menor de combustible fósil. No obstante, también presentó un 33% más de emisiones de CO₂ por m² anual, que el sistema naturalmente ventilado según la ECON 19 [386].

7.7.3. Genome Sciences Building, Universidad de Carolina del norte, sede Chapel Hill. El Genome Sciences Building, es un edificio de aproximadamente 20000 [m²] que alberga los departamentos de biología, química, ciencias de la computación y estadística; junto con los programas y centros de biotecnología, bioinformática, ciencias del genoma y biología molecular de la Universidad de Carolina del norte, sede Chapel Hill. Particularmente, este tipo de áreas del conocimiento necesitan un ambiente controlado para llevar a cabo sus investigaciones, por lo que, los laboratorios de este edificio presentaron retos propios de la integración del concepto de sostenibilidad en espacios especializados. En primera instancia, la necesidad de un ambiente controlado eliminó rotundamente la posibilidad de utilizar ventilación natural; e incluso, la reabsorción del aire circulante no es una opción para parte de la edificación, puesto que es necesario mantener el ambiente libre de agentes contaminantes, labor que es desarrollada localmente por las campanas de gases en cada laboratorio húmedo. Dadas estas restricciones, y el alto consumo de las campanas de gases, los diseñadores se decantaron por utilizar módulos refrigerantes activos en todos los espacios excepto en los laboratorios húmedos de alta densidad. Este sistema distribuye mejor el aire, utilizando 6 cambios de aire por hora en vez de los doce que usa el sistema convencional de volumen de aire variable (VAV), con lo cual se espera balancear el consumo eléctrico del sistema de ventilación y enfriamiento [389], [390].

Si bien el anterior fue el mayor desafío de diseño, esta edificación certificada LEED oro presenta varias características y espacios que promueven la

socialización entre la comunidad universitaria, lo cual le permite diferenciarse y sobresalir sobre otras edificaciones ambientalmente amigables.

En primer lugar, la mayor parte de sus fachadas están hechas de vidrio de baja emisión, lo que permite la entrada de abundante luz solar y brinda a los ocupantes la posibilidad de conectarse con el ambiente exterior que los rodea; mientras previene ganancias y pérdidas térmicas. Para evitar la incomodidad visual generada por la luz directa, las fachadas norte, este y oeste cuentan con salientes verticales, mientras, la fachada sur cuenta con salientes horizontales. La iluminación natural penetra más profundamente dentro de los laboratorios de los niveles superiores, gracias a que la mayoría de las divisiones en estos, también son de vidrio. Y si bien, estas divisiones, separan en tres cada piso superior, también permiten la comunicación entre laboratorios y presentan zonas comunes para comer y descansar, con la firme creencia que en estos momentos de esparcimiento es cuando más se presenta generación de conocimiento colaborativo entre los investigadores [391], [392].

En segundo lugar, el primer piso de la edificación es elevado, por lo tanto, la comunidad educativa puede cruzar por debajo de la edificación todos los días encontrándose en este nivel, con tan solo un salón, un laboratorio y un café, por lo cual el aire fresco fluye libremente a través de él. Esto en conjunto, con la geometría en L del edificio, su orientación con la fachada más larga hacia el este y el encerramiento para formar la L hacia el norte; propician un ambiente agradable para departir al exterior ya sea en el café o en el jardín ubicado en la zona interior creada por la geometría del edificio [390].

Adicionalmente, los materiales utilizados en la construcción del edificio fueron escogidos cuidadosamente. Al menos el 20% se compró en los mercados locales, el 50% de la madera utilizada era certificada y se utilizó bambú para algunos pisos. Asimismo, el cemento utilizado para entre el 50-60% concreto de la edificación, es un producto secundario derivado de la industria del acero, que de

otra manera acabaría en los vertederos. Este mismo da al concreto un color claro, lo que permite utilizarlo como fachada, aprovechando su masa térmica para aislamiento térmico y su color reflectante para disminuir la carga térmica solar de la edificación. Análogamente, el techo cuenta con adoquines de alto albedo, un techo verde y un invernadero, que además exhibe iluminación LED para el crecimiento de las plantas. Todas estas características unidas permiten que la edificación presente un ahorro energético del 25%, con respecto a los estándares ASHRAE [391], [392].

Figura 11. Genome Sciences Building, a la izquierda la fachada este, donde se observa la disposición del piso al nivel del suelo, salientes verticales, invernadero y área de la fachada cubierta de vidrio [393]. A derecha, jardín al interior de la geometría en L [394].



7.7.4. Veterinary Medicine Research Facility 3B, Universidad de California, Davis. La Veterinary Medicine Research Facility 3B de cuatro pisos, es el centro de investigación de la escuela de medicina veterinaria y otras áreas de las ciencias de la salud. Este cuenta con laboratorios, oficinas, un vivario para animales pequeños, una cabina de bioseguridad nivel 3 y un espacio común

centralizado [395]. Con esta variedad de espacios, los diseñadores decidieron aislar los laboratorios con necesidades de mayor ventilación de los demás espacios, para así solo proporcionar exactamente la extra ventilación a los mismos, mientras las demás áreas reciben otras estrategias de ventilación. En consecuencia los laboratorios aislados, los laboratorios no aislados y las oficinas no colindantes con las fachadas utilizan módulos refrigerantes activos, el cual tiene una ventaja sobre el VAV al no depender de incremento del flujo del aire para enfriar un espacio. Las oficinas no aisladas cuentan con ventilación natural a partir de ventanas operables, el lobby cuenta con enfriamiento a partir de pisos radiantes y ventilación natural a partir de ventanas tipo persiana, y las oficinas aisladas cuentan con techos radiantes y ventilación a la altura del escritorio. En último lugar, el techo sobre de las escaleras es tipo ventana, lo que promueve la salida del aire caliente por efecto chimenea, manteniendo fresco el ambiente [396].

Por otra parte, la edificación presenta una orientación clásica con sus fachadas más amplias orientadas norte-sur; pero su geometría a diferencia de la típica forma rectangular es una L deformada presentando un ángulo poco menor a 180° hacia el norte. Esto permite la creación de espacios externos para el esparcimiento y un flujo natural hacia los espacios dentro de la edificación [397], [398]. En cuanto a la iluminación natural, la edificación cuenta con ventanas en todas las fachadas con doble vidrio de baja emisión y argón entre ellos. Sin embargo, las ventanas no representan un área considerable en comparación a las edificaciones hasta ahora estudiadas. Aun así, estas son suficientes para iluminar las oficinas en el perímetro, y gracias a repisas de luz y paredes internas en vidrio, también para iluminar oficinas y espacios internos. De la mismas forma, se cuenta con un número de dispositivos para generación de sombra y confort visual como: salientes verticales en la zona este, persianas para las fachadas este y oeste, y las repisas de luz externas e internas en la fachada sur. Adicionalmente, existe un sistema de control de iluminación on/off que utiliza foto sensores y sensores de

ocupación, junto con la posibilidad de control manual de la iluminación [396], [399], [400].

Figura 12. Iluminación y ventilación natural en la Veterinary Medicine Reasearch Facility 3B. A la izquierda, fachada sur en color blanco y ventanas con repisas de luz exteriores [401], a la derecha, oficina con ventana operable y repisa de luz interior [400].



En el caso de los materiales, para fachadas y techo, la mayor importancia se le concedió a brindar un buen aislamiento térmico para esto en las fachadas se utilizó material clasificado $R^{82}20$ y para el techo $R30$; este último, también fue elaborado considerando la incorporación de paneles solares en el futuro. Para los acabados internos se utilizaron una serie de materiales con alto porcentaje de componentes reciclados o fuentes renovables y bajo contenido de VOC, como ejemplo gabinetes, armarios, puertas y divisiones en bambú, pisos en linóleo y de tipo resiliente sin contenido de PVC.

En conjunto con las características ya explicadas la reutilización de aire caliente que deja la edificación para pre calentar el aire que entra a la edificación y la

⁸² El valor R representa la resistencia térmica de un material [599], sus unidades son $[m^2 \cdot K/W]$ [600]

disminución de la carga térmica gracias a la fachada en color claro, entre otras; se calcula un ahorro de energía del 30% respecto a un edificio estándar [398], [399].

7.7.5. Sustainability Resource Center, Universidad de California, San Diego.

A diferencia de los demás proyectos aquí expuestos, el Sustainability Resource Center es solo una pequeña parte (tiene un área de un poco más de 90 [m²] [402]) del Price Center West. Sin embargo, presenta una característica tan única que aunque no es propiamente parte de la arquitectura bioclimática vale la pena ser nombrada, y le ha valido la certificación LEED oro para interiores comerciales [403]. Esta característica es un sistema de iluminación en DC – DC, alimentado por paneles solares, siendo no solo el primero en su clase implementado en una universidad, sino el primero en su clase implementado en Estados Unidos. El sistema utiliza cuatro paneles solares que se encuentran en el techo de la edificación y que generan en promedio 800 [W] a una tensión de 24 [V]. Estos se conectan a una red eléctrica en DC que se encuentra en el cielo raso de las oficinas y cuenta con la opción “plug and play”, es decir, existe la posibilidad de mover algunas luminarias y conectarlas en cualquier lugar de la red. Consecuentemente, también se emplean luminarias LED de baja tensión en DC para una iluminación efectiva; y al no realizarse conversión DC – AC, se eliminan pérdidas del orden del 10% de la energía producida y la iluminación en DC presenta una eficiencia energética entre 5-15% con respecto a un sistema en AC. Todo este ahorro de energía se ve complementado por el sistema de control de la iluminación artificial a partir de sensores de iluminación y movimiento [402], [404].

Igualmente, el Sustainability Resource Center fue concebido como un espacio donde la comunidad universitaria podría aprender sobre el concepto de sostenibilidad y como se ha incorporado el mismo en la universidad. Es por esto que se presenta como ejemplo para cualquiera que conozca sus instalaciones no solo por el sistema de iluminación, sino también por la selección de materiales utilizados como: madera reutilizada en el piso, mesas hechas de botellas

recicladas, vidrio y cartón, pintura ambientalmente amigable y otros acabados y muebles en bambú [405], [406].

Figura 13. Sustainable Resource center, a la izquierda puede observarse el complejo del cual hace parte y los paneles solares que abastecen el sistema de iluminación [407]. A la derecha, el interior del centro y mobiliario en materiales verdes [408].



7.7.6. Biochemistry Building (2009), Universidad de Oxford. El edificio de Bioquímica de la Universidad de Oxford, tiene un área de 12000 [m²] repartida en 6 pisos, dos de ellos subterráneos, y donde alberga a 300 investigadores de las áreas de la bioinformática, biofísica molecular, bioquímica y biología cromosómica. Su característica más notable es la fachada completamente en vidrio con salientes verticales igualmente en vidrio de diferentes colores, lo que brinda un paisaje colorido a los transeúntes, una mimetización con su entorno, y un espectáculo de sombras y color según la hora del día. Este espectáculo es potenciado por su orientación con las fachadas más amplias en dirección noroeste-sureste y su

forma rectangular con un pequeño corte cuadrado en la esquina sureste donde se encuentra la entrada principal. Sin embargo, este edificio no fue diseñado solo pensando en la estética, sino más bien, coordinando la estética con la sostenibilidad y promoviendo los espacios de encuentro entre colegas [409], [410].

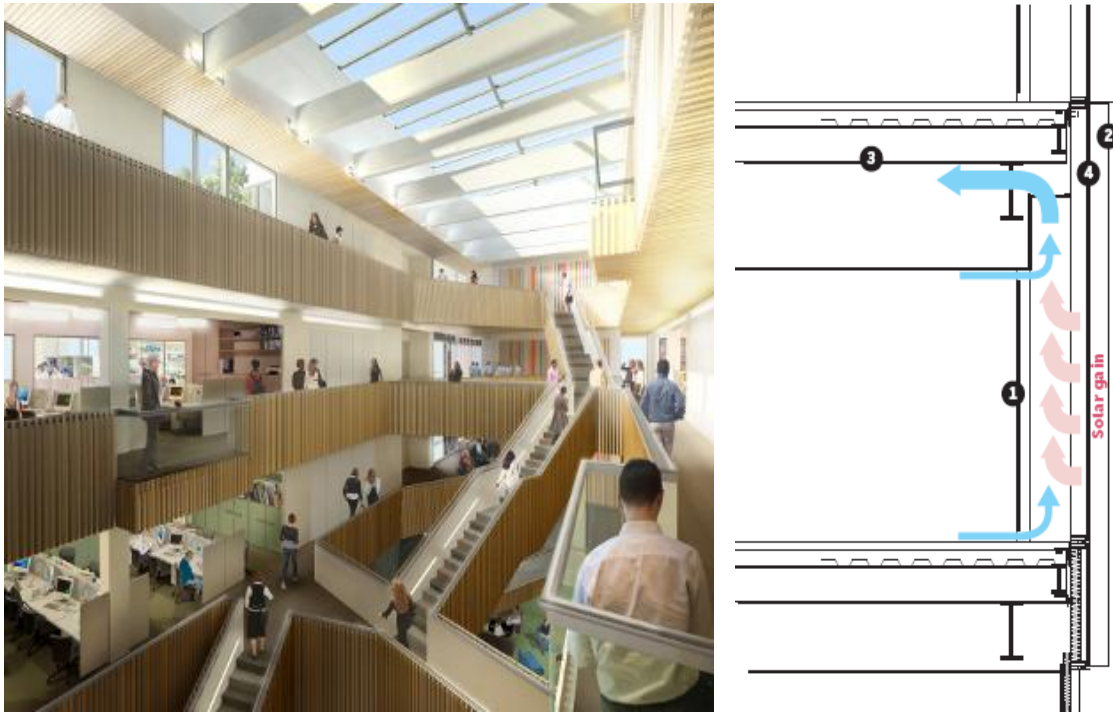
Por ejemplo, la fachada en vidrio permite la iluminación natural en todo los pisos sobre la superficie, además, todos los vidrios utilizados en ella son del tipo control solar, que disminuyen la ganancia térmica solar y la posibilidad de deslumbramiento. De manera especial, la fachada sur presenta doble vidrio para limitar la ganancia solar superior que recibe en comparación con el resto de fachadas y el aire entre los vidrios es constantemente renovado por el sistema de ventilación lo que permite aliviar la carga térmica. Entretanto, aunque las fachadas permiten observar lo que sucede al interior de la edificación, las salientes verticales en rojo, naranja, terracota y ciruela crean sombra sobre la misma, minimizando la posibilidad de incomodidad visual y por sus colores, brindando cierta privacidad a los ocupantes junto con persianas internas en tela de color blanco. No obstante, la fachada no es la única fuente de iluminación natural de la edificación. Al interior de esta, todo está construido alrededor de un atrio central de 400 [m²], que en el primer piso cuenta con varios sets de muebles y un café contiguo, lo que genera un espacio perfecto para sentarse y discutir ideas; en el resto de niveles es el espacio para que las escaleras crucen de un nivel a otro y en el último nivel cuenta con un techo de vidrio que ilumina naturalmente todo los niveles inferiores. Para evitar deslumbramiento por el mismo, la edificación da doble propósito a los paneles solares instalados en el techo, es decir, sumado a la captación solar para generación de energía eléctrica, los paneles están ubicados de forma tal que generan sombra al interior de atrio [411]–[413].

Figura 14. Edificio de Bioquímica de la Universidad de Oxford. A la izquierda la entrada sureste, en los pisos superiores se aprecia las cortinas interiores para proteger contra la iluminación solar excesiva [414] . A la derecha, salientes verticales [415].



En cada piso, la ubicación de los laboratorios, oficinas personales, salones de juntas y escritorios se repite. Los primeros tres suelen ubicarse en el perímetro y los últimos alrededor del atrio, sin paredes o divisiones que lo separen del mismo. Aunque si bien, el resto de áreas están separadas por divisiones, esta son en vidrio para permitir el paso de luz natural por ambos frentes. Del mismo modo se divide por espacios el tipo de ventilación a utilizar, para las tres primeras áreas se ventila y enfría de manera mecánica por VAV y calentamiento del aire en sus terminales gracias a un sistema tipo agua caliente a baja presión (LPHW) que recicla el calor. Para las áreas restantes de edificio, se utiliza ventilación natural, donde el aire entra por un ducto subterráneo al primer piso y sale por ventilas y ventanas en el techo del atrio. La elección del tamaño de las ventilas y ángulo de apertura de las ventanas del atrio para un óptimo flujo de aire se realizó basado simulaciones hechas con el programa TAS de EDSL. Por último, algunos otros detalles de la edificación son: calefacción de todas las áreas es por una caldera a gas tipo agua caliente a baja temperatura (LTHW), buscando eficiencia energética, el edificio se encuentra conectado a la red de alta tensión, un sistema de control de la iluminación artificial y un techo verde cultivado en sedum [412], [413], [416].

Figura 15. Edificio de Bioquímica de la Universidad de Oxford. A la izquierda, techo en vidrio del atrio central [411]. A la derecha, renovación del aire entre el doble vidrio de la fachada sur [417].



7.7.7. Análisis. En todos los casos de estudio aquí descritos puede observarse la aplicación en diferentes grados de técnicas de arquitectura bioclimática. Por ejemplo, debido a sus necesidades de confort térmico según la estación del año y la necesidad de mantener un ambiente controlado en los laboratorios, ninguna edificación cuenta con un sistema de ventilación puramente natural. Sin embargo, todas incorporan la ventilación natural para parte de la edificación o durante una época del año, siendo la técnica más popular la ventilación por diferencia de temperatura haciendo uso del efecto chimenea. Respecto a la geometría de la edificación, las dos primeras edificaciones presentaron geometrías rectangulares con algunas salientes, mientras las posteriores tres, se decantan por una forma de

L para generar espacios exteriores que gocen de sombra y por lo tanto sean ideales para el deleite de la comunidad.

En cuanto a la iluminación, todas las edificaciones exhiben un porcentaje considerable de fachada en vidrio por lo que garantizan iluminación natural en los perímetros. Al interior, la iluminación natural se garantizó utilizando divisiones en vidrio para potenciar la entrada de luz por las ventanas del perímetro, y por la utilización de techos en vidrio sobre todo en el área de las escaleras o atrios centrales; pues al no haber ningún obstáculo, la iluminación llega a todo los niveles de la edificación. No obstante, alternativas como los tubos solares o captadores solares no fueron utilizadas, lo más cercano fueron tragaluces que solo se utilizaron en una de las edificaciones. Este esfuerzo por iluminar naturalmente al interior y exterior de la edificación se ven complementados por sistema de control de la iluminación artificial, que es un referente común en la mayoría de las edificaciones. Para el caso 7.7.5, existe un pequeño análisis de los retos durante el primer año de operación, al no mencionarse el sistema de control, se considera que este funciona apropiadamente [404].

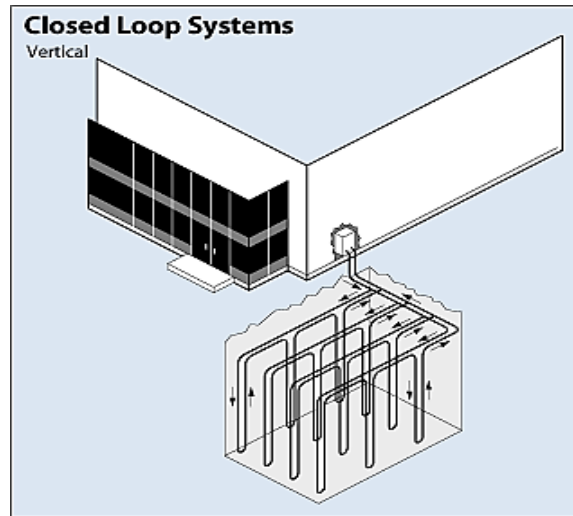
Al pensar en los medios para generar sombra, no se debe solo considerar la fachada expuesta en vidrio, sino también su orientación. Si bien, en la mayoría de fachadas se utilizaron salientes verticales; las fachadas este, oeste y sur cuentan además con sistemas internos de generación de sombra como persianas. Y específicamente para la fachada sur, se observan salientes horizontales y repisas de luz que cumplen la doble función de potenciar la iluminación natural al interior mientras se regula la iluminación justo al lado de la misma. Adicional al papel que cumple la orientación para garantizar una iluminación natural con mínima inconformidad visual, esta también probó que puede influir en el aislamiento térmico de la edificación. Con la orientación clásica como favorita o alguna variación, se empleó para el aislamiento térmico, vidrios de baja emisión, doble vidrio, doble fachada, cemento reforzado como masa térmica, por nombrar algunos. Entre tanto con la gran cantidad de área de fachada en vidrio, en una de

estas edificaciones considero que la fachada sur, de manera especial, debía llevar doble vidrio de baja emisión a diferencia de solo un vidrio de baja emisión como el resto de las fachadas con el fin de disminuir su ganancia térmica.

Adicionalmente, se advirtió una tendencia a utilizar módulos refrigerantes activos (tradicionalmente utilizados en Europa) para el enfriamiento y ventilación de las áreas en vez la ventilación por VAV (tradicionalmente utilizados en Estados Unidos). Estos cuentan con beneficios como el ahorro de energía y dinero en mantenimiento durante su operación. Esto se debe al funcionamiento del sistema que a diferencia del convencional no depende de la elevación del flujo del aire (sistemas tipo VAV) para enfriar un cuarto, sino que contiene bobinas que transportan agua y dependiendo de la temperatura de la misma climatizan el aire entrante, y el aire caliente de la habitación que se eleva por efecto inductivo. Solo esta diferencia disminuye la cantidad de aire que debe proporcionar la unidad de tratamiento del aire (AHU) y por lo tanto su tamaño.

Además los sistemas que utilizan VAV, piden al AHU el aire a la temperatura que necesita el cuarto con más carga térmica y se encarga de recalentar el mismo para el resto. Al utilizar módulos refrigerantes activos, el aire de la AHU llega a los mismos en un rango de temperatura entre 12.8 – 16.7 [°C] y en cada cuarto se disminuye o aumenta la temperatura según sea necesario. No obstante también presenta algunas desventajas como: el riesgo de condensación del agua de las bobinas al emplearse en lugares con ventilación natural y el hecho de que presenta iguales o menores beneficios cuando los laboratorios cuentan con más de dos campanas de ventilación [418]–[420].

Figura 16. Bomba de calor geotérmica, tipo vertical de bucle cerrado [421]



Otra tendencia alternativa a los sistemas de calefacción y enfriamiento eléctricos, a gas o a base de otro combustible no renovable, fue la bomba de calor geotérmica. Si bien existen varios tipos de bombas, la más utilizada para edificaciones con grandes cargas térmicas es la tipo vertical de bucle cerrado, que a través de mangueras de polietileno (PE) o polibutileno (PB) enterradas de manera vertical y que vuelven a la superficie gracias a una terminación subterránea en forma de U; transporta agua, aire o líquido anticongelante que extrae o lleva calor a la tierra según se esté calentando o enfriando la edificación. Es decir, el sistema básicamente aprovecha la temperatura estable de la tierra o agua a profundidades entre 50 – 100 [m], que es menor a la temperatura ambiente en verano y mayor en invierno. Además, se considera que solo se emplea un porcentaje mínimo de electricidad en comparación con los beneficios térmicos, tiene una excelente posibilidad de utilización en cualquier lugar una vez si se cuenta con un diseño adecuado y normalmente su inversión se paga en sus primeros 10 años de operación [422], [423].

8. GENERACIÓN DISTRIBUIDA

8.1. GENERALIDADES

La Generación Distribuida (GD) es el conjunto de métodos y técnicas de generación de energía eléctrica a pequeña escala, que se ubican cercanos a los centros de carga dependiendo del tipo de la demanda que haya que suplir. Esta estrategia de generación se ha venido desarrollando con el objetivo de reducir pérdidas de potencia y mejorar los perfiles de tensión en las redes de distribución de media y baja tensión. Asimismo, la GD busca reforzar la capacidad de transporte en las redes mediante la creación de nuevos flujos de potencia, que son inyectados a la red con el fin de poder suplir las necesidades de las demandas de carga [424].

Ante el menester de abastecer efectivamente a los centros de carga, industriales como residenciales con exigencias energéticas diferentes, la GD se convierte en una alternativa potencial de respaldo ante el crecimiento dinámico del sector eléctrico y la celeridad de la evolución tecnológica. Dicha ampliación del sector eléctrico, como lo enuncia el Ministerio de Minas y Energía Colombiano en su Plan Energético Nacional [425], tiene una afectación directa ante el desarrollo industrial y el incremento poblacional sobre la disponibilidad de recursos energéticos, fuentes de generación y capacidad instalada. Además, el gobierno colombiano a través de la ley eléctrica [426], exige la calidad de la prestación del servicio de energía eléctrica y la cobertura del mismo a toda la población sin importar su estratificación y ubicación territorial, lo que le da a la GD una importancia mayor a la hora de prestar el servicio en Zonas No Interconectadas (ZNI) a la red de transmisión nacional. A su vez, invita a la protección y cuidado de los recursos ambientales, por ello insta al Uso Racional de la Energía (URE) [427].

8.1.1. Características de la generación distribuida. Los sistemas de generación descentralizada, dependen de factores externos como su ubicación y tipo de red, así como el tipo de tecnología a utilizar y la capacidad a instalar, necesarios para poder realizar su diseño óptimo y fácil implementación. Introducir un sistema de GD en una red de distribución, altera la naturaleza de la misma, ya que al inyectarle energía eléctrica de otra fuente, afecta los flujos de potencia iniciales en la red, los cuales cambian su comportamiento radial desde las subestaciones hasta el consumidor final de manera unidireccional. Es decir, una unidad de GD ubicada estratégicamente dentro de la red de distribución produciría un efecto correctivo en la red, reduciendo pérdidas de potencia y mejorando el perfil de tensión energía [428]. Inversamente, la conexión de una fuente de GD aguas abajo de una subestación de distribución, puede causar notables efectos de Flicker en el voltaje, al igual que la introducción de componentes armónicas indeseadas en la red [429].

según en el planteamiento de Thomas Ackerman⁸³[430], la GD se impone en el mercado energético como una solución técnica viable para el usuario final, el cual se beneficia con un suministro seguro y confiable de potencia activa mediante un portafolio de utilidades tales como la generación de respaldo, generación en paralelo y generación aislada. A su vez, el uso de la GD le proporciona un valor agregado a la instalación eléctrica y en general a la infraestructura donde se haya instalado, logrando mayor robustez en la red. Adicionalmente, según estudios prospectivos por parte de las instituciones de educación superior del país, específicamente de la Universidad de los Andes [431], en torno a la GD, se ha concluido que su desarrollo e implementación en el sistema eléctrico colombiano, diversificaría las fuentes de generación de energía eléctrica del Sistema de Transmisión Nacional (STN), al igual que se convertiría en una solución potencial para las problemáticas de servicio en ZNI, cuya dificultad recae en la difícil accesibilidad haciendo costosa la inversión en infraestructura de redes.

⁸³ Real Instituto de Tecnología, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Estocolmo, Suecia

Adicionalmente, el desarrollo de las tecnologías de GD va de la mano con el avance de las microrredes y las redes inteligentes o Smart Grids (SGs), ya que son las responsables de la interconexión entre la generación, las demandas y el almacenamiento de energía. Partiendo desde la necesidad de modernizar y automatizar los sistemas eléctricos de potencia para reducir sus vulnerabilidades, se ha llevado a cabo el proceso evolutivo de las redes de transporte de energía, con la finalidad de lograr un sistema de transmisión inteligente. Con este perfeccionamiento de las redes, ha sido posible asegurar eficiencia, calidad y seguridad en el servicio, al poder monitorear, controlar y operar cada variable y cada elemento que compone el sistema, fortaleciendo así las fragilidades en eventos de fallas [432]. Por esto, la GD y las SGs son prioridad en la investigación en el sector eléctrico y en las universidades, las cuales son las primeras ejecutantes en el desarrollo y promoción de estas tecnologías con la finalidad de obtener mejoramiento en la calidad del servicio de energía eléctrica, creando competitividad en el sector y reducir los efectos negativos que ejerce la generación de electricidad sobre el medio ambiente [433]. Según esto, para la implementación de GD hay que tener en cuenta los factores enunciados en la Tabla 16:

Tabla 17. Factores de dependencia para la Generación Distribuida [434]

ITEM	DESCRIPCION
Propósito	Proveer una fuente de potencia activa para alimentar parcial o totalmente una carga determinada o servir de respaldo ante contingencias.
Ubicación	En la red de distribución, en el lugar de la demanda o aislado de la red en áreas rurales, suburbanas y ZNI.
Clasificación	Según el nivel de tensión, capacidad del sistema de distribución, parámetros de servicio y restricciones técnicas de la red por parte de las empresas electrificadoras [435], [436].
Potencia generada	Micro: desde 1 W hasta 5 kW Pequeña: desde 5 kW hasta 5 MW Mediana: desde 5 MW hasta 50 MW Grande: desde 50 MW hasta 300 MW [437].

Tabla 17. Continuación.	
Tecnología	Depende del tipo de transformación de la energía ya sea renovable o no renovable [438], al igual que del combustible usado para los procesos de producción de electricidad.
Impacto ambiental	Obedece al porcentaje de emisiones de contaminación que se reducen comparada con una central de generación tradicional al transformar la energía en electricidad y a la reducción de pérdidas por transporte y generación.
Modo de operación	Se rige de acuerdo a las regulaciones internacionales de operación de las redes eléctricas y dependiendo del switcheo en la red, en los países donde se ha reglamentado [439].
Propiedad	Es independiente de las empresas electrificadoras, ya que el usuario es quien se hace dueño de la instalación y su mantenimiento [440]. No requiere largas líneas de transmisión ni subtransmisión.

8.1.2. Tecnologías de GD implementadas en universidades y proyectos de investigación

Las universidades y centros de investigación, han buscado implementar con la mayor eficiencia posible, tecnologías de GD que se ajusten a sus capacidades energéticas, distribución espacial, estructura de sus redes eléctricas y necesidades energéticas. Igualmente, pretenden integrar los avances tecnológicos de la microelectrónica y del desarrollo de los semiconductores junto con procesos de cogeneración y perfeccionamiento de motores con la finalidad de alimentar las necesidades de demanda de energía eléctrica. Paralelamente, son el piloto de pruebas y de experimentación con la finalidad de conseguir el perfeccionamiento de estos sistemas para ser llevados a toda la comunidad. Estas tecnologías son descritas a continuación en la Tabla 17:

Tabla 18. Tecnologías utilizadas en la GD.

TECNOLOGIA	DESCRIPCIÓN GENERAL
Turbinas Eólicas	<p>Compuesta por turbinas que transforman la energía eólica del viento en energía eléctrica mediante la acción de aerogeneradores. Tienen gran accionar en redes poco robustas, que requieran corregir su perfil de tensión con gran inyección de potencia activa. Los aerogeneradores han alcanzado altos niveles de madurez en su desarrollo, proporcionando potencia a la red en rangos entre 50 kW y 2.5 MW [441]. Se diseñan dependiendo de las necesidades de control de velocidad, potencia generada y eficiencia aerodinámica.</p> <p>Según esto, se clasifican en [442]: Turbinas eólicas de velocidad fija, Turbinas eólicas de velocidad variable, Turbinas de eje vertical y Turbinas de eje horizontal, las cuales se subdividen en Turbinas monopala, Turbinas bipala y Turbinas tripala. Tienen susceptibilidad a desbalances de tensión, al no conservar un patrón fijo de potencia generada debido a que esta depende de la variación de los flujos estacionales del viento, implicando cambios en el par mecánico necesario aplicado al generador, haciendo que la potencia entregada a la red aumente o disminuya. Conjuntamente, esta variabilidad induce la producción de efecto Flicker y componentes armónicas produciendo daños en las cargas alimentadas [443].</p>
Solar Fotovoltaica	<p>Es una de las soluciones para trabajar en isla y/o en paralelo a la red, sirviendo como fuente de alimentación principal o respaldo a las cargas. Es una tecnología con alto costo de implementación y mantenimiento, ya que los paneles están contruidos con materiales semiconductores frágiles y sensibles. Por otra parte, pueden tener injerencia en la inyección de componentes armónicas indeseadas en la red, debido a la calidad de inversor que se utilice[444]. El sistema Solar Fotovoltaico transforman en electricidad la energía solar y está constituido por un arreglo de paneles solares o celdas fotovoltaicas de material semiconductor, comúnmente de Silicio, arseniuro de Galio, telurio y sulfuro de Cadmio, que pueden ser amorfos, mono o poli cristalinos. Igualmente por un inversor DC/AC y un convertidor DC/DC, transformadores de aislamiento, un regulador de carga serie o shunt y las baterías de almacenamiento, éstas últimas presentes en sistemas autónomos y aislados a la red [445], [446].</p>

Tabla 18. Continuación.

Solar Térmica	Este sistema consta de un arreglo de espejos o lentes que enfocan la luz solar hacia un colector, de tal manera que la energía térmica obtenida incida sobre un fluido de trabajo, generalmente compuesto por sales fundidas y aceites, con el fin de calentarlo y convertirlo en vapor, el cual es empleado para la alimentación de turbinas convencionales. Esta alternativa de generación entrega entre 2 y 10 MW de potencia y se usa al integrarse con procesos de cogeneración. Los tres esquemas de generación más comunes en la técnica Solar-Térmica son: Colectores cilindro-Parabólicos, Helióstatos y Discos Parabólicos [447].
Pilas de combustible	Son sistemas electroquímicos que transforman la energía química en energía eléctrica por medio de la reacción entre Hidrógeno y Oxígeno, logrando generar potencias en rangos entre 200 kW y 5 MW [448]. Su funcionamiento es continuo e ininterrumpido mientras el combustible y el oxidante le sean suministrados. No produce emisiones de gases contaminantes sobre el medio ambiente debido al no uso de combustibles fósiles. Económicamente no son muy viables debido a que la producción del hidrógeno y metanol, utilizados como combustible, tienen un costo alto de producción y manejo. Los prototipos de pilas depende del tipo de electrolito utilizado en la celda y los comúnmente utilizados son: Pilas de Metanol Directo, Pilas de Óxido Sólido, Pilas de Carbonatos Fundidos, Pilas de Membranas Poliméricas, Pilas de Metanol Directo, Pilas Alcalinas y Pilas de Ácido Fosfórico [449].
Ciclos Combinados y Cogeneración.	Esta tecnología está compuesta por turbinas y microturbinas que utilizan la energía en cascada con fines de impulsar un generador eléctrico. Las turbinas tienen funcionamiento en ciclo de gas-vapor con ciclo de recuperación de calor con la finalidad de obtener la mayor eficiencia posible y usar menor combustible para los procesos de calentamiento y generación de vapor, combinando el ciclo Brayton de alta temperatura con un ciclo Rankine de baja temperatura. La generación mediante turbinas es utilizada en la GD gracias a su bajo costo de instalación y generación, e igualmente porque no tiene problemas de Flicker ni de armónicos [450]. De igual importancia, el uso de microturbinas es apropiado en los procesos de cogeneración ya que ofrecen capacidades instaladas entre 15 kW a 300 kW. Las microturbinas mantienen la competitividad en generación por ser un emisor bajo de contaminantes, impactando en baja cantidad al medio ambiente. Pueden trabajar en isla o en paralelo al sistema de distribución, siendo una alternativa viable para implementar como GD [451]. Tanto en las turbinas como en las microturbinas, la eficiencia depende del porcentaje de plena carga al que se trabaje, y son una alternativa viable por la baja cantidad de emisiones contaminantes, las cuales dependen del tipo de combustible a utilizar. Los tipos de turbinas más utilizados son: Turbinas de gas, Microturbinas turbosoplantes y turboreactores y Turbinas de Vapor

La implementación de tecnologías de GD en un campus universitario se verá condicionada por las necesidades de demanda de potencia a suplir y por la disponibilidad de recursos renovables y no renovables. Por otra parte, cabe tener en cuenta los costos de inversión, colocación, montaje y mantenimiento de la tecnología a utilizar, ya que se desea hacer una conexión correcta entre factibilidad económica, abastecimiento energético y protección ambiental.

8.1.2.1. Experiencias significativas de GD en universidades

Tabla 19. Experiencias de GD en universidades.






UNIVERSIDAD	EXPERIENCIA CON GD
	<p>El Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Lodz, en Polonia, implementó un laboratorio de microrredes, en el cual monitorea y estudia la factibilidad de la implementación de fuentes renovables de GD en la red. Dicho laboratorio facilita la investigación sobre las tecnologías de GD, específicamente sobre generación solar fotovoltaica, eólica y cogeneración, mediante la instalación de un sistema de paneles solares, dos aerogeneradores y un sistema de microturbinas alimentadas con gas natural. De la misma manera, impulsó el programa “DISPOWER” de simulación de redes, cuyo objetivo es integrar las fuentes de energías renovables y lograr la creación de un sistema de control, monitorización y procesamiento de variables eléctricas que permitiera conseguir la calidad y seguridad de la energía suministrada al usuario de la microrred [452], [453].</p>
	<p>La Universidad de Navarra, en Pamplona, España, construyó una microrred en su campus principal, con el fin de convertirlo en un laboratorio urbano, que promueva un manejo energético eficiente y lograr que la gestión de cada edificación que compone el campus produzca 0% de emisiones de gases contaminantes. Para esto, ubicó en la microrred de la universidad tecnologías de generación fotovoltaica para suplir las exigencias de iluminación, eólica y cogeneración para proveer calefacción y electricidad en los recintos deportivos y un sistema de almacenamiento de energía para darle autonomía y respaldo a las cargas. También adapta puntos de carga para vehículos eléctricos que componen el transporte interno de la universidad, vigilancia y control [454].</p>

Tabla 19. Continuación.

	<p>En el campus Savona de la Universidad de Génova, en Italia, se llevó a cabo un proyecto piloto que consiste en la construcción una SG de Poligeneración, en la que ubicaron un sistema de cogeneración con dos turbinas a gas y de ciclo combinado, un sistema de 320 paneles fotovoltaico polo cristalinos, tres sistemas solar térmicos y un banco de baterías de sodio-níquel para la alimentación de vehículos eléctricos con dos estaciones de recarga. Dicha SG busca impulsar la investigación en torno a las energías renovables y de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's) y servir de banco de pruebas para el desarrollo de la GD. Este proyecto tiene el aval y la financiación del gobierno italiano, al igual que contó con la colaboración de SIEMENS [455], [456].</p>
	<p>La Universidad de Yildiz, en Estambul, Turquía, implementó una microrred con la finalidad de surtir estaciones de servicio de carga de Vehículos Eléctricos (VE). Esto como alternativa para reducir las emisiones contaminantes sobre el medio ambiente producidas por el funcionamiento de los automotores que utilizan combustibles fósiles. Esta universidad estimula el uso de VE dentro del campus para la movilización de sus estudiantes, ya que posee una población cercana a los 20.000 estudiantes, con lo cual se hace necesario un sistema de movilización eficiente. A este proyecto le hace acompañamiento la empresa de vehículos RENAULT, la cual apunta a que en el futuro, los VE reemplacen a los vehículos de combustión interna, eliminando de esta manera la contaminación sobre el medio ambiente debida a los combustibles fósiles [457].</p>
	<p>En Philadelphia, USA, donde se ubica su campus principal, se realizó el proyecto EXELON, llevado a cabo por PECO Energy Company⁸⁴, en el cual implementó una microrred en el campus, alimentada por fuentes renovables de GD. Esto, con el interés de buscar el mejoramiento de las tecnologías de GD y lograr la divulgación tecnológica en la educación aplicada. Como resultado, se creó el Smart Future Philadelphia Plan (SFGP) con el que se maximizan los sistemas de eficiencia energética con la introducción de las SGs en el manejo óptimo de la generación y almacenamiento de energía eléctrica [458].</p>
	<p>La Universidad de Bath, en Inglaterra, acatando los objetivos planteados para la reducción de las emisiones de gases de invernadero en el protocolo de Kioto [11], busca lograr que las actividades de movilidad estudiantil reduzcan su dependencia al carbón en un 80%. Para esto, impulsa el uso de VE dentro del campus, con electricidad proporcionada por un sistema de GD. Este proyecto de gran magnitud, tiene el apoyo y acompañamiento de la empresa automovilística NISSAN, con el cual busca perfeccionar el modelo del VE Nissan Leaf [459][460].</p>

⁸⁴ Compañía de energía de Philadelphia, USA

Tabla 19. Continuación.

	<p>Esta universidad estadounidense apuntó a la construcción de un pequeño sistema de GD, que se enfocó en solucionar las problemáticas de conexión en ZNI. Logró la integración de sistemas eólicos y fotovoltaicos con la puesta en funcionamiento de una microrred alimentada por 4 aerogeneradores y dos arreglos de paneles solares con sus respectivos dispositivos de conversión, inversión, regulación y almacenamiento de energía [461].</p>
	<p>En el recinto universitario de Mayagüez, de la universidad de Puerto Rico, se realizó como experiencia significativa el estudio del funcionamiento y mejoramiento de las pilas de combustible y sus posibles impactos al ser interconectadas en una red de distribución. Con esto, se buscó además reformar los sistemas de coordinación de protecciones contra sobretensiones en la red y en los elementos de GD. Como resultado demostraron que en la prevención de fallas, se hace necesaria una escogencia estratégica del lugar donde se interconecten las pilas de combustible, dándole mayor flexibilidad y alta eficiencia al sistema [462].</p>
	<p>La Universidad Internacional de Florida, Miami, USA, implementó un banco de pruebas en su laboratorio de investigación, como herramienta fundamental de estudio para el estudiantado en conceptos básicos de interconexión, control y protecciones. En él, se modeló computacionalmente el efecto de la GD al interconectarla a la red de distribución de media tensión. De la misma manera, buscó avanzar en el perfeccionamiento del uso de las fuentes de energías alternativas, simulando diferentes estaciones de generación y diversos tipos de demandas a alimentar. Este banco de Pruebas emula generadores eólicos, arreglos fotovoltaicos y pilas de combustible de óxido sólido interconectados, controlados y operados por medio de una SG[463].</p>
	<p>Esta Universidad Estadounidense, llevó a cabo el diseño y adaptación de una SG, enfocada en ser un laboratorio de experimentación por parte de los estudiantes y con el mejorar la relación técnica con el estudiantado, al direccionar la enseñanza hacia las nuevas tecnologías de GD, medición de variables eléctricas, comunicación, control y ciberseguridad [464].</p>
	<p>La pionera universidad de China, implementó un laboratorio de energía y microrredes, el cual se enfocó en el desarrollo de tecnologías de GD, en el uso de energías renovables y en los sistemas de almacenamiento energético y gestión de la energía eléctrica. Dentro de estas tecnologías aplicadas aparecen las pilas de combustible, los generadores eólicos, paneles solares y un banco de baterías de litio. Además de esto, busca mejorar la seguridad y la calidad de la operación de los dispositivos de GD para consigo poder ser integrados a los grandes sistemas de potencia. Junto con este laboratorio, se construyó una microrred multienergética de 1200 m² con la que se interconectan 26 edificaciones del campus principal[465].</p>

Tabla 19. Continuación.





 <p>The logo of the University of Guelph features a red shield with a white horse on top, a yellow cross, and a red banner at the bottom with the motto 'VERUM COGNOSCERE CAUSAM'. Above the shield, the text 'UNIVERSITY OF GUELPH' is written in red.</p>	<p>Ubicada en Ontario, Canadá, preocupada por el gran gasto energético producido por su población estudiantil, cercana a los 23mil estudiantes y por su gran extensión correspondiente a 785 acres, realizó un análisis del impacto económico y social del uso de la GD en el abastecimiento de las necesidades de potencia de la universidad y sus impactos sobre el medio ambiente circundante. Por esto, se aplicó al campus un modelo de eficiencia energética, interconectando por medio de una microrred sus edificaciones con la finalidad de versen respaldadas por tecnologías de GD ante fallas de la red de distribución de media tensión. Su experiencia más significativa radica en el uso de microturbinas, que son alimentadas por el uso de biomasa tomada del manejo de residuos del campus, para suplir demandas críticas de energía. A partir de esto, se logró un ahorro en electricidad anual de 2.56 millones de dólares, es decir un 18.63% del consumo total del campus. Ante tal envergadura, este proyecto tiene la colaboración de empresas del sector eléctrico como Guelph Hydro y Enbridge [466]–[468].</p>
 <p>The logo of Tampere University of Technology consists of a stylized gear icon to the left of the text 'TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY'.</p>	<p>En el centro técnico de investigación de Tampere, Finlandia, se lleva a cabo la implementación de un proyecto de construcción de un campus verde, conformado por una SG que interconecte las demandas y estas sean alimentadas por elementos de GD. Además, se busca tener un manejo energético eficiente y un control a las cargas. Con esto, se lograría una reducción en el gasto económico en el consumo de energía proveniente de la red de distribución, al mitigar respaldar la alimentación de la demanda del campus y con ello reducir el desgaste de la red. Las tecnologías utilizadas en GD son interconectadas y monitoreadas mediante el uso de TIC´s desarrollándose así un laboratorio piloto para la investigación de los elementos de corriente directa [469].</p>
 <p>The logo of the National Technical University of Athens is a circular emblem featuring a figure holding a torch and a scale, surrounded by the text 'ΕΘΝ. ΜΗΧ. ΣΧΟΛΗ' and '1829'.</p> <p>National Technical University of Athens</p>	<p>Busca el óptimo uso de los recursos locales, ahorro en la alimentación de las demandas del campus y simplicidad en su operación. Para ello implementó una microrred en un laboratorio de sistemas de potencia, en el cual integró elementos de generación fotovoltaica, pilas de combustible, generación eólica, sistemas híbridos de cogeneración con turbinas y un sistema de almacenamiento de energía, toda interconectado a la red de distribución del campus. Esta iniciativa, también va dirigida al operador de red, con el cual se busca la inserción de estas tecnologías en la comunidad regional [470].</p>

Tabla 19. Continuación.

	<p>La Universidad de San Diego, California, implementó desde el año 2006 un programa de eficiencia energética en el que busca suplir su demanda de electricidad con energía proveniente de fuentes renovables. Para esto, instaló una microrred compuesta por un sistema híbrido solar-térmico que contenía un arreglo de paneles solares y microturbinas a gas de ciclo combinado. También se mejoró la infraestructura existente del campus al refaccionar sus edificaciones aplicando arquitectura bioclimática y se implementó el uso de VE. Lo anterior con la finalidad de monitorear y avanzar en la optimización de las tecnologías de GD, reducir emisiones de carbono, ahorrar cerca de 800000 dólares en consumo de electricidad mensual y hacer más sustentable el campus. En ese orden de ideas, para finalizar 2014, aspira a tener el portafolio de generación y almacenamiento de energía más grande que cualquier universidad, logrando autonomía para suplir en un 92% de la demanda interna de electricidad en el campus y con ello dar continuidad al reconocimiento obtenido en el año 2012 por parte de ‘State Leadership In Clean Energy (SLICE)’, por liderar e innovar en tecnologías de energía limpia [471][472].</p>
---	--

8.1.3. Avances de la generación distribuida en Colombia. El desarrollo de la GD en Colombia, ha tenido una relación directa con el avance de las microrredes y de las SGs. Esto, debido a la necesaria cohesión que debe haber entre los principales actores que conforman el sector eléctrico colombiano, como son la generación, distribución, transmisión, regulación y consumidores finales. Solamente, al existir una óptima cooperación entre las partes anteriormente nombradas, podrá lograrse un buen funcionamiento e integración de la GD y de las SGs. Asimismo, su implementación, se ve condicionada por las problemáticas actuales del sector, tales como son la búsqueda de la calidad del servicio, la eficiencia operacional, la seguridad eléctrica, y la interconexión con la red de las ZNI, y apuntan al desafío de ser solucionadas con la implementación de la GD [473].

Igualmente, la implementación de GD en el país se ve respaldada por la iniciativa nacional denominada ‘COLOMBIA INTELIGENTE’ [474], la cual impulsa el

desarrollo científico y tecnológico enfocado en la consecución y optimización de la GD, de las SGs y su integración en la red, con la finalidad de promover la modernización del sistema eléctrico colombiano, logrando consigo un uso eficiente de las energías renovables en los procesos del sector eléctrico[475]. Más aún, el inclemente crecimiento poblacional ejerce presión sobre la planeación que debe tener el sistema eléctrico del país para poder abastecer las necesidades energéticas de la comunidad, por lo cual, este debe ser respaldado por una modernización y diversificación en la manera como se supe la demanda de electricidad en el país. Esto le ha impulsado la incursión de la GD y a las fuentes de energía renovables como herramienta de solución en electrificación rural en ZNI, logrando así mejorar la calidad de vida de comunidades carentes del fluido eléctrico [476].

Tal es el caso del proyecto SILICE, el cual se basa en la construcción de una microrred con sus elementos de generación y almacenamiento de energía, que interconecta a la Universidad Nacional y a la Universidad de los Andes, en Bogotá, por medio de un circuito real proporcionado por Codensa. El objetivo principal de este proyecto se dirige a incorporar las SGs en los sistemas de potencia. Para lograrlo, busca incorporar la monitorización, control, manejo de datos e incorporación de las TIC's en la operación de la microrred. Los actores involucrados en la investigación son La Universidad de los Andes, la Universidad Nacional sede Bogotá, La Universidad Javeriana y la Universidad Industrial de Santander. Además, se contó con el acompañamiento de los operadores de red Codensa y Emgesa y con el financiamiento de Colciencias y el SENA⁸⁵ [477].

⁸⁵ Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA.

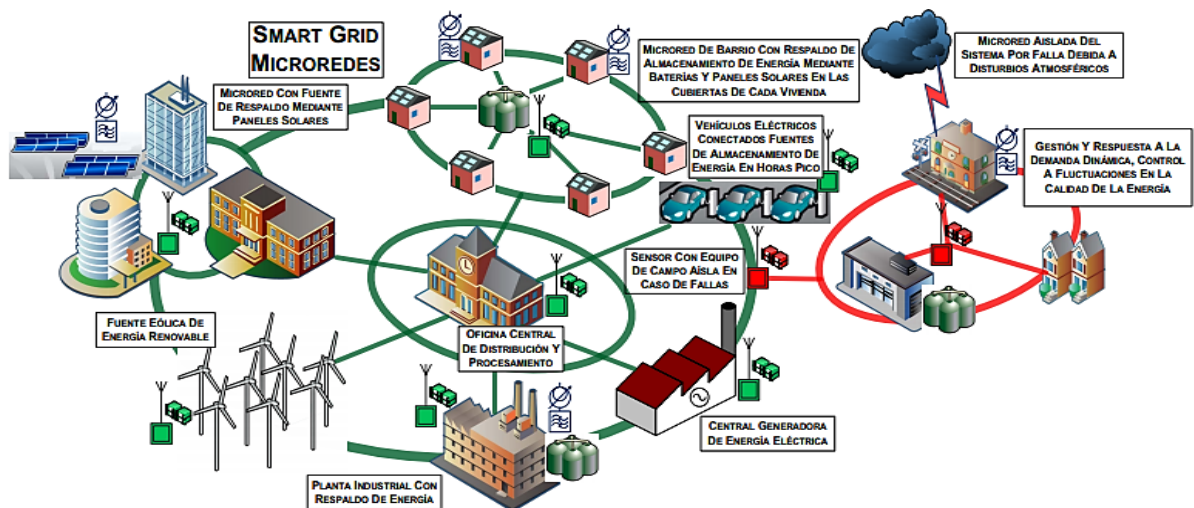
8.2. APLICACIONES: GENERACION DISTRIBUIDA

La Generación Distribuida (GD) hace parte de los principales desarrollos tecnológicos en el sector eléctrico mundial, proporcionando soluciones energéticas sostenibles a los usuarios residenciales e industriales de la red, enfocándose en mejorar la calidad de los procesos y el nivel de vida de las comunidades beneficiadas. Además, intensifica el proceso de diversificación de la matriz energética nacional asegurando un abastecimiento energético de respaldo bajo en emisiones contaminantes [478]. También, la GD tiene matices sociales, económicos y políticos, ya que es una herramienta que permite solucionar problemáticas de interés nacional, específicamente la total cobertura y acceso a la red de energía eléctrica en Zonas No Interconectadas (ZNI), el mejoramiento de la calidad del servicio y el Uso Racional de la Energía (URE). Por esto, la GD hace parte de las políticas energéticas de los gobiernos, buscando ofrecer con ello el bienestar social a sus habitantes [479]. En este sentido, los centros de investigación y las universidades, preocupados por reducir su consumo energético, reducir sus pérdidas y dar respuesta a la demanda de electricidad, están aumentando el grado de penetración de las tecnologías de GD dentro de su infraestructura física, pretendiendo de esta manera involucrarse activamente en la experimentación, perfeccionamiento y desarrollo de estas tecnologías y con esto poder transformar los campus universitarios en entornos sostenibles energéticamente. Logrado esto, servirán de apoyo en el mejoramiento de los sistemas de gestión energética existentes y en la consolidación de la GD como una alternativa que ofrezca valor agregado en la prestación del servicio de energía eléctrica [471].

8.2.1. Entorno de la generación distribuida. El estado de las redes de distribución de energía eléctrica introduce un factor de desempeño para los sistemas de GD, debido a que son el puente de conexión entre la generación y las

demandas. Esta interacción, debe estar soportada por sistemas de control que logren monitorizar y operar cada uno de los elementos que lo componen, con el objetivo de asegurar un óptimo funcionamiento, lograr un mejoramiento operacional y visualizar las necesidades tecnológicas existentes, con el fin de migrar hacia ellas e implementarlas en el sistema [434]. Según lo anterior, las redes del sector eléctrico están viviendo un proceso de migración hacia la automatización, con la finalidad de lograr la eficiencia operacional y la confiabilidad del suministro de energía eléctrica. Esta evolución ha involucrado tecnologías de GD y Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's), logrando una transformación sustancial pero sin perder su esencia, que es transportar energía eléctrica desde la generación hasta las demandas. Estos cambios se enfocan en reducir pérdidas por transporte de potencia, solucionar efectivamente los eventos de fallas y poder dar respuesta a la demanda. Por otra parte, la generación de electricidad aún es centralizada en grandes centros de generación, donde el mayor potencial está constituido por las centrales hidráulicas [480].

Figura 17. Evolución de las redes de distribución[481].



El reto de la modernización del sistema eléctrico parte desde el aprovechamiento que se le haga a la infraestructura del sistema eléctrico, especialmente tanto a

redes como a la generación. Además, se debe tener en cuenta, las problemáticas que puedan surgir ante la incursión de tecnologías de GD y como mitigar sus efectos en la red. Tales problemáticas son principalmente la inyección de flujos inversos de potencia activa y reactiva causando fallas en los ‘taps’ de los transformadores, las pérdidas de potencia debida a ubicaciones no estratégicas de los generadores [428], la variación de los niveles de tensión provocando que esta se salga de los rangos establecidos ($\pm 10\%$) [482] y la inducción de corrientes que hagan entrar en conflicto a los relés y demás sistemas de protección contra fallas [483]. Por otra parte, las redes ya no solo transportan potencias, también transportan comunicaciones, con lo que se pretende que se tenga un flujo continuo y bidireccional de datos, de comunicaciones y de potencia. Con esto, se ha introducido un concepto diferente del que se tenía de las redes eléctricas, las cuales deben estar adecuadas o preparadas para soportar el gran crecimiento de las demandas y además deben estar adecuadas para albergar a los nuevos puntos de GD incluidos cercanos a las demandas. Igualmente, las redes deben interconectar esas demandas con la generación para ofrecer un control de todas las variables y llegar a obtener una red inteligente que pueda ofrecer soluciones y respuesta a la demanda [432][484].

8.2.2. Políticas e importancia social de la GD en Colombia. Para Colombia, la GD y el uso de las Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE) son una estrategia que apunta a proporcionar soluciones integrales a las problemáticas y necesidades energéticas que hoy día tiene el país [485]. Cabe resaltar que estas iniciativas son el resultado de un arduo trabajo en las universidades y centros de investigación tanto del país como del mundo, siendo estos centros académicos los responsables de apoyar y promover las estrategias necesarias para encaminar el sector eléctrico del país hacia la sostenibilidad y la eficiencia energética [477].

8.2.3. Colombia Inteligente. Una de esas iniciativas es conocida como Colombia inteligente, la cual se enfoca en desarrollar aplicaciones mediante el uso racional de la energía, incorporando una serie de lineamientos, políticas y estrategias, con el fin de lograr el desarrollo del sector eléctrico colombiano. Tales estrategias son principalmente la búsqueda de soluciones tecnológicas, como la GD, que logren impulsar la eficiencia energética y la calidad del servicio de electricidad. Además, busca la mitigación de los efectos contaminantes sobre el medio ambiente a causa del uso de la energía eléctrica [486].

Este programa, involucra activamente el sector académico del país, mediante la creación de una red de conocimiento y colaboración, que aporte al crecimiento científico del país en pro de generar desarrollos y forjar una sinergia entre las principales entidades gubernamentales asociadas al sector energético tales como la UPME y la CREG, entre institutos de investigación como CIDET, Colciencias e Icontec, entre universidades, agentes del mercado, fabricantes y consumidores, en pro de conseguir nuevos focos de desarrollo para el sector eléctrico [487]. Los principales objetivos de *Colombia Inteligente* se resumen en la Tabla 21.

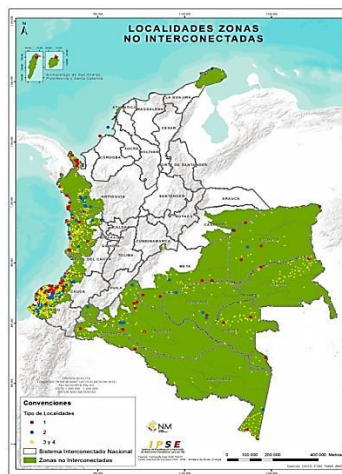
Tabla 20. Objetivos propuestos por Colombia Inteligente [475].

OBJETIVOS	RESULTADOS ESPERADOS
Económicos	<ul style="list-style-type: none"> - Costos de generación más bajos. - Reducción de los costos de transmisión y distribución - Reducción de pérdidas - Ahorro en operación y mantenimientos
Confiabilidad y calidad	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de costos por cortes de servicio - Reducción de costos por mejora en índices de calidad
Medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de impactos por bajas emisiones de efecto invernadero
Seguridad y suministro	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad adecuada de FENC - Reducción de prejuicios por salida del sistema de servicio.

8.2.4. Generación distribuida en zonas no interconectadas. Las Zonas No Interconectadas (ZNI), representan el 52% del territorio nacional, compuesta por 90 municipios, 20 territorios especiales, biodiversos y fronterizos y 39 cabeceras municipales siendo en total 1.448 localidades no interconectadas en Colombia [488]. Estas zonas tienen la particularidad de tener baja densidad poblacional y tener una geografía de difícil acceso, que acrecientan los costos de la prestación del servicio de energía eléctrica y un alto nivel de pérdidas de energía. Las ZNI, son una problemática social bastante aguda, cuya solución han partido del trabajo mancomunado entre gobierno y universidad, con el desarrollo de proyectos en las instituciones de educación superior en busca encontrar alternativas que ofrezcan una solución equitativa y eficiente. Las universidades involucradas en este convenio son la Universidad Industrial de Santander UIS, la Universidad

tecnológica de Pereira UTP y la Universidad de Nariño UDENAR [489]–[492] . El resultado de este trabajo mancomunado se basa en el mejoramiento y optimización de los grupos electrógenos y las redes de distribución, al igual que incentivar el Uso racional de la Energía[427]. A mediano plazo, implementar soluciones híbridas que incluyan FNCE y a largo plazo lograr una interconexión del sistema y ampliar la matriz energética con soluciones y plantas de GD con FNCE.

Figura 18. Zonas no interconectadas en Colombia[493]



8.2.5. Proyecto Luces para Aprender. La aplicación de la GD debe ir más allá de ser una herramienta para solucionar las necesidades de abastecimiento de energía eléctrica. Debe generar un valor agregado en las comunidades en donde se asienta, al igual que impulsar el desarrollo social. Por esto, se ha implementado el proyecto '*luces para aprender*' en convenio con el IPSE, la OEI, el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Educación Nacional y el MINTIC [494]–[497], en el cual se realizó un montaje fotovoltaico en 103 escuelas del departamento del Chocó, específicamente en zona rural del municipio de Quibdó, entre ellas, las escuelas de las mercedes, bocas del purdú, loma de belén, el barranco y en la comunidad indígena José Melanio Tunay. No solo se está prestando el servicio de electricidad en estas comunidades educativas, también se incluyó la instalación de equipos audiovisuales y de cómputo con conexión a internet, con la finalidad de

mejorar ostensiblemente la calidad educativa de estas comunidades y mejorar la calidad del proceso de formación de las futuras generaciones de estas comunidades [498].

8.2.6. Casos de éxito de generación distribuida en zonas no interconectadas en Colombia. La GD ha sido aplicada para solucionar ZNI con éxito en el país, impulsada por la investigación desde la planeación en proyectos con las Universidades más importantes en Ingeniería Eléctrica en el país como la Universidad Nacional, la Universidad Industrial de Santander, la Universidad Tecnológica de Pereira y otros centros de investigación con financiación estatal. De allí salen los siguientes casos logrando una cobertura y prestación del servicio del 100% que se aprecian en la Tabla 21:

Tabla 21. Casos de éxito de GD en ZNI [499].

LOCALIDADES	TECNOLOGÍA IMPLEMENTADA
Titumate – Chocó	Sistema híbrido solar diesel
Isla Fuerte, Santa Cruz del Islote y la Isla Múrcura - Bolivar	Sistema híbrido solar diesel
Maicura y Flamencos - Guajira	Sistema solar fotovoltaico
Guacamayas – Caquetá	Pequeña central hidráulica
Yucal, municipio de Nuquí - Chocó	Mediana central hidroeléctrica de 20 kW
Utría, Parque Nacional Natural Ensenada de Utría - Chocó	Sistema solar fotovoltaico
Comunidad indígena Arahua Bunkwimake - Sierra Nevada de Santa Marta	Mediana central hidroeléctrica de 8 kW

8.2.6.1. Ejemplos representativos de GD y eficiencia energética en la industria colombiana. El IPSE tiene una fuerte voluntad de desarrollar nuevos proyectos de FNCE con incentivos y recursos que ayuden a la innovación en ZNI. La UPME⁸⁶, COLCIENCIAS, el IDEAM⁸⁷ y las Universidades continúan con la elaboración de inventarios y específicamente con el atlas de hidroenergía, biomasa, energía eólica y solar [500]. Se han hecho estudios y caracterizaciones por parte de la UPME que solo requieren la validación de acuerdo a los niveles sectoriales y de su uso final para que se lleven a cabo [501], [502]. Entre algunos ejemplos de generación distribuida se encuentran:

8.2.6.1.1. Caso Flores

Figura 19. Instalaciones de Termoflores [503].



Fenómenos ambientales como ‘*El Niño*’ demuestran la necesidad de diversificar las fuentes de energía eléctrica en Colombia, duras lecciones del pasado le han demostrado al país que debe estar preparado para sortear eficazmente

⁸⁶ Unidad de Planeación Minero Energética

⁸⁷ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia

situaciones climáticas adversas y por lo tanto la oportuna planificación y eficiente ejecución de los proyectos redunda claramente en beneficio del desarrollo económico, de los usuarios, inversionistas y de la sociedad en general [504], [505]. Uno de esos proyectos es Flores IV, donde se expandió la capacidad de potencia al cerrar y convertir los ciclos simples de Flores II y Flores III en un Ciclo Combinado. De esta manera, se obtuvo un ciclo combinado que incrementa hasta en un 30% la eficiencia de la producción de energía en un 48%, pues se tiene menor consumo de gas por kW producido. Además, se aprovechó la fase de recalentamiento del ciclo combinado, reduciendo con ello 500 mil toneladas de CO₂/año en emisiones contaminantes. Por otra parte, se implementó una planta de tratamiento de lodos que permite disminuir el consumo de agua que se toma del río Magdalena y regresarla a este en mejores condiciones de calidad, gracias a las técnicas de reutilización de este líquido. Flores IV incrementó la capacidad de generación de energía de Termoflores S.A. E.S.P., pasando de 441 MW a 610 MW [506], [507].

8.2.6.1.2. Parque Jepírachi. En el departamento de La Guajira se encuentra el parque eólico Jepírachi, que empezó a operar en abril del año 2004 y cuenta con una capacidad de generación eléctrica de 19,5 MW, que representan el 0,15% del potencial nacional. Este parque gerenciado por EPM⁸⁸, puede respaldar al abastecimiento de energía cuando se presente una disminución en el nivel de los embalses de las centrales hidráulicas sin que se recurra con urgencia a las fuentes térmicas [508]. Jepírachi está conformado por 15 aerogeneradores con una capacidad de 1.300 kW cada uno, para una capacidad instalada total de 19,5 MW de potencia nominal, estos aerogeneradores están interconectados entre sí por una red subterránea de 13,8 kV [509]. El parque es una planta menor del SIN, por lo tanto EPM dispone la energía para el SIN; el proyecto no causó ningún

⁸⁸ Empresas Públicas de Medellín

inconveniente en las actividades cotidianas de la comunidad indígena, además, minimizó los impactos ambientales en su construcción y puesta en marcha y se convirtió en una alternativa en la diversificación de la matriz energética del país [510].

Figura 20. Ubicación del Parque eólico Jepirachi [511].



8.2.6.1.3. Central Hidromontañas

Colombia posee un potencial de 25.000 MW, con el 1% instalado mediante 200 PCH's. En el 2008 se tenía una potencia instalada de 146 MW producidas por centrales hidráulicas con capacidades menores a 10 MW. Entre las pequeñas centrales mayores de 10 MW se encuentra Hidromontañas, ubicada en los límites de Don Matías y Santa Rosa de Osos en Antioquia, tiene una capacidad de generación de 19,9 MW y una generación anual estimada de 174 GWh/año. Después de cumplir los protocolos requeridos ante el sistema eléctrico nacional y de recibir la aprobación por parte de XM, en el 2012 entró en operación comercial. Esta central aprovecha las aguas del Río Grande, no necesita embalse y para

generar electricidad utiliza el mismo cauce del río, sin causar inundaciones como sucede con las grandes hidroeléctricas, en pocas palabras esta central brinda energía de una manera muy ecológica [501], [512]. En la Figura 21 se puede apreciar en resumen, las principales centrales de GD en Colombia. En ella aparecen centrales térmicas, pequeñas centrales hidráulicas, parques eólicos y solares.

Figura 21. Centrales de Generación Distribuida en Colombia[513].



8.2.7. Laboratorios de GD y redes inteligentes más relevantes en el mundo

El desarrollo de las nuevas tecnologías de generación de electricidad y su integración con las FNCE, así como la construcción de infraestructura experimental a modo de laboratorio de prueba en los campus universitarios es la oportunidad para lograr el mejoramiento operacional y la identificación de falencias de las redes y en general de los sistemas de potencia. Esto garantiza que la experimentación con SG's y GD desembocará en el perfeccionamiento de estos

sistemas y con ello su aplicación será más factible [514]. Según esto, en las más relevantes instituciones académicas y centros de investigación y desarrollo han implementado una serie de laboratorios y tecnologías con la finalidad de desarrollar estándares e impulsar productos y equipos. Entre ellos aparece la GD, las SG's y los vehículos eléctricos y su abastecimiento energético. Pero para lograr esto, se necesita del trabajo mancomunado entre industria y academia en pro de la búsqueda de conocimiento y perfeccionamiento de las tecnologías actuales, con lo cual se podrá obtener una mejor gestión y manejo del sistema eléctrico [515]. A continuación en la Tabla 23 se encuentran los más relevantes laboratorios de SG's enfocados en el uso de GD en el mundo.

Tabla 22. Laboratorios de GD en centros de investigación [516]









LABORATORIO	DESCRIPCIÓN
	<p>El Lawrence Berkeley Laboratory, miembro de la academia nacional de ciencias de Estados Unidos, junto con el acompañamiento de la Universidad de California, implementó un conjunto de soluciones energéticas sostenibles con la finalidad de caracterizar la integración de fuentes de energía distribuida con los equipos e infraestructura de la red de distribución [517].</p>
	<p>Fraunhofer es la mayor organización de investigación en Europa. Está orientada a todas las necesidades de la sociedad, específicamente a la energía y medio ambiente. En este ámbito, desarrolla y prueba equipos interconectados en una red de media tensión. Igualmente, prueba el funcionamiento de vehículos eléctricos, equipos fotovoltaicos y eólicos [518].</p>
	<p>El Centro Nacional de Energías Renovables (CENER), en España, es un centro de investigación aplicada en el fomento de las energías renovables. Sus áreas de investigación son la energía eólica, la biomasa, solar térmica y solar fotovoltaica. Igualmente, busca la integración en red de las energías renovables mediante el desarrollo de microrredes [519].</p>

Tabla 22. Continuación.	
	<p>La organización de investigación científica Australiana, es una de las más grandes agencias de investigación en el mundo. En el campo de la GD ha desarrollado programas en los que busca evaluar la interoperabilidad de la GD con las redes de distribución. Igualmente se enfoca en el desarrollo de las tecnologías de energía solar [520].</p>
	<p>RSE desarrolló un laboratorio en la ciudad de Piacenza, Italia, con el fin de desarrollar y caracterizar tecnologías de generación de electricidad a partir de energía solar. Además, desarrolla elementos de GD partiendo de FNCE en el que se resalta un laboratorio de concentración fotovoltaica [521].</p>
	<p>El instituto australiano de tecnología posee un laboratorio para el desarrollo de SG's. En él, simula la infraestructura de la red y los componentes de GD. Además, aplica el control y la intercomunicación dentro del sistema [522].</p>
	<p>La corporación tecnológica Tecnalía, en España, implementó un laboratorio de redes eléctricas en el que busca el desarrollo tecnológico y la experimentación de las redes con los sistemas de generación y comunicación. Este laboratorio tiene la funcionalidad de que realiza pruebas, valida e interrelaciona los equipos de GD instalados en la microrred [523].</p>

Igualmente, la GD tiende a ser una herramienta fundamental dentro de los sistemas eficientes de suministro de energía eléctrica en el mundo. Por esto, los más grandes interesados en poder aplicar los desarrollos obtenidos en la investigación es la industria, ya que son ellos quienes pueden aprovechar de una mejor y más extensa manera los beneficios de la GD, reduciendo costos y al igual mitigando los efectos negativos sobre el medio ambiente que se producen durante los procesos productivos, la industria ha implementado algunos laboratorios de desarrollo de la GD que serán descritos a continuación en la Tabla 24:

Tabla 23. Laboratorios de GD en la industria [524].

LABORATORIO	FUNCION
	<p>El laboratorio de pruebas eléctricas de DNV KEMA Energy & Sustainability, realiza proyectos de infraestructura energética y está enfocado al mejoramiento de la calidad de las redes eléctricas y la búsqueda de la reducción de riesgos en su uso. Igualmente, busca las limitaciones de desempeño de estos equipos de generación y con ello encontrar la manera de reducir sus limitantes, incompatibilidades y modos de falla [525], [526].</p>
	<p>TUV Rheinland es una entidad de certificación de calidad de productos y servicios del sector eléctrico. Con sede principal en Alemania, se ha expandido por todo el mundo hasta llegar a Colombia, donde se enfoca en inspecciones industriales de redes y equipos. Igualmente, cuenta con una red mundial de laboratorios donde de certifica la interoperabilidad de productos y realizan evaluaciones de conformidad [527].</p>
	<p>El TÜV SÜD Smart Grid Center es un laboratorio que provee soporte a compañías del sector energético alrededor del mundo. Además desarrolla tecnologías de energía renovable y enfocarla en el uso de redes inteligentes y GD, al igual que la interacción y comunicación de cada elemento. Igualmente, su laboratorio realiza pruebas de interoperabilidad y conformidad de la norma IEC 61850 [193],[528].</p>
	<p>Esta institución Noruega posee un laboratorio diseñado para llevar a cabo el estudio de diferentes configuraciones de redes híbridas AC/DC, redes aisladas e interconectadas, convertidores de potencia, sistemas de protección y control. Desarrolla células solares y soluciones eléctricas provenientes de la energía solar, con el fin de potenciar su uso y reducir las emisiones contaminantes en los procesos productivos de la industria [529][530].</p>
	<p>La compañía Electricité De France (EDF), es un operador de energía francés, involucrado en los negocios de generación, transmisión y distribución de electricidad en Europa. Dentro de sus servicios de valor agregado, desarrolló una microrred con la finalidad de realizar pruebas y experimentación de componentes de GD y su funcionamiento dentro de una SG [531].</p>

8.4. ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

La creciente demanda de electricidad en el mundo ha incentivado los procesos de generación de esta a partir de fuentes alternativas, con el objetivo de respaldar y asegurar el mantenimiento de las fuentes energéticas convencionales tales como el carbón, el petróleo y el gas. Conjuntamente, es necesario promover la utilización óptima de estos recursos con el fin de evitar escases e igualmente mitigar el impacto ambiental producido por su uso. Debido a esto, se plantea la problemática de cómo racionar y hacer más eficiente el manejo de estos recursos finitos, o en su defecto, de cómo poder reemplazarlos como materia prima en los procesos de conversión energética. En este orden de ideas, es primordial buscar un equilibrio entre la energía consumida y los recursos existentes, ya que las consecuencias para el medio ambiente pueden ser devastadoras si no se frena el consumo indiscriminado de recursos energéticos en las actividades diarias de la población mundial. Por otra parte, es menester hacer una búsqueda de energías limpias que sean amigables con el medio ambiente, e integrarlas con tecnologías alternativas como la GD, de la mano con manejos adecuados de residuos, reutilización y adecuación de los mismos para nuevas actividades. Esto permitiría una reducción de la alta dependencia que se tiene hoy en día de los combustibles fósiles y aseguraría disponibilidad y cobertura a toda la población mundial [532].

8.4.1. Problemáticas medioambientales. El nivel de vida de los países en desarrollo, se ve condicionado por la disponibilidad y acceso a los recursos energéticos por parte de cada miembro de la población. Asimismo, depende de la capacidad de suplir las demandas básicas debidas al crecimiento poblacional y al aumento de actividades económicas. Adicionalmente, se ha hecho más difícil lograr acceder a los recursos energéticos debido a su escasez y a los efectos negativos generados en el medio ambiente producidos en su obtención. Por esto, La conservación de los recursos ambientales es un punto cardinal dentro del desarrollo económico y social de una región, ya que de él provienen todas las materias primas y recursos energéticos necesarios para impulsar la economía y la industria. De igual forma, el medio ambiente es el principal receptor de desechos resultantes de los procesos de conversión energética y de las actividades productivas y de consumo, siendo este un punto álgido en las problemáticas que se viven hoy en día [533].

Como se enunció en la Cumbre del Milenio de la Organización de las Naciones Unidas [17], es necesario garantizar la sostenibilidad del medio ambiente. En consecuencia, debe haber unión entre el desarrollo económico y la protección ambiental, con el fin de conseguir una gestión ambiental y energética eficiente que logre reducir la deforestación, las alteraciones a los ecosistemas, el deterioro de los suelos, páramos y bosques [21].

Igualmente, que frene la contaminación hídrica y atmosférica, causada directamente por las altas emisiones de óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno, al igual que por las emisiones generadas por el uso de combustibles fósiles que resultan en exposiciones de monóxido de Carbono.

8.4.2. Panorama energético. Las fuentes de energía, clasificadas entre renovables y no renovables, son el recurso fundamental que alimenta las necesidades de desarrollo de todas las actividades de la sociedad. Tal energía es transformada según la aplicación que se desee, y en ese proceso de transformación genera ventajas e inconvenientes al interactuar con el medio circundante. Partiendo del postulado expuesto por el Consejo Mundial de Energía (World Energy Council, WEC), donde promueve la búsqueda de la sostenibilidad energética desde el aseguramiento del abastecimiento energético, el fomento de la equidad social y la mitigación de los impactos ambientales producidos por la explotación de las fuentes energéticas, es claro ver la importancia que tiene la gestión eficaz del suministro de energía desde sus fuentes hasta la satisfacción completa de la demanda, ya que al lograr que la energía pueda ser accesible a toda la población, se lograría un desarrollo económico y social en el mundo [534]. De esta manera, los tipos de energías con mayor desarrollo mundial se resumen a continuación en la Tabla 19.

Tabla 24. Tipos de Energías [535].

Energías Renovables	Energías No Renovables
Solar, hidráulica, eólica, mareomotriz, geotérmica, biomasa, biogás y biocombustibles.	Petróleo, esquistos bituminosos, carbón, gas natural y energía nuclear.

Por otra parte, el estado actual del desarrollo de las energías en el mundo tiene resultados alentadores a favor del medio ambiente. Las energías *No renovables* al no poseer la capacidad de autoregenerarse y producirse fácilmente ha disparado el desarrollo de tecnologías que suplan la dependencia de combustibles fósiles en los procesos de transformación de la energía, siendo esta una opción que retardaría la disminución de estos recursos. Este desarrollo tecnológico, perfilado en la GD, está ofreciendo soluciones a las necesidades de consumo con la

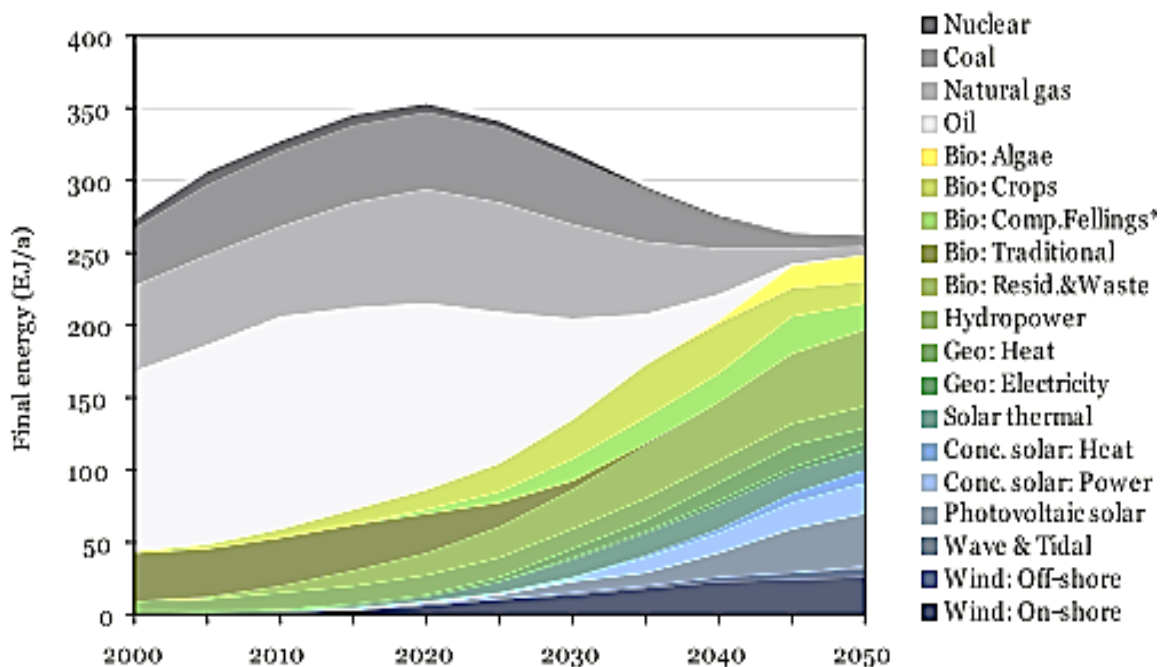
factibilidad de estar protegiendo el medio ambiente de la acción contaminante de la huella de carbono.

De la misma manera, estas problemáticas ambientales han sido tomadas como prioridad por las universidades del mundo, las cuales desde sus centros de conocimiento han buscado plantear soluciones, tanto académicas como tecnológicas con el fin de comprometerse con el mejoramiento del medio ambiente y así lograr la consecución de un mundo sustentable. Tal es el caso de la Universidad de Pittsburgh, desde su Escuela de Ingeniería de Swanson, los cuales se han enfocado en desarrollar programas tanto educativos como tecnológicos en las áreas ambientales y energéticas, impulsando consigo prácticas amigables con el medio ambiente. Asimismo, encamina a formar conciencia energética y conocimiento sobre energías renovables en sus profesionales, contribuyendo de esta manera a una alfabetización ambiental y a un futuro ensamble entre industria y universidad que favorezcan la prevalencia del medio ambiente [536].

La injerencia que produce el cambio ambiental y el uso de GD con energías renovables desde los centros de educación superior, debe influir en el comportamiento de la sociedad mundial, con lo cual se aspira que hacia el año 2050, la eficiencia energética reduzca agresivamente el consumo energético y que igualmente se sustituya la energía convencional por Energías Renovables No Convencionales (ERNC), concretándose con esto la disminución de la dependencia que se tiene hoy día de los combustibles fósiles y de la energía nuclear. Paralelamente, se brindaría el acceso a los recursos básicos a la población, ya que actualmente hay 1.4 billones de personas sin acceso a la electricidad, con lo que se lograría por medio del desarrollo de las fuentes de ERNC ofrecer una transformación en la calidad de vida, en la preservación de la biodiversidad de los ecosistemas, reduciendo los gases de invernadero y la contaminación [537]. Según lo anterior, migrar completamente hacia las energías renovables es posible, dándole un uso más profundo a los recursos hídricos, solares y térmicos, al igual que en la gestión de residuos para la producción de

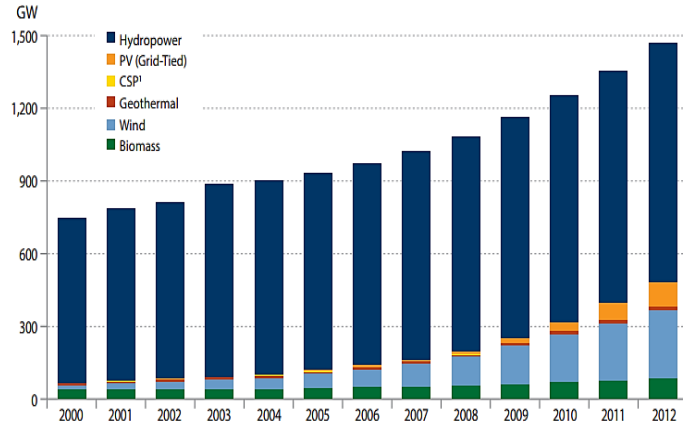
bioenergía, se lograría un potencial significativo que cambiaría la composición de la matriz energética mundial, desplazando el uso de los combustibles fósiles y de la energía nuclear de los procesos productivos y de generación de electricidad, como se aprecia en la Figura 22.

Figura 22. Suministro de energía mundial estratificado por cada tipo de fuente energética[538].



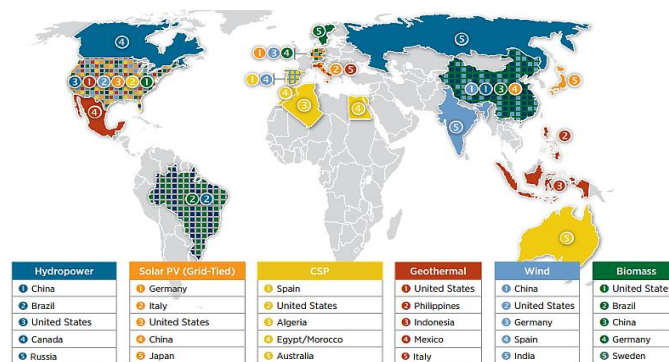
En concordancia con lo anterior, las energías renovables tendrán un crecimiento exponencial que solucionará las problemáticas energéticas y ayudará a la consecución de la sostenibilidad medioambiental. Como se aprecia en la Figura 23, la generación de electricidad mediante energías renovables, tales como la biomasa, eólica, geotérmica, solar, hidro y cogeneración, en el último decenio ha incrementado más del 50%, respecto a los inicios del mismo y tenderá a aumentar mucho más, dependiendo directamente del desarrollo tecnológico, lo que reduciría la dependencia de las energías no renovables.

Figura 23. Capacidad mundial de generación de electricidad por energías renovables entre los años 2000 y 2012[539].



Complementando lo anterior, en la figura 24 se muestra el resultado de los estudios realizados por el departamento de energía de los Estados Unidos, específicamente por la Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable [540], en donde se expone la actualidad mundial del desarrollo de las energías renovables en función a los tipos de tecnologías implementados para la generación de electricidad, en donde se muestra que Alemania, España, China y Estados Unidos son los países que mayor están aprovechando los recursos renovables y que mayor desarrollo tecnológico poseen.

Figura 24. Clasificación de países según el tipo de generación de electricidad con fuentes renovables hasta el año 2012[541]



8.4.3. Estado de la energía en Colombia. Particularmente, para el caso colombiano, a finales del año 2011, las energías anteriormente mencionadas en la generación de electricidad, abastecieron una capacidad instalada neta de 14420 MW incluyendo tecnologías de cogeneración con gas natural y carbón, eólica e hidráulica. La mayor fuente generadora de electricidad en el país es la hidráulica, con el 65% de capacidad de generación, seguida por la térmica con un 31% y con un restante 4% compuesto por centrales de generación de energías alternativas, tales como eólica, cogeneración y pequeñas centrales hidráulicas. Partiendo de esta composición de la matriz energética, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), apunta al crecimiento y desarrollo de la generación de electricidad mediante energías alternativas tanto eólica, geotérmica y mareomotriz en un 160% hacia el año 2050, donde también se logre optimizar en uso del carbón con el gas natural en procesos de cogeneración más eficientes. Es decir, Colombia debe direccionarse hacia el uso de tecnologías renovables y no convencionales para servir como refuerzo al gran potencial de recursos térmicos e hidroeléctricos que posee el país [542].

Según lo anterior, para que Colombia cumpla a cabalidad con dichos objetivos, debe enfocarse en la promoción e incentivación del uso de las ERNC en los procesos de generación de electricidad. Para esto, el gobierno colombiano, con la gestión del Ministerio de Minas y Energía, ha promulgado la ley 1715 de 2014 [543], la cual regula la integración de las ERNC al sistema energético nacional, creando un marco legal para su uso y estableciendo incentivos tributarios y arancelarios para quienes inviertan, desarrollen e implementen en su sistema Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE). De igual manera, esta ley fomenta el desarrollo y la investigación de tecnologías no convencionales, e impulsa el uso de la GD en ZNI, mediante aplicaciones de energía solar, térmica y los biocombustibles. Además, se creará el fondo de energías no convencionales y gestión eficiente de la energía, organismo que se encaminará en financiar y promover los programas de eficiencia energética en el país. De esta manera, se

darían pasos agigantados en procura de lograr mayor cobertura del servicio de electricidad y la obtención de un sistema energético más limpio y amigable con el medio ambiente [485], [544].

8.4.4. Aspectos ambientales de la generación de electricidad en Colombia.

Según el informe presentado por la Comisión de Integración Energética Regional (CIER), Colombia se adhiere al marco normativo propuesto por dicha comisión, con el fin de forjar conciencia ambiental mediante el desarrollo de la energía. Además, con el trabajo mancomunado entre el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se lleva a cabo la ejecución de la agenda ambiental interministerial para el sector de la energía eléctrica, que se enfoca en proteger el recurso hídrico, incorporar servicios ecosistémicos, mitigar el efecto del cambio climático bajando los niveles de carbono, promulgar procesos productivos y sostenibles en consumo de energía, prevenir la degradación ambiental y fortalecer institucionalmente las políticas ambientales con el fin de mejorar el desempeño ambiental del sector eléctrico del país.

En otras palabras, el sector energético del país se debe encaminar a la reducción de las problemáticas físicas, bióticas, sociales, económicas y culturales generadas por el aprovechamiento de los recursos de generación de electricidad, durante la construcción y la operación de los mismos. Los aspectos anteriormente mencionados, se exponen a continuación en la Tabla 25.

Tabla 25. Impactos ambientales de la generación Hidroeléctrica y Termoeléctrica [545].

Dimensión	Impacto	Hidroeléctricas		Termoeléctricas	
		construcción	Operación	Construcción	Operación
Física	Alteración de la calidad de agua	X	X	X	X
	Alteración de los cuerpos de agua	X		X	X
	Incremento de niveles de ruido	X	X	X	X
	Emisiones de material particulado	X		X	X
	Emisiones de gases Nox, Sox, Cox			X	
	Dinamización de procesos erosivos	X	X	X	
Biótica	Pérdida de diversidad	X	X	X	
	Fragmentación de ecosistemas	X	X		
	Afectación sobre el recurso forestal	X	X	X	
	Afectación de la fauna terrestre	X	X	X	X
	Afectación de la fauna acuática	X	X	X	X
Social	Generación de expectativas	X	X	X	X
	Potenciación y generación de conflictos	X	X	X	
	Desplazamiento de población	X		X	
Económica	Cambio del uso del suelo	X		X	
	Generación de empleo	X		X	
	Generación de transferencias		X		X
Cultural	Cambio de referentes territoriales	X	X	X	X
	Afectación del patrimonio arqueológico	X		X	

8.4. APLICACIONES: ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

8.4.1. Estrategias Nacionales. El gobierno Colombiano formuló a través de la Unidad de Planeación Minero Energética UPME, un plan de desarrollo para las FNCE. En él, deja entrever la necesidad de masificar el uso de las energías renovables y lograr una inserción de estas tecnologías en los procesos de generación de electricidad, con el objetivo de desacelerar el agotamiento de los recursos naturales y disminuir el deterioro del medio ambiente. Además, busca acrecentar el capital intelectual, de la investigación y desarrollo de estas tecnologías renovables por parte de los entes académicos del país, y del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), incentivando la formulación y aplicación de proyectos de generación de energía eléctrica amigable con el medio ambiente [546]. Esto, le daría herramientas a las universidades colombianas para llevar a cabo esta investigación y desarrollo en torno a las FNCE y consigo contribuir a la disminución del cambio climático. Igualmente, crear estrategias para reducir la vulnerabilidad del sistema interconectado nacional SIN frente al cambio climático, ya que la matriz de generación en el país en gran medida está compuesta por el componente hídrico.

Igualmente, la implementación de las energías alternativas dentro del sistema eléctrico colombiano diversificará la canasta energética. Pero para que esto suceda, es necesario el aseguramiento de la igualdad de condiciones en términos de regulación entre las energías renovables y no renovables. Sentado este precedente, se podrá dar paso a la incursión de las FNCE, las cuales proporcionarán un avance dentro de las estrategias de mitigación de los efectos medioambientales causados en los procesos de generación de electricidad [547]. Esta diversificación dependerá de una serie de factores que se observan a continuación en la Tabla 26.

Tabla 26. Estrategias del estado respecto al medio ambiente [548].

FACTORES DETERMINANTES DE POLÍTICAS ORIENTADAS HACIA FNCE	INDICADORES Y VARIABLES DE PRIORIZACION	CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN
Emisión de gas de efecto Invernadero (GEI)	Contribución de GEI a nivel global	Contribución alta, media, baja o muy reducida
	Contribución del SIN a GEI	Contribución alta, media, baja o muy reducida
	Metas en acuerdo marco para reducir GEI	Si no existen compromisos obligatorios o no
Dependencia de fuentes Externas de suministro de combustibles	Nivel de dependencia de Importaciones	Alto, medio, bajo o nulo
	Grado de diversificación de fuentes de suministro	Número de suministradores externos y participación de cada uno – Nivel de desarrollo del mercado Internacional de combustibles
	Incertidumbre sobre pérdida del Autoabastecimiento en el futuro	Relación reservas producción en el tiempo de diferentes combustibles fósiles
Amenaza del cambio Climático sobre las Fuentes internas de Suministro	Incertidumbre sobre reducción de aportes hídricos de embalses existentes	Grado y certidumbre de previsibilidad de los cambios y nivel de criticidad de los mismos, gradualidad esperada del impacto
	Nivel de inminencia de Reducción en los aportes en el tiempo	Gradualidad esperada del Impacto
	Incidencia de las medidas de mitigación a nivel global y de país	Incidencia de los impactos considerando las políticas globales y locales de CC
Impacto económico – Desarrollo de una industria De equipos y servicios – Generación de empleo – Contribución al PIB	Potencial de crear masa crítica en la demanda interna para jalonar el proceso	Tamaño local del potencial mercado interno para los equipos y servicios de las tecnologías de FNCE promisorias a nivel local relacionadas con la política que se formule
	Zonas aisladas con potencial para determinados tipos de soluciones y tecnologías.	

8.4.2. Proure. El Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y fuentes no convencionales en Colombia es el resultado de la unión de iniciativas sobre

eficiencia energética por parte de entes públicos y privados del país. Se enfoca en lograr la disminución de los impactos ambientales y el manejo eficiente de los recursos energéticos en los procesos productivos de los sectores económicos de la región. Impulsada mediante La Ley 697 de 2001, donde se declara tema de interés nacional, se ha convertido en uno de los mecanismos de aseguramiento del abastecimiento energético y la protección del medio ambiente [549]. Dentro de los objetivos transversales del *Proure*, aparece en escena la educación y fortalecimiento de capacidades, en el cual involucra a las instituciones educativas, universidades, los centros de desarrollo tecnológico y estamentos del estado como COLCIENCIAS, el ICETEX, la CREG y la UPME a promover, desarrollar, innovar e implementar el uso racional de la energía, en cada uno de los procesos misionales de la misma. Igualmente, invita hacia la formulación de estrategias de eficiencia energética con el fin de migrarlas hacia el sector productivo [550].

8.4.3. Perspectivas de las Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE) en Colombia. Es el modelo mundial de aplicación, el cual se basa en enfocar su uso hacia los sectores residencial, industrial, comercial, servicios y transporte. Se quiere aprovechar su potencial energético con el fin de desplazar a los combustibles en los procesos de combustión, en fuerza motriz y demandas residenciales en zonas urbanas y ZNI [551]. Además, se tiene la meta de lograr la reconversión tecnológica del parque automotor en las modalidades de transporte del país apoyado en los principios de eficiencia del URE. Según el plan de acción indicativo 2010-2015 para desarrollar el programa de uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales, define un objetivo vital para el estímulo y promoción de las FNCE con programas de educación,

divulgación e investigación del desarrollo tecnológico e innovación I+D+i⁸⁹ [552].

8.4.4. Participación de las universidades colombianas. La búsqueda de propuestas multidisciplinarias en torno a la solución de problemáticas sociales, energéticas y medioambientales, ha forjado la alianza *Ingenieros sin fronteras*, en la cual se integran ingenieros pertenecientes a las universidades de Los Andes, Uniminuto, Nacional, Unlbagué y Javeriana, con la finalidad de buscar estrategias e implementarlas en instituciones educativas de media y básica secundaria, con el objeto de proponer soluciones integrales e direccionarlas hacia las comunidades vulnerables. Con la premisa de lograr una alfabetización energética y ambiental, se gestión proyectos en calidad y ahorro energético, gestión del recurso hídrico y URE. Un ejemplo de esto es el proyecto de ahorro y calidad del agua en el municipio de Guasca, Cundinamarca, que generó un impacto directo en alrededor de 500 familiar del área de influencia del proyecto [553].

8.4.5. Solar Decathlon. Este evento busca que equipos universitarios de diversas regiones del mundo compitan entre sí, en la formulación de estrategias sostenibles, que abarcan los campos de la arquitectura, construcción, eficiencia energética, balance energético, confort, sostenibilidad, innovación, entre otros. Cabe resaltar que este evento tendrá sede en el año 2015 en la ciudad de Cali, Colombia, y sus últimas sedes han sido en Versalles, Francia en el año 2014 [554] y Datong, China en el 2013 [555] respectivamente, donde se creó una pequeña Smart city aplicando conceptos de eficiencia energética, arquitectura bioclimática y GD. Este evento es auspiciado por entes gubernamentales como U.S Department of Energy y National Renewable Energy Laboratories (NREL) [556][557].

⁸⁹ Investigación + Desarrollo + Innovación tecnológica

9. MOVILIDAD EN UN CAMPUS VERDE

9.1. TRANSPORTE

La movilidad es la principal actividad en el ámbito universitario que genera el mayor impacto ambiental, por ello la movilidad sostenible debe estar integrada a las políticas universitarias de desarrollo de la sostenibilidad como en su plan estratégico. En los objetivos básicos de la movilidad sostenible en un campus universitario se encuentran la reducción de gases contaminantes y de efecto invernadero, control de flujo de vehículos dentro del campus universitario y recuperación de espacios cedidos a los automóviles dándole prioridad a la movilidad de peatones y bicicletas, también el incentivo a la comunidad universitaria a utilizar los medios de transporte público, bicicletas y otros medios de transporte que minimicen el impacto ambiental. En la movilidad de los vehículos de operaciones institucionales se ven como ejemplos la utilización de vehículos eléctricos o de bajas emisiones al interior del campus evitando emisiones de gases contaminantes, la exclusividad de rutas para estos vehículos o formas de minimizar su movilidad para que solamente se transporte dentro del campus lo necesario y así dar continuidad a las operaciones del mismo [558].

Es importante resaltar que el campus UIS posee dos características básicas: El campus universitario no está totalmente centrado y sus instalaciones están dentro del casco urbano de la ciudad. Debido a ello la movilidad de la comunidad universitaria estará ligada con la urbana, obligando a que las decisiones en movilidad tomadas en el ámbito urbano trasciendan hasta las esferas universitarias, haciendo que las estrategias planteadas en lo referente a movilidad sostenible dentro del campus universitario tendrán que ver con la movilidad fuera de este. Otro aspecto a mencionar, es la presencia relevante de estudiantes

procedentes de la periferia de la ciudad o de municipios cercanos, lo que implica que la movilidad universitaria este aún más ligada con la movilidad urbana en general y representa un aspecto relevante al momento de desarrollar planes de movilidad institucional verdaderamente efectivos. Existe un gran número de estudiantes procedentes de diversas zonas más apartadas del país, sin embargo, esta población, para efectos de movilidad, se puede considerar como una población integrada al casco urbano, puesto que gran parte de los alojamientos donde residen estos alumnos suelen estar cerca del campus [559].

9.1.1. Movilidad y Estacionamientos. Un componente importante de la movilidad dentro de un campus verde, son los estacionamientos, pues estos a pesar de ser destinados en gran mayoría a los automóviles ocupan un área importante en la extensión de las universidades, también la ausencia de parqueaderos en ciertas horas específicas o de eventos importantes puede ocasionar problemas de movilidad en el campus y poner en peligro la integridad de los transeúntes. La universidad Iberoamericana en su iniciativa Ibero Campus Verde propone cuatro aspectos principales que se deben tener en cuenta para solucionar el problema de estacionamientos en un Campus Universitario [6], estos son:

- Verificar las áreas de estacionamiento existentes, número y capacidad de los mismos.
- Llevar un conteo de los usuarios distribuidos en el campus durante las diferentes horas del día y diferentes días de la semana.
- Asignación de estos estacionamientos a los usuarios con anterioridad o programados.
- Implementar un sistema de control realmente eficiente que distribuya homogéneamente los parqueaderos.

Basados en los cuatro puntos anteriores, se podría recolectar información para el desarrollo de un plan de movilidad sostenible básico y en cierta medida eficiente.

9.1.2. Movilidad Sostenible. Diversas universidades a nivel mundial comprometidas con la movilidad sostenible, han implementado una serie de estrategias para reducir los niveles de contaminación así mismo dando más fluidez a la movilidad institucional, mostrando impactos visibles y de ejemplo a la comunidad en general. A continuación se revisarán algunos avances e iniciativas de diferentes universidades del mundo, orientando nuestra revisión en términos de movilidad sostenible. Esta revisión se centrará en los tres pilares fundamentales de la movilidad sostenible: Movilidad a pie, por medio del transporte público y de la bicicleta.

9.1.3. Caminar y Peatonalizar. El desplazamiento caminando se destaca pues es el más económico y saludable de las formas de movilidad, sin embargo la gran desventaja que presenta es la baja velocidad que se alcanza en los recorridos, esta forma de transporte es recomendable para trayectos cortos [560]. El acceso a pie al campus universitario también necesita planificación, peatonalizar las zonas de acceso también hace parte de las estrategia de movilidad sostenible. La peatonalización corresponde a facilitar el traslado a pie, implementar la iluminación adecuada, brindar seguridad en los recorridos, dar continuidad, entre otros. Si el trayecto a recorrer es inferior a 1 kilómetro se recomienda que se haga simplemente caminando, la velocidad promedio de un hombre menor a 55 años es de aproximadamente de 5.94 [km/h] [561].

9.1.4. La Bicicleta Como Símbolo De Sostenibilidad. La bicicleta es tal vez el símbolo más representativo de la movilidad sostenible, necesitando una fracción mínima de energía para ser fabricada y con un muy bajo impacto ambiental. También es el medio de transporte más eficiente, desde el punto de vista de energía utilizada y distancia recorrida. Un automóvil completamente ocupado consume 12 veces más energía que una bicicleta y 50 veces más que el mismo

automóvil ocupado por una sola persona [562]. Además de tener un bajo coste de compra y mantenimiento, la bicicleta no genera ruido (contaminación auditiva), es mucho más rápido que el automóvil en ciudades congestionadas y por lo general, sus usuarios disfrutan de su utilización mejorando así su salud física y mental. Se recomienda su uso para trayectos inferiores a 5 – 7,5 km [563].

Otro factor que le ha impedido desarrollarse como medio de transporte masivo son las condiciones de la vía pública, ya que el automóvil impide una circulación segura de los ciclistas. Esto se evidencia en la ciudad de Bucaramanga, pues a pesar de ser una ciudad comprometida con el desarrollo sostenible, cuenta con excesivas señales de prohibición del uso de la bicicleta en vías principales. Aproximadamente 70 de señales en toda la ciudad, limitan el gran potencial de la bicicleta como medio alternativo de transporte [564]. Es aquí donde se halla la relación entre movilidad urbana y eco movilidad institucional, ya que no se puede desconocer que si se desea implementar planes de eco movilidad en un campus universitario a través de la bicicleta se debe tener en cuenta que muchos de aquellos posibles ciclistas antes de llegar al campus universitario tendrán que desplazarse por medio del circuito de movilidad urbano. Estas han sido algunas de las estrategias más utilizadas para mejorar e incentivar el uso de la bicicleta en diversos campus universitarios del mundo [561][565]:

- Habilitación de ciclo parqueaderos seguros y cercanos en diversas áreas del campus.
- Disponibilidad de duchas para ciclistas.
- Creación estratégica de ciclo vías o bici carriles al interior del campus.
- Colocación de mapas de los carriles exclusivos de la bicicleta y ciclo parqueaderos en áreas estratégicas para incentivar su uso.
- Implementación de redes de bicicletas publicas dentro de la universidad o incentivar acuerdos con las entidades estatales para creación de estas redes cercanas al campus.

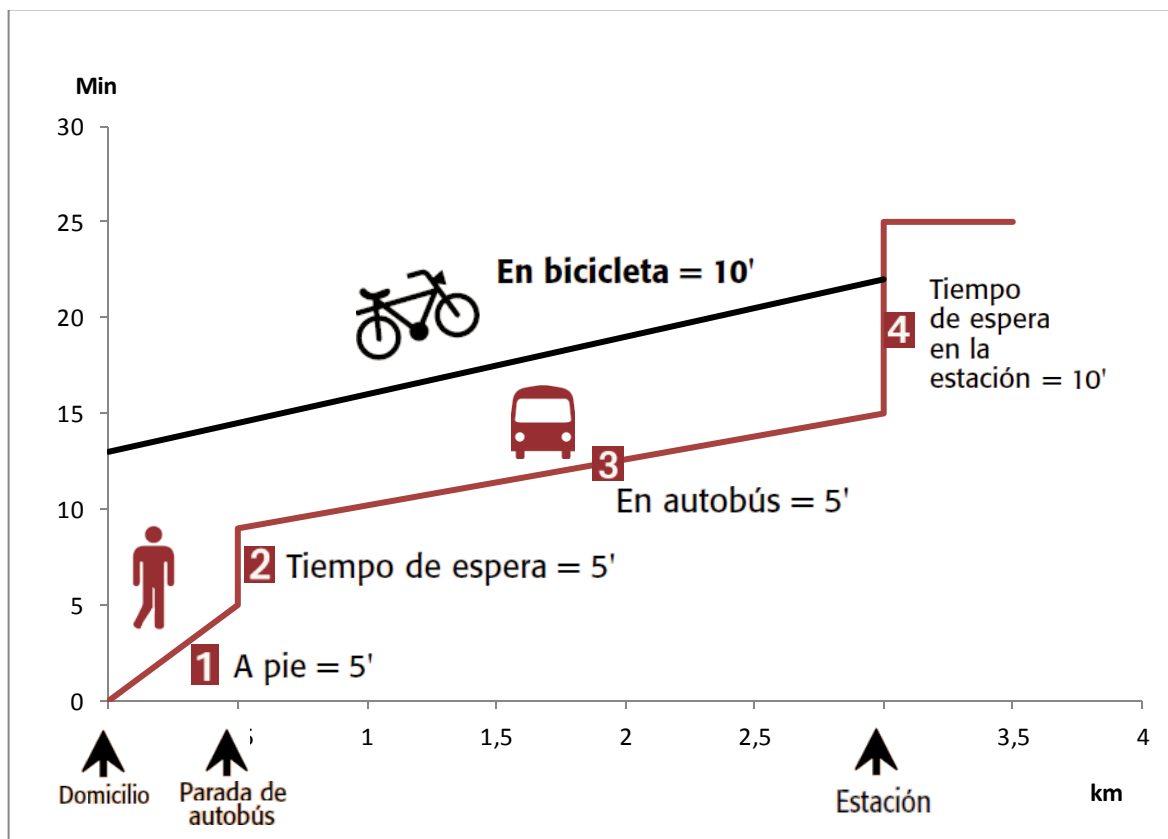
- Colaboración con otras entidades e instituciones municipales, departamentales o nacionales para promocionar la bicicleta como medio alternativo de transporte.
- Resaltar las actuales rutas y condiciones más seguras para llegar a la universidad pedaleando y las ventajas del ciclo estacionamiento.
- Organización de jornadas en el campus para el arreglo y mantenimiento de bicicletas ofreciendo repuestos más baratos.
- Gestión con instituciones financieras para lograr que los estudiantes tengan más acceso a bicicletas de calidad y más fácilmente.

En términos de velocidad para recorridos de hasta cinco kilómetros, la bicicleta es considerada como el medio más rápido en desplazamientos urbanos puerta a puerta. Además, para trayectos con condiciones adecuadas, para mediciones hechas en varias vías para bicicletas en vías holandesas donde existe un mayor uso de la bicicleta como medio de transporte la velocidad media fue de 19 km/h. Pero al tener en cuenta la disminución del ritmo de pedaleo o interrupciones ocasionadas por cruces o diversas circunstancias en el tráfico, las velocidades de la bicicleta pueden oscilar entre 12 – 15 km/h [566].

9.1.5. El Transporte Público Y Masivo, Un Reto. El transporte público, es tal vez, el medio de transporte más utilizado por los estudiantes alrededor del mundo y al igual que la bicicleta, es uno de los referentes más fuertes en cuanto a la movilidad sostenible. Su gran uso es debido a la economía del servicio y rapidez, en algunas universidades del mundo se ofrecen descuentos a estudiantes por su uso gracias a convenios realizados entre las universidades y dichos sistemas de transportes. Por ejemplo en algunas universidades españolas se pueden adquirir estos servicios pagando mensualmente por nomina con descuentos considerables[567]. Como se puede observar en la Figura 3, donde se hace un paralelo entre los tiempos estimados de desplazamiento de la bicicleta y el

transporte público, el transporte público a pesar de ser veloz posee la desventaja de agregar tiempos de espera mientras que en la bicicleta los recorridos son continuos. Es bueno resaltar las ventajas de incentivar el uso de los medios masivos de transporte en la ciudad y para uso de los estudiantes, quienes representan un porcentaje importante de usuarios de estos servicios y que al optar por este medio de transporte evitan el uso del automóvil, sino que se debe desplegar un sistema de transporte publico robusto y que cumpla con las demandas en horas pico [568].

Figura 25. Comparación entre tiempos relativos en la utilización de la bicicleta y los medios masivos de transporte [568].



La efectividad del transporte público en Colombia aún está en tela de juicio. En varias de ciudades del país los índices de satisfacción y utilización del servicio

público van en declive. Según un estudio realizado en los 53 municipios más grandes del país, la utilización del transporte público decayó en el 2013 un 7% en relación con el 2007, con el agravante de que la población urbana del país creció aproximadamente un 10% en los últimos 6 años [569]. Revisando el caso particular de la ciudad de Bucaramanga, el declive es aún más amplio, de un 30%. Dicho fenómeno se podría asociar a la proliferación de transporte informal, inconformidad con los servicios, aumento del transporte particular: carros, motos, bicicletas, etc., creando un ambiente de caos vehicular que termina por colapsar el sistema de transporte de la ciudad. Según periódicos de la región, este fenómeno se debe a que las vías no son suficientes para satisfacer el creciente aumento de vehículos particulares, la nula planificación de rutas alternas y la falta de capacidad del servicio de transporte público para satisfacer la demanda en horas pico [570]. El papel de universidad en cuanto a transporte público no es más que gestionar y crear propuestas de movilidad para las autoridades competentes, pues a pesar de que se tengan muy buenas iniciativas desde la misma universidad, no posee un carácter de autoridad. Lo anteriormente mencionado limita a las instituciones de educación superior solamente a proponer sobre soluciones que ayuden a promover la movilidad sostenible fuera del campus universitario, que directamente ayuden a la movilidad dentro de ella. También gestionar recursos y subsidios para sus estudiantes, tanto en el transporte público como en otros medios de transporte[561].

9.1.6. UNIVERSIDADES DEL MUNDO Y LA MOVILIDAD SOSTENIBLE

A continuación se muestran las nuevas e innovadoras apuestas en cuanto a movilidad sostenible de algunas de las universidades más importantes en términos de sostenibilidad según el ranking IU GREEN METRIC [571]. También se incluyeron otras universidades del mundo con iniciativas sobresalientes respecto a dicho tema:

Tabla 27. Apuestas en movilidad sostenible de algunas de las universidades más importantes en términos de sostenibilidad [571]

Universidad	País o Región	Estrategia	Observación	
The University of Nottingham	Reino Unido	Mejorar la instalaciones de videoconferencia, reduciendo la necesidad de movilidad [572].	Según IU Green Metric es la universidad más sostenible del mundo[571].	
Universidad Nacional de Colombia	Colombia	Implementación de un sistema de bicicletas públicas gratuito de utilización dentro del campus y sin previa inscripción al servicio. Fue llamado BicirrUN en el 2006 [573].	Fue suspendido en el 2010 por mal estado de las bicicletas y falta de presupuesto para el mantenimiento de las mismas [574].	
Universidad Pontificia Bolivariana	Colombia	Aprovechamiento del espacio de parqueaderos implementando en los techos de los estacionamientos fotoceldas para la generación de energía eléctrica [575].	Alimentará el mismo edificio de parqueaderos de tres pisos con capacidad para 1000 vehículos.	
University College Cork	Irlanda	Compartir el automóvil o coche en rutas comunes hacia las universidades.	Es planteada tanto para estudiantes como para trabajadores y docentes.	Según IU Green Metric es la segunda universidad más sostenible del mundo[571].
Universidad de Cantabria	España	Reparación de las bicicletas dañadas en camino a ser chatarrizadas por el Ayuntamiento de Torrelavega en el fallido plan de préstamo de bicicletas gratuitas de la ciudad [576].	Reparadas por los mismos estudiantes en un taller dentro del mismo campus, dándoles créditos a estos estudiantes por la reparación y prioridad de préstamo por 1 año.	
Northeastern University	EE.UU.	Utilización de vehículos eléctricos al interior del campus evitando emisiones de gases contaminantes.	Utilizadas solo por el personal de trabajo de la universidad.	Según IU Green Metric es la tercera universidad más sostenible del mundo[571].
		Incentivación de permisos de estacionamiento trimestrales o anuales a través de deducciones de nómina pre impuestos [577].	Valido solo para personal docente y trabajador	
Universidad de Connecticut	EE.UU.	Producción y uso de Biodiesel [578]	Es producido en el campus a partir de aceite de cocina usado para luego ser utilizado es sus propios automotores.	Según IU Green Metric es la Quinta universidad más sostenible del mundo[571].
		Hertz 24/7: Préstamo de vehículos eléctricos y de ultra bajas emisiones (ULVE) [579]	Pueden ser prestados por cualquier persona mayor de 18 años y con buen historial de manejo. Poseen un costo de préstamo.	

10. ECONOMÍA Y PRESUPUESTO DE UN CAMPUS VERDE

Desde la década de los 90s y hasta hace muy poco, las instituciones de educación superior consideraban la ecologización de sus campus como una actividad muy costosa y poco rentable. Debido a la crisis económica a nivel mundial, dichas instituciones se han entrado en un dilema financiero con sus presupuestos tan limitados. Este dilema se basa en que deben decidir si desarrollar todas las actividades propias del campus universitario o destinar valiosos presupuestos a iniciativas de sostenibilidad que vayan en pro del cuidado medioambiental. Últimamente se está demostrando que estas dos decisiones no van en direcciones opuestas, sino que muestran la estrecha relación existente entre un medio ambiente sano y una economía sólida. Una encuesta realizada por NWF⁹⁰ en 2001, mostró que tan solo el 9% de las instituciones encuestadas consideraban que los proyectos ecologistas generaban desarrollo y rentabilidad, luego en 2008 esta cifra creció hasta el 24%, lo cual evidencia un cambio significativo hacia la buena percepción económica de las universidades y colegios ante las prácticas sostenibles[580].

Es importante resaltar que estos no son procesos instantáneos pues afirman diversas universidades que para llegar a consolidar sus prácticas sostenibles en el campus, hasta el punto de volverlas rentables, han invertido grandes cantidades de dinero en dichos procesos y en diversos casos con tiempos de espera bastante amplios que en episodios de crisis financieras son los primeros en desaparecer. Esto se resalta con el objetivo de mostrar que aunque es posible una economía sostenible dentro del campus universitario, representa un reto financiero bastante amplio y de mucha perseverancia [581].

⁹⁰ National Wildlife Federation

Leith Sharp investigadora de Harvard University, cuenta su experiencia en cuanto a la sostenibilidad en dicha institución y expresa que una gran fuente de capital puede ser ahorrada o mejor distribuida a través de ahorros operativos o costos evitados. La experiencia muestra que la primera vez que se hace algo nuevo, a menudo toma más tiempo y altos costos para ser realizado, pero a través de la repetición, los costos y tiempos se reducen mediante la racionalización de los procesos y fortalecimiento de las capacidades internas, es ahí donde empieza a jugar los ahorros de operatividad. Según Sharp en base a su experiencia, el ejemplo más claro se encuentra en sus procesos de construcción verde, por ejemplo, cuando empezaron a utilizar el estándar LEED⁹¹ de USGBC⁹² para edificaciones verdes en el 2001, la proyección de varios ingenieros y arquitectos fue que se tendría entre un 5% y 10% de costos adicionales por cada edificio con dicho estándar. Luego de varios años de dirección de proyectos LEED a través de la universidad, conocimiento de las capacidades internas de las construcciones y racionalización del proceso en general, Harvard logro su primera actualización LEED Platino, la más alta posible, sin coste añadido al proyecto. Otros proyectos en el campus con certificación LEED Plata u Oro se redujeron a menos del 1% adicional con periodos de amortización de tan solo 8 años[580].

La eficiencia energética es la medida mayormente utilizada en las Instituciones de Educación Superior, ya que esta proporciona un margen más significativo en el retorno de las inversiones. Por ejemplo, en las regiones donde la electricidad tiene un costo más elevado, la instalación de tecnologías para el uso eficiente de la energía pueden tener periodos de recuperación de tan solo meses. The State University of New York logró ahorrar cerca de \$ 9.000.000 de dólares por año gracias a una fuerte promoción de la conciencia ambiental en el campus universitario, incentivando al ahorro y una rigurosa aplicación de modernizaciones

⁹¹ Leadership in Energy & Environmental Design

⁹² US Green Building Council

en cuanto a eficiencia energética, aunque se tuvo una fuerte inversión inicial, de alrededor \$ 17.000.000 dólares, estos fueron recuperados en tan solo 4 años[582].

El uso de energías alternativas no es muy extendido en las instituciones de Educación Superior, debido a que poseen periodos de amortización más o menos largos lo que dificulta justificar financieramente estas medidas. Esto ha generado cierto abandono a los proyectos con tiempos de recuperación extensos, dando la sensación de no ser lo suficientemente rentables como para abordarlos, sin embargo los nuevos desarrollos tecnológicos en este campo están creciendo fuertemente pero también volviéndose más baratos dando la esperanza de generalizar su uso aún en instituciones de educación superior con presupuestos de inversión más bajos [583]. Estas tecnologías también puede resultar rentables en periodos largos de tiempo y llegar a tener eficiencias comparables a la de los combustibles fósiles. Ejemplo de ello es la implementación de paneles solares por parte de Georgetown University en los techos de su campus universitario, lo cual ahorró anualmente cerca de \$ 45.000 dólares, sin olvidar que también se tuvo una fuerte inversión inicial por parte de la universidad. Aunque las energías renovables alternativas no pueden suplir la totalidad de la energía requerida en un campus universitario, si pueden ser un complemento útil en la reducción de la cantidad de electricidad comprada, por lo que ayudará a reducir los costos de consumo[582].

A continuación, se mostrarán iniciativas sostenibles en distintas universidades del mundo como una verdadera alternativa para reducir costos en general y fortalecer la economía interna a pesar de los factores anteriormente mencionados [584].

Tabla 28. iniciativas sostenibles en distintas universidades del mundo como alternativas para reducir costos [584]

Universidad	estrategia
University of York	El edificio de NSLC ⁹³ con sede en University of York, diseñado especialmente con un sistema de calefacción y enfriamiento geotérmico, también incluye "techos verdes" que absorben el agua y reduce la pérdida de calor. Gran parte de la tubería está hecha de material reciclado. Otras características incluyen la ventilación natural, iluminación de bajo consumo y sistemas de descarga de agua de lluvia. Se estima un ahorro de 11.000 libras por año[585].
Harvard University	Los proyectos de rediseño continuo han resultado en más de \$ 3.150.000 en ahorros desde 2009. En HBS ⁹⁴ , un proyecto puesto en marcha desde el año 2008 ha cubierto 14 edificios, produciendo más de \$ 320.000 en ahorros. En HMS ⁹⁵ , para cinco proyectos de puesta en marcha realizados en 2012 se esperaba ahorrar más de \$ 275.000 solamente en servicios públicos[586].
University of California, Santa Barbara	Recibió el premio LEED Platino para la nueva construcción de Donald Bren School of Environmental Science and Management. El nuevo edificio de laboratorios de la universidad ahorra \$ 50.000 en costos de energía típicos y evita 275 toneladas de emisiones de CO2 por año[587].
Universidad de Alcalá de Henares	Ha instalado una planta de Trigeneración Energética, la cual le ha permitido reducir costos en consumo energético (eléctrico y calefacción). Según la dirección de servicios generales de la UAH han logrado ahorrar cerca de 200.000 euros al año[588].
Smith College	Reemplazó su planta de vapor de 60 años de edad, por un sistema de cogeneración 3,5 MW, ahorro en costos \$1.800.000 al año con una amortización de siete años, y reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero a la mitad[587].
Universidad Autónoma de Barcelona	Ha logrado ahorrar en el 2011 hasta 330.000 euros en consumo de gas y 430.000 euros en electricidad respecto al último año, aun así las facturas siguen creciendo. El problema no está en el ahorro, el problema radica en que el margen de ahorro está por debajo de los incrementos de precios de los servicios públicos, tanto es así que en el 2012 se ahorraron 22.000 MWh, sin embargo la factura fue superior a la del año anterior en más de 200.000 euros y que si no hubiese sido por los planes de ahorro y sostenibilidad propuestos por la universidad el gasto habría sido mucho mayor [588].
University of Minnesota	Desde el 2009 con una iniciativa de ahorro del consumo eléctrico de los computadores. Se trata de ahorrar electricidad desactivando la pantalla luego de 10 minutos de inactividad, en 15 minutos el disco duro y en 60 minutos el ordenador pasa a estado de hibernación o suspensión. Simplemente con esta medida logró ahorrar cerca de \$ 40 Dólares por maquina al año. Esta cantidad es un ahorro significativo cuando se posee gran cantidad de computadores.

⁹³ National Science Learning Centre

⁹⁴ Harvard Business School

⁹⁵ Harvard Medical School

Tabla 28. Continuación.	
Universidad Autónoma de Madrid	Ha optado por el ahorro energético a través de la instalación de celdas solares fotovoltaicas en el campus con una inversión de 5,5 millones de euros, pero con una producción anual superior al millón de kWh, equivalente al consumo de 300 hogares. Esto representaría la reducción de cerca 500 toneladas de emisiones de CO ₂ a la atmosfera y reducción del 5% del consumo energético anual de todo el campus[588].
Massachusetts Maritime Academy	Instalo una turbina de 660 kW en junio de 2006 que produce más de 1 millón de kWh al año, la cual ahorra a la academia \$ 160,000 al año. En sus primeros quince meses de operación se evitaron 690 toneladas de CO ₂ [587].

La economía dentro de un campus verde define qué tan eficiente son las políticas y estrategias para minimizar el impacto ambiental dado que la sostenibilidad debe ser representada en reducción de costes, crecimiento en la eficiencia de los procesos, disminución de la utilización de materias prima o alternativas con bajo impacto ambiental y todo esto sin comprometer la eficiencia de los procesos, lo cual será representado finalmente en minimizar las emisiones de CO₂ y la preservación del medio ambiente[589]. A continuación se mencionarán algunos datos sobre ahorro de las universidades americanas relacionadas con políticas sostenibles, demostrando que con un simple cambio de política de consumo se puede lograr ahorros considerables manteniendo la eficiencia de los procesos, entre las más interesantes se encuentran:

Tabla 29. Datos sobre ahorro de universidades americanas relacionadas con políticas sostenibles

University of Minnesota	Empezó desde el 2009 con una iniciativa de ahorro del consumo eléctrico de los computadores. Se trata de ahorrar electricidad desactivando la pantalla luego de 10 minutos de inactividad, en 15 minutos el disco duro y en 60 minutos el ordenador pasa a estado de hibernación o suspensión. Simplemente con esta medida logró ahorrar cerca de \$ 40 Dólares por maquina al año. Esta cantidad es un ahorro significativo cuando se posee gran cantidad de computadores [590].
University of Connecticut	Desde marzo del 2007, se incluye en la Política de Diseño y Construcción Sostenible que todos los nuevos proyectos de construcción perseguirán al menos una calificación LEED de plata, esto para proyectos estimados en más de \$ 5 millones [591].
Metropolitan State College of Denver	Ha logrado reducir en un 50% las impresiones en papel de los estudiantes por fuera del campus universitario con un interesante sistema de gestión de impresión. Ayudando establecer cuotas para las impresiones de los estudiantes, los cuales pueden rechazar o aceptar un trabajo impreso en función de su saldo restante evitando las congestiones en las fotocopadoras del campus y que los estudiantes ahorraran en impresiones externas al campus. Con esta medida se ha logrado ahorrar por mes 34 toneladas de papel o 591 árboles y \$ 50.000 dólares por año para la universidad[592].
Victor Valley College	Ha ahorrado alrededor de \$ 7,447 Dólares al mes por el uso de Formstack, una aplicación que ha facilitado la creación de formas y datos en línea. Esto ha ayudado a simplificar los procesos y tramites reduciendo el consumo de papel y aumentando la capacidad para servir a la comunidad universitaria[593].
Bryant University	Desde el 2007 ha trabajado arduamente en reducir el tamaño de su centro de datos a través del uso de Scalable Modular Data Center de IBM en conjunto con la arquitectura de APC-MGE , lo cual le ha permitido reducir el espacio de cuatro lugares destinados a manejo de datos informáticos a un solo servidor y lograr reducir el consumo de energía de los servidores en un 35% generando con un ahorro de hasta \$20.000 dólares [594].

Más de 75 universidades americanas han descubierto una estrategia de inversión de bajo riesgo y de visión ambientalista, con más de 25% de rentabilidad sobre la inversión y la satisfacción de fortalecer su compromiso con el cuidado medio ambiental estos son los fondos de inversión verde o fondos rotatorios de préstamos verdes. Ellos, como los promovidos por la Billion Dollar Green Challenge, son fondos de préstamos auto administrados comprometidos con proyectos de eficiencia energética de financiación en sus campus de patrocinadores que tienen por objetivo ayudar a ahorrar energía para ganar dinero[595]. Por ejemplo, BDGC se ha comprometido en invertir mil millones de dólares (unos 725 millones de euros) para financiar proyectos que mejoren la eficiencia energética en campus universitarios y universidades tan célebres como Harvard, Stanford o Arizona State ya han confirmado su participación y también la

aportación de fondos. La idea para financiar este proyecto de inversión verde es desarrollar fondos similares a los microcréditos que ya han funcionado con gran éxito en otros países. El ahorro que se consiga con la eficiencia energética se reinvertirá en nuevos proyectos de características similares, después de la devolución del préstamo principal. En general, las instituciones universitarias reducirán sus emisiones de dióxido de carbono, invierten en proyectos rentables, pero también, en el largo plazo, se ahorrarán energía y dinero en el funcionamiento diario de las universidades creando empleo verde en las ciudades donde se ubica cada universidad [596].

Los colegios y universidades de Estados Unidos están empeñados en mostrarle a la comunidad mundial que aquello que es bueno para el medio ambiente también puede ser representado en un ejercicio económico rentable, aún con los presupuestos tan limitados propios de la educación superior. En un estudio realizado por National Wildlife Federation, una de las más destacadas organizaciones ecologista de Estados Unidos, se destacan 23 iniciativas de ahorro y conservación del campus en 15 instituciones de educación superior públicas y privadas estadounidenses, mostrando lo fuerte de la inversión verde en las universidades americanas reflejadas en sorprendentes ahorros. Dichos ahorros que van desde \$1.000 a la sorprendente cifra de \$9 millones, lo que representa un promedio de \$ 728.500 por cada campus. Estos proyectos y sus respectivas cifras son descritas en la tabla 29 [582].

Tabla 30. Ahorros anuales en proyectos de conservación del campus en universidades americanas [582]

Proyectos de Conservación	Ahorros anuales
Transporte	
Incentivar a estudiantes y empleados a reducir el uso del automóvil en Cornell University, NY	\$ 3.123.000
La creación rutas de autobús en el campus en University of Colorado-Boulder, CO	\$ 1.000.000
Conservación de Energía	
Estrategias creativas para el Ahorro de Energía en SUNY-Buffalo, NY	\$ 9.068.000
Iluminación y modernización de equipos en Elizabeth town College, PA	\$ 247.000
Diversas estrategias de reducción del consumo de energía en cuatro campus en Brevard Community College, FL	\$ 2.067.000
Renovación de laboratorios en Brevard Community College, FL	\$ 15.500
Cambiar luces incandescentes en los dormitorios compartidos en Dartmouth College, NH	\$ 75.000
Paneles solares que generan ahorros en Georgetown University, Washington, DC	\$ 45.000
Conservación de Agua	
Nuevos sanitarios y lavamanos en Columbia University, NY	\$ 235.000
Limpiar cabezales de duchas de agua para ahorrar en Brown University, RI	\$ 45.800
Restauración Servicios	
Vasos reutilizables para estudiantes de primer año en Harvard University, MA	\$ 186.500
Ahorro en tazas reutilizables en University of Wisconsin-Madison, WI	\$ 11.400
Re-Usar	
Venta de Propiedad Excedente en University of Wisconsin-Madison, WI	\$ 241.800
Mantenimiento de vehículos con aceite de Motor refinado en University of Illinois -Urbana-Champaign, IL	\$ 3.500
Segunda vez para productos químicos de University of Washington, WA	\$ 14.400
Gestión de los Productos Químicos Peligrosos disminuyendo los herbicidas en Seattle University, WA	\$ 1.300
Clases de Química con menos productos químicos en University of Minnesota, MN	\$ 37.000
Compostaje	
Creación de fertilizantes con residuos de alimentos de la cocina en Dartmouth College, NH	\$ 10.000
Compostaje de Residuos del Paisaje y la madera en University of Colorado-Boulder, CO	\$ 1.300
Reciclaje	
Programas premiados por recuperación de materiales en University of Colorado-Boulder, CO	\$ 107.000

Tabla 30. Continuación.	
Restauración Servicios de Reciclaje en Harvard University, MA	\$ 79.000
Conseguir el mejor precio de dólar en el reciclaje de Papel en University of Wisconsin - Madison, WI	120.000
Análisis de los desechos para reducir costos en University of Wisconsin - Madison, WI	\$ 21.000
TOTALES	\$ 16.755.500

Con ello se resalta la importancia, en términos financieros, de invertir en la sostenibilidad del campus aun con las dificultades financieras propias de la educación superior teniendo en cuenta que no es una labor fácil, que necesita fuertes inversiones y de mucha constancia, pero que si se llegase a lograr representaría ventajas económicas bastante relevantes como lo demuestran dichas universidades líderes de la sostenibilidad ambiental y económica a nivel mundial.

11. CONCLUSIONES

1. De acuerdo con la información recopilada y el análisis realizado en cada debate de este proyecto de grado, se considera viable la introducción del concepto de campus verde en la sede central de la UIS. La universidad actualmente cuenta con diferentes iniciativas en pro del medio ambiente y la salud humana en las áreas académicas, operacionales, de infraestructura, presupuesto, niveles de ruido, movilidad, y el uso de los recursos. Sin embargo, es necesario recoger estas iniciativas y adoptar otras (se identificaron muchas oportunidades para disminuir el impacto ambiental generado por la operación e infraestructura del campus, a través de alianzas nacionales e internacionales, así como de educación e investigación), en un programa de gestión global que contenga un plan de unificación de todos los esfuerzos actuales y futuros para alcanzar el objetivo de convertir la UIS sede central en un campus verde.
2. Se observó que el tamaño poblacional de las instituciones de educación superior, su extensa infraestructura y gran cantidad de operaciones internas generan un impacto medio ambiental y monetario considerable. Es por ello que se resalta la importancia del concepto de sostenibilidad aplicado al campus UIS, ya que los costos podrían ser reducidos drásticamente si se logra un uso racional de recursos, junto con el desarrollo y puesta en marcha de un sistema de gestión ambiental acorde a las necesidades del campus. La UIS, gracias al sistema de gestión ambiental actual, ha mostrado su compromiso con las políticas sostenibles (siendo reconocida internacionalmente); además, la escuela E3T ha llevado a cabo una serie de investigaciones sobre energías renovables, edificios con diseño bioclimático, entre otras temáticas sostenibles que han contribuido a fortalecer dichos conceptos en el campus.
3. Se observó que la implementación y puesta en marcha de un sistema de gestión ambiental, aunque representa considerables costos de inversión a

la universidad, podría generar ahorros significativos por ser una guía para estandarizar los procesos hacia la sostenibilidad; sin embargo, dicha implementación no garantiza la sostenibilidad del campus, ya que una certificación de gestión ambiental no prueba que los procesos se estén cumpliendo, puesto que se da fiabilidad a la información entregada sin que necesariamente se lleve a cabo un proceso de verificación del cumplimiento exhaustivo.

4. Para el éxito del sistema de gestión de energía se requiere del apoyo de toda la comunidad universitaria. Por lo tanto, se debe formar y concientizar a todas las personas del campus para el SGEEn sea más eficaz para la universidad y tenga más probabilidades de obtener una certificación. Además de la formación y divulgación, se deben crear alianzas con todos los actores de la cadena energética, para aprovechar los esfuerzos existentes hacia el uso racional de la energía tanto dentro como fuera de la universidad.
5. A partir de la investigación realizada y los debates de cada sesión se concluye que los dos sistemas de gestión ambiental internacionales más viables para la Universidad Industrial de Santander son: la familia ISO 14000, aclarando que este estándar no es propiamente para universidades sino para organizaciones(aunque en general es la más sencilla de implementar de los sistemas de gestión estudiados) y el International Sustainable Campus Network (ISCN–GULF), el cual posee la ventaja de ser creado especialmente para instituciones de educación superior. Este combina las ventajas particulares de los sistemas Global Reporting Initiative (GRI) y The Sustainability Tracking Assessment & Rating System (STARS) convirtiéndose en una poderosa herramienta para la gestión de la sostenibilidad en la educación superior. También la implementación de ISCN–GULF abre las puertas a la obtención de una certificación GRI de manera más sencilla pero en este caso, guarda reserva de la información

proporcionada y más corta en comparación con los otros sistemas de gestión.

6. LEED es la certificación para edificaciones verdes más utilizada en el mundo, ya que cuenta con un método de evaluación claro lo cual la hace la certificación predilecta si se quisiera certificar las edificaciones dentro del campus (de las certificaciones estudiadas, es la única que ha sido implementada en Colombia). No obstante, dado el costo económico que representa certificar LEED (o certificar bajo cualquiera de las certificaciones mencionadas en este proyecto de grado, sin considerar el arduo trabajo que implica su adaptación), la limitada consideración a las realidades y condiciones propias del país y los recientes estudios que muestran pobres resultados en ahorro energético en edificaciones certificadas LEED Y LEED plata, se sugiere como alternativa la realización de un código interno en la UIS que regule la construcción, operación y remodelación de toda edificación del campus según lineamientos que busquen la disminución de su impacto ambiental. Paralelamente, la certificación colombiana SAC-ES0, que se encuentra próxima a lanzarse, también podría ser una solución a las necesidades planteadas anteriormente.
7. La economía dentro de un campus sostenible depende de diversos factores, especialmente el presupuesto con el que se cuenta; sin embargo, a pesar del dilema financiero de las instituciones de educación superior respecto a la inversión de sus presupuestos en proyectos de sostenibilidad, muchas universidades del mundo han apostado fuertemente a este aspecto, con la visión de que representa una fuente de ahorros relevante, pero que necesita un respaldo financiero constante en el tiempo.
8. Es posible migrar hacia el uso de las energías renovables en todos los procesos de transformación energética, solo si se tienen en cuenta cada una de las necesidades a atender, como son las necesidades físicas, bióticas, sociales, económicas y culturales. Al lograr la sinergia de cada uno

de estos objetivos enfocados en el uso de las FNCE (Fuentes No Convencionales de Energía) se logrará la sostenibilidad energética.

9. La normativa ambiental en Colombia, es una herramienta útil para crear un campus verde, al generar obligaciones ambientales a las instituciones de educación superior (y para su cumplimiento, estas pueden incluir activamente a sus trabajadores y estudiantes), que al ser reforzadas en todos los niveles de educación, pueden crear una cultura ciudadana responsable con el medio ambiente. En Colombia, existen leyes sobre el manejo de desechos, cuidado de la flora y fauna, y uso racional de la energía y demás recursos. Sin embargo, la falta de organismos que controlen su cumplimiento y brinden acompañamiento, limita su potencial en el país; programas como el “PROURE” creado a partir de la Ley 697 de 2001 y la nueva Ley de energías renovables (ley 1715 de 2014) plantean incentivos para la investigación, educación e implementación de tecnologías para este tipo de generación. y promueve la generación de energía renovable.
10. Las universidades han sido y seguirán siendo el principal centro de investigación en búsqueda de soluciones energéticas sostenibles y conocimiento de las problemáticas sociales, para lograr que quien se encuentre en el entorno ambiental, mitigue su degradación. La EDS es una herramienta vibrante y fundamental para la creación de un campus verde, puesto que en ella se utiliza métodos de enseñanza donde los alumnos tienen un rol más activo. Su integración dentro de los diferentes programas de educación superior, no solo permite entonces brindar bases para decisiones ambientalmente responsables a los alumnos, profesores y demás miembros de la comunidad sino también forjar nuevos lazos entre la comunidad y mejorar su perfil profesional.
11. Este proyecto de grado en modalidad seminario de investigación presenta por sí mismo muchos elementos de la EDS. En primera instancia, potencia el trabajo en equipo, mientras se investiga sobre temas relacionados al

concepto campus verde. Conjuntamente, se presentó este conocimiento a miembros de la comunidad UIS mediante un seminario semanal, donde estos tenían un rol activo compartiendo sus opiniones e ideas y finalmente desarrollando una investigación que sienta las bases para el desarrollo eficiente y eficaz de un campus UIS sostenible con base a las experiencias de otros campus a nivel mundial.

12. Los intercambios energéticos y el impacto de una edificación sobre el ambiente incluyen muchos factores y cuenta con muchas herramientas para la mejora de su performance ambiental. Se escogió el estudio de la arquitectura bioclimática dentro de las variadas posibilidades, puesto que el clima cálido de la ciudad de Bucaramanga, es adecuado para aprovechar la temperatura ambiente, ventilación e iluminación natural. Se concluye lo siguiente respecto a las investigaciones y aplicaciones estudiadas:

- Se presentaron nuevas posibilidades para el para el aprovechamiento de recursos más allá de las convencionales. Entre estas se podría resaltar la ventilación natural para salas de cómputo, y la ventilación por efecto chimenea. Complementariamente al utilizarse sistemas mixtos para calefacción y enfriamiento se encontraron bombas geotérmicas, módulos refrigerantes activos y ductos de tela para el transporte del aire a través de la edificación.
- Los materiales también juegan un papel fundamental para garantizar el aislamiento térmico de la edificación y por lo tanto disminuir la carga térmica. Es por esto, que se presentan tendencias en el desarrollo de cristales para ventanas que presenten una menor pérdida térmica, pinturas de alto albedo y foto-cromáticas, y estructuras externas en concreto reforzado, puesto que cuenta con una gran masa térmica.
- En el caso de la iluminación natural, más allá de la iluminación tradicional por ventanas en las fachadas, también se evidencia una

tendencia de iluminación desde un atrio central al interior de la edificación. Todo esto complementado por diferentes elementos para la generación de sombra incluyendo la utilización de paneles solares para brindar un doble beneficio.

- Aunque no muy popular dentro de las edificaciones de la UIS, la utilización de pisos semienterrados o subterráneos también es una tendencia en las edificaciones universitarias estudiadas y en investigación, dado que cuentan con aislamiento térmico y sonoro proporcionado por la tierra, e incluso se cuenta con la posibilidad de emplear tragaluces para brindar iluminación natural al interior de los mismos.

12.RECOMENDACIONES

1. A partir de los debates realizados en cuestión de educación y socialización de los conceptos sostenibles y posibles aplicaciones en la UIS, se recomienda la creación de una cátedra universitaria abierta al público que trate temas sostenibles, debido a que en la mayoría de carreras no existen asignaturas específicas que traten dichos temas.
2. La implementación de la norma ISO 50001 hará que la universidad conozca más acerca de su estructura organizativa, consumo y uso energético. Esta experiencia permitiría a la UIS brindar información que podría ser aplicada en otros campus o edificios comerciales que buscan la certificación ISO 50001, convirtiéndose en un referente en la gestión energética.
3. Crear un medio de difusión en temas relacionados con campus verde más efectivo para generar una mayor interés y participación de la comunidad universitaria en la búsqueda del equilibrio entre el desarrollo profesional y la preservación del medio ambiente.
4. Las diferentes estrategias de arquitectura bioclimática son utilizadas en las diferentes edificaciones del campus central, dado que son parte de nuestra arquitectura tradicional. Sin embargo, es necesario incluir una evaluación durante el diseño y post ocupación para garantizar que las mismas brindan confort térmico, visual y calidad del aire interior a sus ocupantes.
5. Las redes eléctricas del campus universitario deben integrarse con las tecnologías de GD, con el fin de crear redes inteligentes que permitan controlar, operar y monitorizar cada variable del sistema eléctrico y con ello garantizar calidad y continuidad en el servicio, respuesta a la demanda y eficiencia energética.
6. Las herramientas multimedia y la educación online han sido utilizadas de manera muy prudente por la Universidad Industrial de Santander. Estas no deben desestimarse, puesto que podrían ser una herramienta de apoyo para impartir educación ambiental a absolutamente todos los estudiantes o

a toda la comunidad que no tiene la disponibilidad de tiempo o acceso a los diferentes campus. Esto mediante módulos abiertos, y de allí podría ir evolucionando de la mano con la comunidad según sea la respuesta de la misma.

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] V. A. (UIS), “Lineamientos para el Seminario de Investigación como Modalidad para el Desarrollo del Trabajo de Grado,” pp. 1 – 16, 2007.
- [2] M. Vélez, “El seminario investigativo,” Bucaramanga, pp 1 - 12, 2007.
- [3] N. Bravo, “El Seminario Investigativo, El Seminario como práctica pedagógica para la formación integral,” Universidad de Antioquia, Medellín, 2009.
- [4] V. Carlos Mario, “Apuntes de metodología de la investigación,” Bucaramanga, pp 1 - 17, 2005.
- [5] O. Carlos Alberto, “Lectura Seminario investigativo,” Universidad de Caldas, Manizales, pp 1 - 15, 2009.
- [6] Universidad Iberoamericana, “Ibero Campus Verde,” *Iniciat. Campus Verde*, pp. 1– 161, 2012.
- [7] E. A. Durán Velandia, *Energía eléctrica: alternativa energética para un transporte urbano sustentable en Colombia*. Bogota: CODENSA SA, 2009.
- [8] L. M. Guardela Contreras and I. Barrios Alvarado, “Colombia: ¿ En la vía del desarrollo sostenible?,” *Rev. derecho, Univ. del Norte.*, pp. 110–136, 2006.
- [9] United Nations Environment Programme (UNEP), “Assessing the environmental impacts of consumption and production,” 2010.
- [10] I. Rodomonti, “El desarrollo sostenible, humano y equitativo,” Buenos Aires, 2003.
- [11] Organización de las Naciones Unidas ONU, “Protocolo de Kyoto de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático,” 1998.
- [12] United Nations Environment Programme UNEP, “Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano,” 1975. [Online]. Available: <http://www.unep.org/geo/GE O3/spanish/040.htm>.
- [13] “Talloire Declaration,” 1990. [Online]. Available: <http://www.iisd.org/educate/declarat/talloire.htm>.
- [14] J. R. Johnston, “Declaración de Halifax, Principios y prioridades,” Halifax, 2001.

- [15] Y. Cruz López, “Marcos Internacionales clave sobre el rol de la educación superior para el desarrollo humano y social,” *Rev. i Congr. UPC*, 2008.
- [16] UE; European Universities Association, “Alianza Copernicus.”
- [17] ONU, “Asamblea Del Milenio De las Naciones Unidas,” 2000. [Online]. Available: <http://www.un.org/spanish/milenio/>.
- [18] K. A. Annan, “Informe del Milenio del Secretario General de las Naciones Unidas,” 2000. [Online]. Available: <http://www.un.org/spanish/milenio/sg/report/index.html>.
- [19] CEPAL, “El séptimo Objetivo de Desarrollo del Milenio,” 2007. [Online]. Available: <http://www.eclac.cl/mdg/go07/>.
- [20] Alianza Copernicus; GHESP, “Sustainable Bologna,” 2005.
- [21] CEPAL, A. Bárcena, A. Prado, J. L. Samaniego, R. Pérez, C. De Miguel, V. Torres, and H. Page, “La sostenibilidad del desarrollo a 20 años de la cumbre de la tierra. Avances, brechas y lineamientos estratégicos para América Latina y el caribe.” 2012.
- [22] Organización de las Naciones Unidas ONU, “Our Common Future - Brundtland Report,” 1987.
- [23] World Commission on Environment and Development, “Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future,” *UN documents*, 1987. [Online]. Available: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>.
- [24] “Sostenibility by New Hampshire University.” [Online]. Available: <http://www.sustainablenh.unh.edu/whatissustainability>.
- [25] “Sostenibility by Tacoma University.” [Online]. Available: <http://www.tacoma.uw.edu/about-uw-tacoma/about-sustainability-uw-tacoma>.
- [26] C. C. De Nava, “Manejo sustentable de los residuos,” no. 40, pp. 1–9, 2007.
- [27] P. Á. Meira Cartea, *Elogio de la educación ambiental*. 2006.
- [28] UNESCO, “Declaración Mundial Sobre Educación Para Todos,” Jomtien, Tailandia, 1990.

- [29] M. Dobb, *Teorías del valor y de la distribución desde Alan Smith*, Duodécima . Mexico, 2004.
- [30] G. Meier and D. Seers, *Pioneros del Desarrollo*. Madrid, España, 1986.
- [31] Ecoportal, "Dimensiones del desarrollo sostenible."
- [32] I. Aguado Moralejo, C. Echebarria Miguel, and J. Barrutia Legarreta, "El desarrollo sostenible a lo largo de la historia del pensamiento económico," *Rev. Econ. Mund.*, p. 25, 2009.
- [33] A. Gaona Pérez, "Desarrollo Sostenible y Desarrollo Solidario," *Rev. Comun.* 15, pp. 83–91, 2000.
- [34] M. Munasinghe, "Environmental economics and sustainable development," Washington, D.C., number 3, 1993.
- [35] PNUD, "Human development report 1990," 1990.
- [36] A. E. Rey and J. M. Álvarez-Campana Gallo, "Evaluación ambiental y desarrollo sostenible," in *Desarrollo sostenible: un nuevo concepto y un nuevo paradigma*, Primera Ed., Editores Pirámide, Ed. Madrid, España, 2007, p. 542.
- [37] R. Conde Hernandez, O. Gonzales castillo, and E. Mentieta Marquez, "Hacia una gestión sustentable del campus universitario," *Rev. casa del tiempo*,.
- [38] H. M. Alshuwaikhat and I. Abubakar, "An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices," *J. Clean. Prod.*, p. 9, 2008.
- [39] L. Cole, "Campus Sustainability Assessment Framework (CSAF)," 2003.
- [40] L. Newman, "Change, uncertainty, and futures of sustainable development," *Futures*, vol. 38, no. 5, pp. 633–637, Jun. 2006.
- [41] R. Lozano, "A tool for a Graphical Assessment of Sustainability in Universities (GASU)," *J. Clean. Prod.*, vol. 14, no. 9–11, pp. 963–972, Jan. 2006.
- [42] M. A. Quaddus and M. A. Siddique, "Modelling sustainable development planning: a multicriteria decision conferencing approach.," *Environ. Int.*, vol. 27, no. 2–3, pp. 89–95, 2001.

- [43] M. Shriberg, "Institutional assessment tools for sustainability in higher education: Strengths, weaknesses, and implications for practice and theory," *Int. J. Sustain. High. Educ.*, vol. 3, no. 3, pp. 254–270, 2002.
- [44] M. Lozano and J. Valles, "An analysis of the implementation of an environmental management system in a local public administration," *J. Environ. Manage.*, vol. 82, no. 4, pp. 495–511, 2007.
- [45] P. Viebahn, "An environmental management model for universities: from environmental guidelines to staff involvement," *Journal of Cleaner Production*, vol. 10, no. 1. pp. 3–12, 2002.
- [46] D. E. Allwright and I. Herremans, "Environmental management systems at North American universities: What drives good performance?," *International Journal of Sustainability in Higher Education*, vol. 1, no. 2. pp. 168–181, 2000.
- [47] G. A. Anaya Gomez, C. A. Avellaneda Miranda, and J. L. Cárdenas Rangel, "Influencia de parámetros de diseño de aplicaciones sostenibles sobre el consumo energético en las instalaciones del quinto piso del edificio de Ingeniería Eléctrica a partir de simulaciones con DesignBuilder. Tesis (Ingeniería eléctrica)," Universidad Industrial de Santander, 2013.
- [48] UNESCO and PNUMA, "Universidad y medio ambiente en América Latina y el Caribe," Bogotá, 1985.
- [49] W. M. Mora Penagos, "Respuesta de la Universidad a los problemas socio ambientales: la ambientalización del currículo en la educación superior," Bogotá, 2009.
- [50] L. Velazquez, N. Munguia, A. Platt, and J. Taddei, "Sustainable university: what can be the matter?," *J. Clean. Prod.*, vol. 14, no. 9–11, pp. 810–819, Jan. 2006.
- [51] A. J. D. Ferreira, M. A. R. Lopes, and J. P. F. Morais, "Environmental management and audit schemes implementation as an educational tool for sustainability," *Journal of Cleaner Production*, vol. 14, no. 9–11. pp. 973–982, 2006.
- [52] M. M. Muhammad Anis, "UI GreenMetric World University Ranking," 2014. [Online]. Available: <http://greenmetric.ui.ac.id/>.
- [53] United States Green Building Council, "LEED 2012 Weightings Process FAQs."

- [54] M. A. López Castellanos, Á. M. Rojas Herrera, and I. A. Ruiz Maldonado, “Análisis Energético del Edificio de Estudios Industriales y Empresariales según Lineamientos del Sistema de Certificación Leed a partir del uso de la Herramienta Autodesk Ecotect Analysis: Creación del Modelo de Información de la Edificación (BIM),” Universidad Industrial de Santander, 2012.
- [55] Y. Wang, H. Shi, M. Sun, D. Huisin, L. Hansson, and R. Wang, “Moving towards an ecologically sound society? Starting from green universities and environmental higher education,” *J. Clean. Prod.*, vol. 61, pp. 1–5, Dec. 2013.
- [56] L. Rene, D. Malasquez, and P. Urbana, “El desarrollo urbano sostenible en América latina y el Caribe: La Agenda Pendiente de los Gobiernos Locales,” 2006.
- [57] NTC and ISO, *NTC-ISO 14001*. 2004, pp. 1–28.
- [58] R. Navarro-Antúnez, C. Vintró-Sánchez, and J. Fortuny-Santos, “sistema de indicadores de gestión ambiental en una escuela de ingeniería industrial.” p. 13.
- [59] L. Kokrment and J. Rá, “Workflow support of corporate environmental communication and reporting,” vol. 2004, pp. 194–207, 2004.
- [60] “Pagina Oficial del GRI.” [Online]. Available: <https://www.globalreporting.org/Information/about-gri/Pages/default.aspx>.
- [61] “Historia del Global Reporting Initiative.” [Online]. Available: <https://www.globalreporting.org/information/about-gri/what-is-GRI/Pages/default.aspx>.
- [62] GRI, “Guía para la elaboración de Memorias de Sostenibilidad,” 2011.
- [63] Responsable.net, “GRI versión G4: ‘Guía para la elaboración de un informe de sostenibilidad,’” *GRI versión G4*, 2013. [Online]. Available: <http://www.responsable.net/responsabilidad-social/gri-version-g4-guia-para-elaboracion-informe-sostenibilidad>.
- [64] G. C. Carrizo, “Informes Contables de Responsabilidad Social Empresaria,” 2007.
- [65] R. Lozano, “The state of sustainability reporting in universities,” *Int. J. Sustain. High. Educ.*, vol. 12, no. 1, pp. 67–78, 2011.

- [66] “Definicion EMAS - Pagina Oficial - European Commission.” [Online]. Available: http://ec.europa.eu/environment/emas/tools/faq_en.htm#Section1Question1.
- [67] Diario Oficial de la Unión Europea, *reglamento (ce) no 1221/2009 del parlamento europeo y del consejo*. 2009. 2009.
- [68] EMAS, *EMAS CASE STUDIES: University of Macedonia – Greece*. 2005.
- [69] V. L. I. Ferreira, “Implementation of EMAS at the Polytechnic University of Valencia,” 2011. [Online]. Available: <http://www.guninetwork.org/resources/good-practices/good-practices-listing/implementation-of-emas-at-the-polytechnic-university-of-valencia>.
- [70] S. Starzynski, “Environmental Management at Kiel University.” [Online]. Available: <http://www.klik.uni-kiel.de/en/environmental-management>.
- [71] D. I. Herr, “ENVIRONMENTAL MANAGEMENT AT TU DRESDEN.” [Online]. Available: http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/portrait/umweltmanagementtud/document_view?set_language=en.
- [72] U. Brandenburg, “Brandenburg University of Technology - University distinctions.” [Online]. Available: <http://www.b-tu.de/b-tu/index.php?id=1058&L=1>.
- [73] M. Hönig, “Recognition for University of Tübingen Environmental Policy.” [Online]. Available: http://www.uni-tuebingen.de/uploads/media/11-11-10EMAS_engl.pdf.
- [74] Diario Oficial de la Unión Europea, *DECISIÓN DE LA COMISIÓN*. 2011.
- [75] U. Europea, “El Sistema de Gestión y Auditoría Medioambientales de la UE.” 2011.
- [76] M. J. Bastante-Ceca, R. V. Cebolla, D. Collado-Ruiz, and B. Pacheco-Blanco, “Análisis comparativo de los sistemas de información ambiental empleados en las universidades,” Jul-2012.
- [77] AASHE, “Start Technical Manual - Version 2.0,” 2013.
- [78] P. Rowland, “STARS Ratings Pass 100 Institution Mark,” 2011. [Online]. Available: <http://www.aashe.org/highlights/press-releases/stars-ratings-pass-100-institution-mark>.

- [79] C. POLANCO, “instituciones de educación superior y colegios sostenibles,” 2012.
- [80] CSY, “Web of Sierra Youth Coalition - CSAF: Campus Sustainability Assessment Framework.” [Online]. Available: <http://syc-cjs.org/sc/tools>.
- [81] C. S. Club, “CHBE Sustainability Club Fostering Sustainability at UBC - Campus Sustainability Assessment Framework (CSAF).” [Online]. Available: <http://blogs.ubc.ca/sustainabilityclub/about/projects/departmental-sustainability-assessment/>.
- [82] ISCN, “International Sustainable Campus Network - ISCN. Page official.” [Online]. Available: <http://www.international-sustainable-campus-network.org/about/introduction-and-analysis.html>.
- [83] L. P. Gomes do Amaral, “Gestão da sustentabilidade nas organizações : uma nova metodologia,” p. 210, 2013.
- [84] J. Newman, “Implementation Guidelines to the ISCN-GULF Sustainable Campus Charter - Suggested reporting contents and format,” pp. 1–19, 2010.
- [85] J. J. DUDERSTADT, “Global Sustainability and the Responsibilities of Universities,” pp. 1–341.
- [86] J. Martinez, “sistemas de gestión medioambiental,” in *Apuntes de clase SGM*, Universitat de València, 2006.
- [87] B. ÁLVAREZ, “EDA. Evaluación de Desempeño Ambiental, ISO 14031,” in *Descripcion de herramientas ISO 14000*, 2003.
- [88] P. Gonzalez and L. Perez, “Sistemas de Evaluacin del Desempeo Ambiental para la Industria de Celulosa y Papel Moderna.”
- [89] R. Abraín Sánchez, “Sistemas de Gestión Ambiental en las universidades españolas,” 2013.
- [90] “ISO 14001: Beneficios de los sistemas de gestión ambiental,” 2008. [Online]. Available: <http://www.orbitaverde.com/iso-14001-beneficios-sistemas-gestion-ambiental-8939>.
- [91] “La Universidad Industrial de Santander recibe del Icontec la renovación de la Certificación de Calidad,” 2012. [Online]. Available: <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-308848.html>.

- [92] N. Roorda, *AISHE Book - Auditing Instrument for Sustainability in Higher Education*. 2001, p. 119.
- [93] Aashe, "STARS TECHNICAL MANUAL," 2013.
- [94] "LIFE INDEX: LEARNING IN FUTURE ENVIRONMENTS," 2013. [Online]. Available: <http://www.thelifeindex.org.uk/uk/about-life/New-pages-Dec/Accreditation.html>.
- [95] GRI, "GRI Certified Software and Tools Pricing Policy," 2013.
- [96] C. Ghuliani, "What the GRI's G4 Guidelines Mean for the Future of Sustainability Reporting."
- [97] NTC-ISO, *EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL - DIRECTRICES*. 2000.
- [98] ISCN, "Web Page official: International Sustainable Campus Network - ISCN." [Online]. Available: <http://www.international-sustainable-campus-network.org/membership/membership-dues.html>.
- [99] "Implementation Guidelines to the ISCN-GULF Sustainable Campus Charter," 2010.
- [100] UPME, "Normativa Ambiental Y Sanitaria." [Online]. Available: http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm#BM2_1_Normas_y_principios_ambientales_co.
- [101] F. J. POSADA VELEZ, MARIA ADELAIDA; CORREA RESTREPO, "Análisis del desarrollo sostenible en colombia: estado del arte .," Universidad de Medellin, 2008.
- [102] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, "Tratados y Convenios Internacionales." [Online]. Available: <http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?conID=1292&catID=556>.
- [103] Gestión Ambiental. Universidad Industrial de Santander, "Legislación Ambiental," *Universidad Industrial de Santander*. [Online]. Available: <http://www.uis.edu.co/webUIS/es/gestionAmbiental/legislacionAmbiental/index.html>. [Accessed: 03-Dec-2013].

- [104] D. C. P. M. E. Esty, "Regulation and Performance : A Leading Indicator of Future Competitiveness ?," *Glob. Compet. report.- Geneva World Econ. forum*, p. 93.
- [105] M. Rodríguez Becerra, "Amenazas ambientales se han agravado en los últimos 15 años," *Revista Cambio*, 2008.
- [106] J. A. Salinas Mejía, "La Política Ambiental y su Institucionalidad en Colombia," *Revista electrónica de Derecho Ambiental*, 2010.
- [107] A. Márquez, "En Senado confían en que el medio ambiente tendrá Ministerio propio." [Online]. Available: <http://www.senado.gov.co/sala-de-prensa/noticias/item/10985-en-senado-conf?an-en-que-el-medio-ambiente-tendr?-ministerio-propio>.
- [108] L. C. Valencia Pérez, "Análisis de la política de conservación ambiental colombiana," 2010, pp. 19–20.
- [109] The Organisation for Economic Co-operation and Development, "OECD / IEA JOINT WORKSHOP ON SUSTAINABLE BUILDINGS : TOWARDS SUSTAINABLE USE OF BUILDING STOCK," p. 10, 2004.
- [110] The city of Bloomington, "Green Building Costs." [Online]. Available: <https://bloomington.in.gov/green-building-costs>. [Accessed: 24-Apr-2014].
- [111] G. H. Kats, "Green Building Costs and Financial Benefits," 2003.
- [112] Green Building Council España, "VERDE NE Residencial y oficinas V1.a," pp. 22–28, 2012.
- [113] Green Building Council España, "Certificación VERDE," *Green Building Council España*, 2013. [Online]. Available: <http://www.gbce.es/pagina/certificacion-verde>. [Accessed: 03-Dec-2013].
- [114] Green Building Council España, "VERDE NE Equipamiento V1.c," 2012.
- [115] Green Building Council España, "Listado de edificios: Centros Educativos.," 2013. [Online]. Available: [http://www.gbce.es/es/edificios?title=&field_promotor_value=&field_direccion_value=&field_tipologia_value_many_to_one\[\]=6](http://www.gbce.es/es/edificios?title=&field_promotor_value=&field_direccion_value=&field_tipologia_value_many_to_one[]=6). [Accessed: 26-Apr-2014].
- [116] United States Green Building Council, "LEED BD+C: Schools | v4 Indoor water use reduction," 2014. [Online]. Available:

<http://www.usgbc.org/node/2611746?return=/credits/schools---new-construction/v4/water-efficiency>. [Accessed: 09-Jan-2014].

- [117] United States Green Building Council, "LEED BD+C: Schools | v4 Optimize energy performance," 2014. [Online]. Available: <http://www.usgbc.org/node/2614274?return=/credits/schools---new-construction/v4/energy-&-atmosphere>. [Accessed: 09-Jan-2014].
- [118] United States Green Building Council, "LEED BD+C: Schools | v4 Rainwater management," 2014. [Online]. Available: <http://www.usgbc.org/node/2764291?return=/credits/schools---new-construction/v4/sustainable-sites>. [Accessed: 09-Jan-2014].
- [119] United States Green Building Council, "LEED for New Construction in Schools (v4): Scorecard," p. 1, 2014.
- [120] United States Green Building Council, "About LEED," 2013. [Online]. Available: <http://www.usgbc.org/articles/about-leed>. [Accessed: 06-Dec-2013].
- [121] T. Arango, "En Colombia hay 109 proyectos registrados para Leed.," *La Republica*, Bogoya, 2013.
- [122] BRE Group, "BREEAM in numbers." [Online]. Available: <http://www.breeam.org/page.jsp?id=559>.
- [123] BRE Group, "Scheme Document SD 5051 BREEAM Education 2008," Watford, 2012.
- [124] BRE Group, "BREEAM International New Construction. Tecnical Manual SD5075," 2013.
- [125] BRE Group, "BREEAM Certified Projects." [Online]. Available: <http://www.greenbooklive.com/search/scheme.jsp?id=202>. [Accessed: 08-Dec-2013].
- [126] Green Building Council Australia, "Green Star overview." [Online]. Available: <http://www.gbca.org.au/green-star/green-star-overview/>. [Accessed: 08-Dec-2013].
- [127] Green Building Council of Australia, "Green Star rating calculation," 2008. [Online]. Available: <http://www.gbca.org.au/green-star/green-star-overview/green-star-rating-calculation/>. [Accessed: 27-Apr-2014].

- [128] Green Building Council Australia, "Green Star Project Directory," 2013. [Online]. Available: <http://www.gbca.org.au/project-directory.asp>.
- [129] Japan GreenBuild Council; Japan Sustainable Building Consortium, "The Background of CASBEE Development," *IBEC*. [Online]. Available: <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/backgroundE.htm>. [Accessed: 09-Dec-2013].
- [130] Japan GreenBuild Council; Japan Sustainable Building Consortium, "The Assessment Method Employed by CASBEE," *IBEC*. [Online]. Available: <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/methodE.htm>. [Accessed: 03-Dec-2013].
- [131] M. S. Bs. MRICS, "A COMPARISON OF BREEAM AND LEED ENVIRONMENTAL ASSESSMENT METHODS," no. November, 2011.
- [132] W. L. Lee and J. Burnett, "Benchmarking energy use assessment of HK-BEAM, BREEAM and LEED," *Build. Environ.*, vol. 43, no. 11, pp. 1882–1891, Nov. 2008.
- [133] A. Sharifi and A. Murayama, "Neighborhood sustainability assessment in action: Cross-evaluation of three assessment systems and their cases from the US, the UK, and Japan," *Build. Environ.*, vol. 72, pp. 243–258, Feb. 2014.
- [134] A. Appelbaum, "LEED 2012: THE USGBC ADDS TEETH, REAL-TIME REPORTING TO ITS GREEN BUILDING RATINGS," *Fastcompany*, 2011. [Online]. Available: <http://www.fastcompany.com/1777188/leed-2012-usgbc-adds-teeth-real-time-reporting-its-green-building-ratings>. [Accessed: 09-Dec-2013].
- [135] Y. Schwartz and R. Raslan, "Variations in results of building energy simulation tools, and their impact on BREEAM and LEED ratings: A case study," *Energy Build.*, vol. 62, pp. 350–359, Jul. 2013.
- [136] C. M. Stoppel and F. Leite, "Evaluating building energy model performance of LEED buildings: Identifying potential sources of error through aggregate analysis," *Energy Build.*, vol. 65, pp. 185–196, Oct. 2013.
- [137] J. H. Scofield, "Efficacy of LEED-certification in reducing energy consumption and greenhouse gas emission for large New York City office buildings," *Energy Build.*, vol. 67, pp. 517–524, Dec. 2013.

- [138] C. Schnaars and H. Morgan, "In U.S. building industry, is it too easy to be green?," *USA TODAY*, 2013. [Online]. Available: <http://www.usatoday.com/story/news/nation/2012/10/24/green-building-leed-certification/1650517/>. [Accessed: 10-Dec-2013].
- [139] B. Henry, "Ohio Looks at Banning LEED," *Architect*, 2013. [Online]. Available: <http://architect.com/news/article/87216976/ohio-looks-at-banning-leed>. [Accessed: 10-Dec-2013].
- [140] K. Jhonson, "Skanska Unit Exits U.S. Chamber of Commerce," *The Wall Street Journal*, 2013. [Online]. Available: <http://online.wsj.com/news/articles/SB10001424127887324867904578594152247691008>. [Accessed: 10-Dec-2013].
- [141] United States Green Building Council, "LEED 2012 FAQ."
- [142] Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, "Certificaciones," *Consejo Colombiano de Construcción Sostenible*, 2011. [Online]. Available: <http://www.cccs.org.co/construccion-sostenible/certificacion-de-edificaciones>. [Accessed: 10-Dec-2013].
- [143] RCN, "Sello Ambiental Colombiano para Edificaciones Sostenibles," *RCN*, 2013. [Online]. Available: <http://www.rsnoticias.com/noticias/item/1260-sello-ambiental-colombiano-para-edificaciones-sostenibles.html>. [Accessed: 10-Dec-2013].
- [144] D. Trillos Orduz, "SELLO AMBIENTAL COLOMBIANO PARA EDIFICACIONES Y PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN," in *Camara de Comercio de Medellin*, 2013, pp. 32–49.
- [145] R. J. Koester, J. Eflin, and J. Vann, "Greening of the campus: a whole-systems approach," *J. Clean. Prod.*, vol. 14, no. 9–11, pp. 769–779, Jan. 2006.
- [146] L. Velazquez, N. Munguia, A. Platt, and J. Taddei, "Sustainable university: what can be the matter?," *J. Clean. Prod.*, vol. 14, no. 9–11, pp. 810–819, Jan. 2006.
- [147] O. Saadatian, K. Bin Sopian, and E. Salleh, "Adaptation of sustainability community indicators for Malaysian campuses as small cities," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 6, pp. 40–50, Feb. 2013.

- [148] A. Clarke and R. Kouri, "Choosing an appropriate university or college environmental management system," *J. Clean. Prod.*, vol. 17, no. 11, pp. 971–984, Jul. 2009.
- [149] D. Spirovski, a. Abazi, I. Iljazi, M. Ismaili, G. Cassulo, and a. Venturin, "Realization of a Low Emission University Campus Through the Implementation of a Climate Action Plan," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 46, pp. 4695–4702, Jan. 2012.
- [150] Y. Geng, K. Liu, B. Xue, and T. Fujita, "Creating a 'green university' in China: a case of Shenyang University," *J. Clean. Prod.*, vol. 61, pp. 13–19, Dec. 2013.
- [151] C. Kościelniak, "A consideration of the changing focus on the sustainable development in higher education in Poland," *J. Clean. Prod.*, vol. 62, pp. 114–119, Jan. 2014.
- [152] S. Sedlacek, "The role of universities in fostering sustainable development at the regional level," *J. Clean. Prod.*, vol. 48, pp. 74–84, Jun. 2013.
- [153] T. Waas, a. Verbruggen, and T. Wright, "University research for sustainable development: definition and characteristics explored," *J. Clean. Prod.*, vol. 18, no. 7, pp. 629–636, May 2010.
- [154] U. (vanguardia L. Clara Lucía, "Dos universidades de Bucaramanga están entre las más verdes del mundo," 2014. [Online]. Available: <http://www.vanguardia.com/santander/bucaramanga/245530-dos-universidades-de-bucaramanga-estan-entre-las-mas-verdes-del-mundo>.
- [155] G. A. Osma Pinto, "Uso Racional de la Energía a partir del Diseño de Aplicaciones Sostenibles en el Edificio Eléctrica II de la Universidad Industrial de Santander," Universidad Industrial de Santander, 2011.
- [156] Escuela de Ingeniería Civil, "Plan de Estudios de Ingeniería civil," Bucaramanga, 1.
- [157] Departamento de Gestión Ambiental, "Programa uso racional de la energía (ure)," Bucaramanga, pp. 1 - 5, 2011.
- [158] D. C. José Vicente and G. F. Algemiros José, "Generación de Energía Eléctrica a partir de una Bicicleta Estática: Montaje de una Unidad Generadora Piloto," Universidad Industrial de Santander, 2014.

- [159] A. P. Jhon Dairo and B. G. César, “Estudio Técnico de Potenciales Aplicaciones Domóticas en Seguridad para el Edificio Eléctrica II,” Universidad Industrial de Santander, 2011.
- [160] Y. B. Lizarazu Basto and L. A. Torres Salazar, “Diseño de un sistema de generación eléctrica fotovoltaica y una red eléctrica en corriente continua en baja tensión para el nuevo edificio de eléctrica II de la Universidad Industrial de Santander,” Universidad Industrial de Santander, 2010.
- [161] B. V. Wilson Armando and B. P. Arnoldo, “Estudio de Factibilidad Técnica y Financiera del uso del Biogás Obtenido del Excremento de Ganado para Suplir Necesidades Energéticas en el Sector Rural,” Universidad Industrial de Santander, 2010.
- [162] R. M. Nelson Andrés, “Estudio de Factibilidad Técnica y Financiera de Utilización de Biomasa para Suplir Necesidades Energéticas en el Edificio de Bienestar Universitario,” Universidad Industrial de Santander, 2010.
- [163] C. B. Diana Carolina and M. C. Idania Yuliany, “Tecnología LED: Revisión de Aplicaciones como Alternativa para Entornos Sostenibles,” Universidad Industrial de Santander, 2010.
- [164] Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales, “CEIAM.” [Online]. Available:
<http://www.uis.edu.co/webUIS/es/investigacionExtension/acreditacionLaboratorios/laboratorioCEIAM/index.html>.
- [165] CEIAM, “XII Seminario Internacional del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible,” Bucaramanga, 2011.
- [166] Vicerrectoría de Investigación y Extensión UIS, “jóvenes investigadores,” 5 de Julio de 2011, 2011. [Online]. Available:
<https://www.uis.edu.co/webUIS/es/investigacionExtension/nuestrosResultados/jovenesInvestigadores.html>.
- [167] Departamento de Gestión Ambiental, “Programa de calidad de aire y control de ruido,” Bucaramanga, pp. 1 - 5, 2011.
- [168] Departamento de Gestión Ambiental, “Programa conservación y manejo de la flora y fauna,” Bucaramanga, pp. 1 - 5, 2011.
- [169] Departamento de Gestión Ambiental, “Programa Cultura Ambiental,” Bucaramanga, pp. 1 - 5, 2012.

- [170] Departamento de Gestión Ambiental, “Programa gestión general de residuos,” Bucaramanga, pp. 1 - 5, 2012.
- [171] Departamento de Gestión Ambiental, “Uso Racional de Agua (URA),” Bucaramanga, pp. 1 - 5, 2011.
- [172] RCN radio, “En la UIS reunión de 22 universidades del mundo en SUMA,” *Al día con las noticias (monitoreo de prensa)*, Bucaramanga, p. 1, 21-Feb-2011.
- [173] J. Yarce, “Universidad Industrial de Santander coordinará Proyecto Alfa III,” Bucaramanga, pp. 1 - 3, 2011.
- [174] J. P. Espinosa, “Aplicabilidad del sistema LEED en el entorno colombiano,” Universidad de los Andes, 2009.
- [175] M. Granados Piedrahita and O. Palacio León, “La Construcción de Naves Industriales bajo la Metodología LEED.,” Universidad Militar Nueva Granada, 2009.
- [176] D. Luque, Daniel Obregón Prado Cadena and S. A. Patiño Ramírez, “Proyecto de Construcción con Certificación LEED en Viviendas de Interés Social en Colombia,” 2012.
- [177] Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, “Certificaciones.” [Online]. Available: <http://www.cccs.org.co/construccion-sostenible/que-es>.
- [178] A. M. Fernández Bastos and J. J. Arango Mendoza, “Análisis Energético del Edificio de Estudios Industriales y Empresariales según Lineamientos del Sistema de Certificación LEED a partir del Uso de la Herramienta Autodesk Ecotect Analysis: Calibración del Building Information Model (BIM),” Universidad Industrial de Santander, 2013.
- [179] D. J. Arévalo Parga, “Implementación del Sistema de Certificación LEED en Colombia,” p. 17, 2013.
- [180] L. Nc, “LEED 2009 para nueva Construcción y Grandes Remodelaciones Versión 3.0,” pp. 1–74, 2004.
- [181] L. Nc, “Appendix D : LEED 2009 vs . LEED 2 . 2 New Construction and Major Renovations Appendix D : LEED 2009 vs . LEED 2 . 2 New Construction and Major Renovations,” pp. 1–13, 2010.

- [182] S. C. de ISO and UNIDO, "National Standards Bodies in Developing Countries," Genève, p. 104, 2013.
- [183] S. C. de ISO, *ISO 50001*. Ginebra, 2011, p. 16.
- [184] ISO, "Norma Internacional ISO 19011," vol. 2011, 2011.
- [185] S. C. de ISO, "ISO – A trusted partner for development donors," p. 8.
- [186] ISO, "Colaboración entre la Organización Internacional del Trabajo y la Organización Internacional de Normalización," vol. 5, pp. 1–9, 2007.
- [187] M. Huhn, "What is management?," *Int. J. Manag. Concepts ...*, 2005.
- [188] S. Electric, "ISO 50001 Maximizing Your Energy Efficiency Through Proven Standards Transcript," p. 13, 2013.
- [189] W. Kahlenborn, S. Kabisch, J. Klein, I. Richter, and S. Schürmann, *Energy Management Systems in Practice: 50001 A guide for Companies and Organisations*. Berlin, 2012, p. 115.
- [190] V. Acoltzi and H. Pérez, "ISO 50001, Gestión de Energía," p. 161, 2008.
- [191] A. Carretero, J. Manuel, and G. Sánchez, *Gestión de la eficiencia energética : cálculo del consumo, indicadores y mejora. .*
- [192] S. E. Performance, "Superior Energy Performance FAQs," pp. 1–15, 2013.
- [193] T. S. Iberia, "ISO 50001 Sistema de gestión de energía," 2013.
- [194] A. C. de E. E. AChEE, "Guía de Implementación Sistema de Gestión de la Energía basado en la ISO 50001," 2012.
- [195] A. A. Currey, "CICS ' Quick Guide to ISO 50001 , the New Energy Management System Standard."
- [196] C. Alejandro and V. Obando, "Diseño e Implementación de la Etapa Inicial de un Sistema de Gestión Integral (ISO 14001 e ISO 50001) para el Laboratorio de Energías Alternativas y Eficiencia Energética (LEAEE) de la EPN," Escuela Politécnica Nacional, 2013.
- [197] C. E. M. and I. P. for E. E. Cooperation, "Global Energy Management System Implementation : Case Study," p. 6.

- [198] J. P. Batmale, C. Gilles, and R. Hart, “A Compelling Combination : ISO 50001 and Resource Acquisition Introduction to ISO 50001,” no. June 2011, pp. 1–13, 2013.
- [199] M. V. Jorge, “Factibilidad de la Norma ISO 50001 en la Central Hidroeléctrica ‘ Carlos Mora Carrión ,” 2013.
- [200] P. Therkelsen, A. Mckane, and P. Scheihing, “Assessing the Costs and Benefits of the Superior Energy Performance Program,” no. July, 2013.
- [201] D. B. Goldstein, N. Resources, and D. Council, “Developing a Suite of Energy Performance Indicators (EnPIs) to Optimize Outcomes,” vol. 50001, pp. 1–7, 2013.
- [202] Sustainable Energy Authority of Ireland, “Leading the way in Energy Management.”
- [203] I. Energylab and A. de E. de E. Energética, “Sistemas de Gestión Energética. Casos de Éxito,” 2014.
- [204] C. R. and Sustainability, “Energy and Climate Change,” pp. 2012–2013, 2013.
- [205] Stena AB, “Stena AB Sustainability Report 2013,” 2013.
- [206] S. Ab, “ANNUAL REVIEW 2012,” 2012.
- [207] I. S. O. Organización, “Servicing the services sector,” vol. 3, no. 3, p. 50, 2012.
- [208] Sunday Times, “Heritage Ahungalla, first Sri Lankan hotel to be ISO 50001 certified,” 2011. [Online]. Available: <http://www.sundaytimes.lk/111225/BusinessTimes/bt38.html>.
- [209] Enerit Ltd, “Case Study 1st University Worldwide to Achieve ISO 50001 Certification,” 2011.
- [210] SEAI, *Tyndall National Institute , one of the first research institutes to obtain ISO 50001 certification.* 2012.
- [211] E. Magazine, “Sustainable Ireland,” vol. 6, no. 4, p. 36, 2011.
- [212] ISO, “FuturEnergy,” vol. 2, no. 5, 2011.

- [213] Internacional District Energy Association, “Massachusetts institute of technology,” 2004.
- [214] S. Hockfield and C. Act, “MIT Efficiency Forward exceeds electricity reduction goal,” pp. 50–51, 2011.
- [215] U. S. D. of Energy, “Call for Projects for Commercial Building Partnerships,” no. November, 2009.
- [216] B. M. Craven, “Greening MIT logo and behavior change posters enhance energy reduction initiative campaign Print smarter,” 2009.
- [217] K. Parrish and L. Berkeley, “Early Lessons Learned from Building an ISO 50001 : Conformant Energy Management System for MIT,” pp. 271–283, 2012.
- [218] G. Wright, “University reduces carbon emissions by 11 per cent and total energy savings by.”
- [219] J. H. Scofield, “Do LEED-certified buildings save energy? Not really...,” *Energy Build.*, vol. 41, no. 12, pp. 1386–1390, Dec. 2009.
- [220] H. Xiong, D. Fu, C. Duan, C. Liu, X. Yang, and R. Wang, “Current status of green curriculum in higher education of Mainland China,” *J. Clean. Prod.*, vol. 61, pp. 100–105, Dec. 2013.
- [221] G. Müller-Christ, S. Sterling, R. van Dam-Mieras, M. Adomßent, D. Fischer, and M. Rieckmann, “The role of campus, curriculum, and community in higher education for sustainable development – a conference report,” *J. Clean. Prod.*, vol. 62, pp. 134–137, Jan. 2014.
- [222] K. H. Al-Rawahy, “Engineering Education and Sustainable Development: The Missing Link,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 102, no. lfee 2012, pp. 392–401, Nov. 2013.
- [223] W. Wei and L. Yongzhong, “Exploration of Education for Sustainable Developmentof Art University Students,” 2009.
- [224] M. del Bartolomé, Rocío; Pozo, “Modalidades de atención a la infancia 2,” in *Técnico superior en Educación Infantil. Reforma LOE*, Mcgraw-hill Interamericana de España, pp. 28–29.
- [225] M. Barth, M. Adomßent, D. Fischer, S. Richter, and M. Rieckmann, “Learning to change universities from within: a service-learning perspective on

- promoting sustainable consumption in higher education,” *J. Clean. Prod.*, vol. 62, pp. 72–81, Jan. 2014.
- [226] R. Lozano, F. J. Lozano, K. Mulder, D. Huisingh, and T. Waas, “Advancing Higher Education for Sustainable Development: international insights and critical reflections,” *J. Clean. Prod.*, vol. 48, pp. 3–9, Jun. 2013.
- [227] P. Jones, D. Selby, and S. R. Sterling, *Sustainability Education: Perspectives and Practice Across Higher Education*. Earthscan, 2010, pp. 43–44.
- [228] W. Zeng, “The thinking and exploring of the civil engineering education under the sustainable development,” *2011 Int. Conf. Remote Sensing, Environ. Transp. Eng.*, pp. 8712–8715, Jun. 2011.
- [229] J. L. Anderson, C. Taylor, S. Chenoweth, J. Livingston, A. Watt, R. Devasher, and J. M. Williams, “Communicating Sustainability : Sustainability and Communication in the Engineering , Science , and Technical Communication Classrooms Rose-Hulman Institute of Technology Abstract,” 2008.
- [230] J. Varkuleviciene and O. Motiejunaite, “Green Classes as an Element of Natural Science Education in Consumer Society,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 83, pp. 506–513, Jul. 2013.
- [231] S. Lenzholzer and R. D. Brown, “Climate-responsive landscape architecture design education,” *J. Clean. Prod.*, vol. 61, pp. 89–99, Dec. 2013.
- [232] J. Thomassian and A. Desai, “Work in Progress - Developing a Curriculum for a Minor in ‘ Sustainability ’ by the Incorporation of Quality Function Deployment (QFD) Techniques,” pp. 2–3, 2009.
- [233] P. G. Ranky and O. Kalaba, “Sustainable lean six-sigma green engineering system design educational challenges and interactive multimedia solutions,” *2012 IEEE Int. Symp. Sustain. Syst. Technol.*, pp. 1–6, May 2012.
- [234] J. M. Schoenung, O. a. Ogunseitan, and D. a. Eastmond, “Research and Education in Green Materials: A multi-disciplinary program to bridge the gaps,” *2009 IEEE Int. Symp. Sustain. Syst. Technol.*, pp. 1–6, May 2009.
- [235] O. P. Hall, D. Ph, and P. Brown, “The Growing Role of e-learning on Sustainable Growth : Applications to Management Education,” pp. 7–9, 2009.

- [236] A. Grau and Y. Bolea, "Virtual Laboratory for Modeling Systems: A Sustainable Approach," *IECON 2006 - 32nd Annu. Conf. IEEE Ind. Electron.*, pp. 478–483, Nov. 2006.
- [237] T. C. Kandpal and L. Broman, "Renewable energy education: A global status review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 34, pp. 300–324, Jun. 2014.
- [238] E. C. Pappas, R. G. Kander, A. I. August, and J. Madison, "Sustainable Engineering Design at James Madison," 2008.
- [239] S. Gombert-Courvoisier, V. Sennes, M. Ricard, and F. Ribeyre, "Higher Education for Sustainable Consumption: case report on the Human Ecology Master's course (University of Bordeaux, France)," *J. Clean. Prod.*, vol. 62, pp. 82–88, Jan. 2014.
- [240] H. Kopnina, "Education for sustainable development (ESD): Exploring anthropocentric–ecocentric values in children through vignettes," *Stud. Educ. Eval.*, Jan. 2014.
- [241] P. Jones, C. J. Trier, and J. P. Richards, "Embedding Education for Sustainable Development in higher education: A case study examining common challenges and opportunities for undergraduate programmes," *Int. J. Educ. Res.*, vol. 47, no. 6, pp. 341–350, Jan. 2008.
- [242] A. Disterheft, S. Caeiro, U. M. Azeiteiro, and W. L. Filho, "Sustainable universities – a study of critical success factors for participatory approaches," *J. Clean. Prod.*, pp. 1–11, Jan. 2014.
- [243] R. F. Sari and I. K. Andrianto, "Implementation of Biological Diversity Information System for Sustainable Environment in Campus," pp. 244–248, 2013.
- [244] A. Damluji and I. C. Gilchrist, "Teaching old dogs new tricks.," *Catheter. Cardiovasc. Interv.*, vol. 82, no. 1, pp. 9–10, Jul. 2013.
- [245] T. C. Kelly, I. G. Mason, M. W. Leiss, and S. Ganesh, "University community responses to on-campus resource recycling," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 47, no. 1, pp. 42–55, May 2006.
- [246] M. A. Vicente-Molina, A. Fernández-Sáinz, and J. Izagirre-Olaizola, "Environmental knowledge and other variables affecting pro-environmental behaviour: comparison of university students from emerging and advanced countries," *J. Clean. Prod.*, vol. 61, pp. 130–138, Dec. 2013.

- [247] X. Yuan and J. Zuo, "A critical assessment of the Higher Education For Sustainable Development from students' perspectives – a Chinese study," *J. Clean. Prod.*, vol. 48, pp. 108–115, Jun. 2013.
- [248] Y. OLARTE ARDILA, ANA BETZABE; SANABRIA RUIZ, "Factibilidad para la creación de una fundación para el progreso y desarrollo sostenible de la provincia colombiana, con sede en el municipio de Barbosa Santander," Universidad Industrial de Santander, 2005.
- [249] H. L. Ardila Jaimes, Nancy Mireya; Herrera Villamizar, "Estimación del nivel de desarrollo sostenible estudio del caso: El corregimiento de Llano de Palmas del municipio de Rionegro-Santander," Universidad Industrial de Santander, 2006.
- [250] H. Acevedo Pinilla, Cristian Mauricio; Pabón Barajas, "Estudio de factibilidad para el establecimiento de un sistema integral agropecuario sostenible 'SIAS' con énfasis en la seguridad alimentaria para los pobladores del Sur de Cesar con el programa de desarrollo y paz del Magdalena Medio (PDPMM)," Universidad Industrial de Santander, 2008.
- [251] D. C. Ayala Guerrero, Yeimi Caterine; Morales Gualdrón, Leidy Carolina; Uribe Alvarez, "Observatorio regional para el desarrollo humano sostenible: Alternativa para visionar el futuro de las políticas públicas en el departamento de Santander," Universidad Industrial de Santander, 2008.
- [252] J. R. Bautista Bautista, Libardo Hover; Perez Landinez, "El desarrollo local: una aproximación a partir de un modelo productivo de desarrollo sostenible (municipio de Lebrija, de partamento de Santander)," Universidad Industrial de Santander, 2009.
- [253] M. Toncel Rosado, Juanelis; Betancur Serrano, "Ecoturismo como estrategia de desarrollo sostenible en el departamento de la Guajira," Universidad Industrial de Santander, 2009.
- [254] E. C. HERNANDEZ PEREZ, "Intervención profesional de trabajo social para la promoción de la participación infantil y juvenil en procesos de sostenibilidad socio-ambiental; estrategia Movimientos Hereder@s del planeta Asociación para el desarrollo sostenible 'SEMILLAS,'" Universidad Industrial de Santander, 2011.
- [255] J. M. CARRENO MENDOZA, "Diseño de un elemento didáctico modular para el aprendizaje de los principios básicos de un estilo de vida Eco-Sustentables a partir de una propuesta ambientalmente sostenibles como

parte de una de las líneas de producto de la empresa didácticos PINOCHO S,” Universidad Industrial de Santander, 2013.

- [256] R. C. LOPEZ QUIROGA, “Implementación de la química sostenible en la asignatura laboratorio de Química I del plan de estudio de Química,” Universidad Industrial de Santander, 2010.
- [257] M. M. FORERO NOVA, MAYRA ALEJANDRA; MENDEZ BOHORQUEZ, CRISTIAN EDUARDO; MENESES AMAYA, JULY KATHERINE; MANTILLA ROMERO, “La responsabilidad social frente al compromiso del desarrollo sostenible,” Universidad Industrial de Santander, 2013.
- [258] H. H. Pineda Carrero, Jose Nicolas; Hernandez Vega, “Ley de Agua: ¿Racionalidad o privatización? El problema de la conciencia ciudadana en el marco del desarrollo sostenible,” Universidad Industrial de Santander, 2008.
- [259] University of Nottingham, “Careers and Employability Service Nottingham Advantage Award Module Guide.” 2013.
- [260] University of Nottingham, “Nottingham Advantage Award.” [Online]. Available:
<http://www.nottingham.ac.uk/careers/students/advantageaward/index.aspx>. [Accessed: 12-Jun-2014].
- [261] University of Nottingham, “The Award cares about sustainability,” 2013. [Online]. Available:
<http://blogs.nottingham.ac.uk/advantageaward/2013/11/27/the-award-cares-about-sustainability/>. [Accessed: 12-Jun-2014].
- [262] University College Cork, “MEngSc (Sustainable Energy),” *University College Cork calendar*, 2013. [Online]. Available:
<http://www.ucc.ie/calendar/postgraduate/Masters/engineering/page06.html>. [Accessed: 19-Jun-2014].
- [263] University College Cork, “Book of Modules 2013/2014 - Electrical Engineering,” *Book of Modules 2013/2014*, 2013. [Online]. Available:
<http://www.ucc.ie/modules/descriptions/EE.html>. [Accessed: 19-Jun-2014].
- [264] University College Cork, “CE6007 Energy Systems Modelling,” *Book of Modules 2013/2014*, 2013. [Online]. Available:
<http://www.ucc.ie/modules/descriptions/CE.html#CE6007>. [Accessed: 19-Jun-2014].

- [265] Office of Environmental Policy: University of Connecticut, "Environmental Literacy EPAC Workgroup," *Office of Environmental Policy: University of Connecticut*. [Online]. Available: <http://ecohusky.uconn.edu/outreach/index.html>. [Accessed: 22-Jun-2014].
- [266] Office of Environmental Policy: University of Connecticut, "UConn's Campus Sustainability Fund," *Office of Environmental Policy: University of Connecticut*. [Online]. Available: <http://ecohusky.uconn.edu/CSF.html>. [Accessed: 22-Jun-2014].
- [267] Office of Environmental Policy: University of Connecticut, "Sustainable Depictions," *Office of Environmental Policy: University of Connecticut*. [Online]. Available: <http://ecohusky.uconn.edu/outreach/sustainable-depictions.html>. [Accessed: 22-Jun-2014].
- [268] The University of Plymouth, "MSc in Learning for Sustainability (MLS): Programme Specification," *Univ. Plymouth*, no. September 2006, 2007.
- [269] The University of Plymouth, "MSc Learning for Sustainability: flyer," *Univ. Plymouth*.
- [270] The University of Plymouth, "MSc Learning for Sustainability," *The University of Plymouth*, 2014. [Online]. Available: <http://www1.plymouth.ac.uk/courses/postgraduate/3296/Pages/CourseOverview.aspx>.
- [271] The University of Plymouth, "Programme structure," *The University of Plymouth*, 2014. [Online]. Available: <http://www1.plymouth.ac.uk/courses/postgraduate/3296/Pages/CourseDetail.aspx>. [Accessed: 24-Jun-2014].
- [272] The University of Melbourne, "Campus as a Laboratory," *The University of Melbourne*, 2013. [Online]. Available: http://sustainablecampus.unimelb.edu.au/sustainability_research/campusAsLaboratory.html. [Accessed: 27-Jun-2014].
- [273] THE CAMBRIDGE green CHALLENGE: Environment and Energy, "Living Laboratory for Sustainability," *The University of Cambridge*, 2014. [Online]. Available: <http://www.environment.admin.cam.ac.uk/getting-involved/living-laboratory-sustainability>. [Accessed: 27-Jun-2014].
- [274] "Gardens in the sky," *Voice*, Melbourne, 2013.

- [275] The University of Melbourne, “Current Projects,” *The University of Melbourne*, 2013. [Online]. Available: http://sustainablecampus.unimelb.edu.au/sustainability_research/current_research.html. [Accessed: 27-Jun-2014].
- [276] Sustainability Unit, “Campus as a Laboratory Working Group report- October 2012,” Melbourne, 2012.
- [277] THE CAMBRIDGE green CHALLENGE, “Living Laboratory Annual Report 2012-2013,” Cambridge, 2013.
- [278] EdX, “About us,” *EdX*, 2014. [Online]. Available: <https://www.edx.org/about-us>. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [279] Coursera, “About us,” *Coursera*, 2014. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/about/>. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [280] E. Fischer, Lyla; Donald, James; Brown, “edX Demo,” *edX*, 2014. [Online]. Available: https://www.edx.org/course/edx/edx-edxdemo101-edx-demo-1038#.U7AuV_I5O6x. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [281] P. F. Mitros, K. K. Afridi, G. J. Sussman, and C. J. Terman, “Teaching Electronic Circuits Online : Lessons from MITx ’ s 6.002x on edX,” *IEEE*, pp. 2–5, 2013.
- [282] edX, “HOW IT WORKS,” *edX*, 2014. [Online]. Available: <https://www.edx.org/how-it-works>. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [283] edX, “Environmental Studies,” *edX*, 2014. [Online]. Available: <https://www.edx.org/course-list/allschools/environmental-studies/allcourses>. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [284] The University of Florida (UF), “Una gestión sostenible de las tierras cultivables,” *Coursera*, 2013. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/course/sustainableag>. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [285] Northwestern University, “¿Qué tan respetuoso del medio ambiente es ese producto? Una introducción al análisis del ciclo de vida,” *Coursera*, 2014. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/course/introtolca>. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [286] The University of Illinois at Urbana-Champaign, “Una producción alimentaria sostenible por medio de la apropiada gestión sanitaria del ganado,”

- Coursera*, 2014. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/course/sustainablefood>. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [287] The University of Florida (UF), “La carne y su producción merecen toda nuestra atención,” *Coursera*, 2014. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/course/meatweeat>. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [288] The University of Minnesota, “Sostenibilidad de los sistemas alimenticios: una perspectiva global de su ciclo,” *Coursera*, 2014. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/course/globalfoodsystems>. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [289] The University of Florida (UF), “Energía sostenible a nivel global: pasado, presente y futuro,” *Coursera*, 2014. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/course/globalenergy>. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [290] S. D. The University of California, “El cambio climático en cuatro dimensiones,” *Coursera*, 2014. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/course/4dimensions>. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [291] The University of Illinois at Urbana-Champaign, “Introducción a la sostenibilidad,” *Coursera*, 2014. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/course/sustain>. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [292] The University of Chicago, “Calentamiento global: la ciencia del cambio climático,” *Coursera*, 2014. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/course/globalwarming>. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [293] The University of Pennsylvania, “Sostenibilidad en la práctica,” *Coursera*, 2014. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/course/sustaininprac>. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [294] The University of Illinois at Urbana-Champaign, “Ecología del aprendizaje virtual,” *Coursera*, 2014. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/course/elearning>. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [295] Lund University, “Greening the Economy: Lessons from Scandinavia,” *Coursera*, 2014. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/course/greeningtheeconomy>. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [296] Columbia University, “La época del desarrollo sostenible,” *Coursera*, 2014. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/course/susdev>. [Accessed: 29-Jun-2014].

- [297] The University of Manchester, “La salud mundial y el humanitarismo,” *Coursera*, 2014. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/course/health>. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [298] Copenhagen Business School (CBS), “Emprendimiento social,” *Coursera*, 2014. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/course/socialentrepeneur>. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [299] Universiteit Leiden & University of Geneva, “Retos presentados por los asuntos internacionales,” *Coursera*, 2014. [Online]. Available: https://www.coursera.org/specialization/globalaffairs/3?utm_medium=catalog Spec. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [300] The Pennsylvania State University, “Creativity, Innovation, and Change,” *Coursera*, 2014. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/course/cic>. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [301] Wesleyan University, “Cómo cambiar el mundo,” *Coursera*, 2014. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/course/changetheworld>. [Accessed: 29-Jun-2014].
- [302] Sistema de Información Académica de la Universidad Nacional de Colombia, “Información de la Asignatura,” *Sistema de Información Académica de la Universidad Nacional de Colombia*. [Online]. Available: http://www.sia.unal.edu.co/academia/apoyo-administrativo/ConsultaContenidos.do?action=Info&idAsignatura=20686&idSession_hd=&txtIdAsignatura=&txtNombreAsignatura=.
- [303] O. G. Duarte, “Taller de Proyectos Interdisciplinarios: presentación,” 2010.
- [304] J. C. Cañón Rodríguez, “Taller de proyectos interdisciplinarios: reflexiones y comentarios de apertura,” no. 19. 21-Dec-2009.
- [305] D. Sierra, “Bienvenido a la pagina de Taller de Proyectos Interdisciplinarios,” *sites.google*, 2013. [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/tallerdeproyectosun/home>.
- [306] “TallerDeProyectosInterdisciplinarios,” *tallerdeproyectosinterdisciplinarios.wikispaces*, 2009. [Online]. Available: <http://tallerdeproyectosinterdisciplinarios.wikispaces.com/>.

- [307] “Taller de proyectos interdisciplinarios,” *tallerdeproyectosinterdisciplinarios.wikispaces*. [Online]. Available: http://dieeun.wikispaces.com/file/view/objetivos_equivalentes_TPI.pdf.
- [308] J. Salazar Contreras, “Taller de Proyectos Interdisciplinarios: una experiencia innovadora.” WEEF 2012, pp. 15–20, 2012.
- [309] “Taller de proyectos interdisciplinarios programación de presentaciones del primerr informe de avance,” *tallerdeproyectosinterdisciplinarios.wikispaces*, 2009. [Online]. Available: http://tallerdeproyectosinterdisciplinarios.wikispaces.com/file/view/presentaciones_primer_informe_de_avance.pdf/89665605/presentaciones_primer_informe_de_avance.pdf.
- [310] Tami, “reYUse, the Lowdown on Getting Free Stuff at YorkU,” *sustainability@yorku*, 2013. [Online]. Available: <http://sustainability.blog.yorku.ca/2013/02/reuse-the-lowdown-on-getting-free-stuff-at-yorku/>. [Accessed: 06-Jul-2014].
- [311] ReYUse: York University, “Listings,” *ReYUse: York University*. .
- [312] YFile, “reYUse and give a new life to old stuff,” *YFile*, 2013. [Online]. Available: <http://yfile.news.yorku.ca/2013/02/13/green-tip-of-the-week-reuse-and-give-a-new-life-to-old-stuff/>. [Accessed: 06-Jul-2014].
- [313] B. The University of California, “Documenting Sustainability Courses and Research,” *The University of California, Berkeley*. [Online]. Available: <http://sustainability.berkeley.edu/academics-and-learning>. [Accessed: 03-Jul-2014].
- [314] Harvard University, “Thank-Q Survey Yields Successful Feedback for HLS Green Living Program,” *Harvard University*, 2013. [Online]. Available: <http://www.green.harvard.edu/news/thank-q-survey-yields-successful-feedback-hls-green-living-program>. [Accessed: 03-Jul-2014].
- [315] Office of Environmental Policy: University of Connecticut, “Environmental Awareness Survey,” *Office of Environmental Policy: University of Connecticut*, 2010. [Online]. Available: <http://ecohusky.uconn.edu/outreach/survey.html>. [Accessed: 03-Jul-2014].
- [316] Vicerrector Académico; Subdirectora Académica; Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia; Jefe División Recursos Humanos; Profesional Vicerrectoría Académica; Profesional Planeación, “Procedimiento para la evaluación docente,” Bucaramanga, 2008.

- [317] O. F. Acevedo, Maria Carolina; Rey, Juan Manuel; Vergara, Pedro Pablo; Benavides, “Diagnóstico de la situación actual y formulación del plan estratégico que promueva el desarrollo sostenible en la Universidad Industrial de Santander,” Bucarama, 2013.
- [318] D. Kolokotsa, D. Rovas, E. Kosmatopoulos, and K. Kalaitzakis, “A roadmap towards intelligent net zero- and positive-energy buildings,” *Sol. Energy*, vol. 85, no. 12, pp. 3067–3084, Dec. 2011.
- [319] A. a. Maciel, B. Ford, and R. Lamberts, “Main influences on the design philosophy and knowledge basis to bioclimatic integration into architectural design—The example of best practices,” *Build. Environ.*, vol. 42, no. 10, pp. 3762–3773, Oct. 2007.
- [320] J. Zuo and Z.-Y. Zhao, “Green building research—current status and future agenda: A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 30, pp. 271–281, Feb. 2014.
- [321] A. Chronis, K. a. Liapi, and I. Sibetheros, “A parametric approach to the bioclimatic design of large scale projects: The case of a student housing complex,” *Autom. Constr.*, vol. 22, pp. 24–35, Mar. 2012.
- [322] J. Shane, “Positioning Your Library for Solar (and Financial) Gain. Improving Energy Efficiency, Lighting, and Ventilation with Primarily Passive Techniques,” *J. Acad. Librariansh.*, vol. 38, no. 2, pp. 115–122, Mar. 2012.
- [323] Y. Hua, A. Oswald, and X. Yang, “Effectiveness of daylighting design and occupant visual satisfaction in a LEED Gold laboratory building,” *Build. Environ.*, vol. 46, no. 1, pp. 54–64, Jan. 2011.
- [324] a Omer, “Renewable building energy systems and passive human comfort solutions,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 12, no. 6, pp. 1562–1587, Aug. 2008.
- [325] M. K. Singh, S. Mahapatra, and S. K. Atreya, “Adaptive thermal comfort model for different climatic zones of North-East India,” *Appl. Energy*, vol. 88, no. 7, pp. 2420–2428, Jul. 2011.
- [326] J. F. Humphreys, M.A.; Nicol, “Outdoor temperature and indoor thermal comfort: raising the precision of the relationship for the 1998 ASHARE database of field studies,” in *Symposium, ASHRAE Transactions*, vol. 106, pt. 2, 2000.

- [327] L. Yang, "Climatic Analysis Techniques and architectural Design Strategies for Bioclimatic Design," 2003.
- [328] R. J. De Dear and G. S. Brager, "Thermal comfort in naturally ventilated buildings : revisions to ASHRAE Standard 55," vol. 34, pp. 549–561, 2002.
- [329] P. Cohen, O. Potchter, and A. Matzarakis, "Human thermal perception of Coastal Mediterranean outdoor urban environments," *Appl. Geogr.*, vol. 37, pp. 1–10, 2013.
- [330] W. Collinge, A. E. Landis, A. K. Jones, L. a. Schaefer, and M. M. Bilec, "Indoor environmental quality in a dynamic life cycle assessment framework for whole buildings: Focus on human health chemical impacts," *Build. Environ.*, vol. 62, pp. 182–190, Apr. 2013.
- [331] M. Taleghani, L. Kleerekoper, M. Tenpierik, and A. van den Dobbelsteen, "Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands," *Build. Environ.*, Mar. 2014.
- [332] T. E. Morakinyo, A. A. Balogun, and O. B. Adegun, "Comparing the effect of trees on thermal conditions of two typical urban buildings," *Urban Clim.*, vol. 3, pp. 76–93, May 2013.
- [333] N. Gaitani, G. Mihalakakou, and M. Santamouris, "On the use of bioclimatic architecture principles in order to improve thermal comfort conditions in outdoor spaces," *Build. Environ.*, vol. 42, no. 1, pp. 317–324, Jan. 2007.
- [334] O. D. Corbella and M. a. a. a. Magalhães, "Conceptual differences between the bioclimatic urbanism for Europe and for the tropical humid climate," *Renew. Energy*, vol. 33, no. 5, pp. 1019–1023, May 2008.
- [335] J. Eiraji and S. A. Namdar, "Sustainable systems in Iranian traditional architecture," *Procedia Eng.*, vol. 21, pp. 553–559, Jan. 2011.
- [336] M. K. Singh, S. Mahapatra, and S. K. Atreya, "Solar passive features in vernacular architecture of North-East India," *Sol. Energy*, vol. 85, no. 9, pp. 2011–2022, Sep. 2011.
- [337] a. Benardos, I. Athanasiadis, and N. Katsoulakos, "Modern earth sheltered constructions: A paradigm of green engineering," *Tunn. Undergr. Sp. Technol.*, vol. 41, pp. 46–52, Mar. 2014.

- [338] M. Haase and a. Amato, “An investigation of the potential for natural ventilation and building orientation to achieve thermal comfort in warm and humid climates,” *Sol. Energy*, vol. 83, no. 3, pp. 389–399, Mar. 2009.
- [339] C. Hachem, P. Fazio, and A. Athienitis, “Solar optimized residential neighborhoods: Evaluation and design methodology,” *Sol. Energy*, vol. 95, pp. 42–64, Sep. 2013.
- [340] Ecotect Resources Community WIKI, “Climate: Optimum Orientation,” *Ecotect Resources Community WIKI*, 2014. [Online]. Available: http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/Optimum_Orientation. [Accessed: 26-May-2014].
- [341] C. Hachem, A. Athienitis, and P. Fazio, “Parametric investigation of geometric form effects on solar potential of housing units,” *Sol. Energy*, vol. 85, no. 9, pp. 1864–1877, Sep. 2011.
- [342] M. Amado and F. Poggi, “Towards Solar Urban Planning: A New Step for Better Energy Performance,” *Energy Procedia*, vol. 30, pp. 1261–1273, Jan. 2012.
- [343] S. S. Irwan, “Roof Angle for Optimum Thermal and Energy Performance of Insulated Roof,” no. December, pp. 7–8, 2009.
- [344] Equipo editorial de construccion Vilssa, “Qué es un tubo solar,” *Edificae Vilssa Magazine arquitectura y construcción*, 2014. [Online]. Available: <http://www.construccion-y-reformas.vilssa.com/articulos/que-es-un-tubo-solar>.
- [345] D. Vázquez-Moliní, M. González-Montes, A. Álvarez Fernández-Balbuena, Á. García-Botella, W. Pohl, T. Galan, and E. Bernabéu, “Horizontal daylighting system for office buildings,” *Energy Build.*, vol. 67, no. march 2006, pp. 525–530, Dec. 2013.
- [346] F. Sharp, D. Lindsey, J. Dols, and J. Coker, “The use and environmental impact of daylighting,” *J. Clean. Prod.*, Apr. 2014.
- [347] T. C. Y. Leung, P. Rajagopalan, and R. Fuller, “Performance of a daylight guiding system in an office building,” *Sol. Energy*, vol. 94, pp. 253–265, Aug. 2013.
- [348] D. Caicedo, A. Pandharipande, and F. M. J. Willems, “Daylight-adaptive lighting control using light sensor calibration prior-information,” *Energy Build.*, vol. 73, pp. 105–114, Apr. 2014.

- [349] A. Pandharipande and D. Caicedo, "Daylight integrated illumination control of LED systems based on enhanced presence sensing," *Energy Build.*, vol. 43, no. 4, pp. 944–950, Apr. 2011.
- [350] N. van de Meughevel, A. Pandharipande, D. Caicedo, and P. P. J. van den Hof, "Distributed lighting control with daylight and occupancy adaptation," *Energy Build.*, vol. 75, pp. 321–329, Jun. 2014.
- [351] P. Ihm, A. Nemri, and M. Krarti, "Estimation of lighting energy savings from daylighting," *Build. Environ.*, vol. 44, no. 3, pp. 509–514, Mar. 2009.
- [352] A. Ahmed, M. Otreba, N. E. Korres, H. Elhadi, and K. Menzel, "Assessing the performance of naturally day-lit buildings using data mining," *Adv. Eng. Informatics*, vol. 25, no. 2, pp. 364–379, Apr. 2011.
- [353] T. Schulze and U. Eicker, "Controlled natural ventilation for energy efficient buildings," *Energy Build.*, vol. 56, pp. 221–232, Jan. 2013.
- [354] A. A. Jamaludin, H. Hussein, A. R. Mohd Ariffin, and N. Keumala, "A study on different natural ventilation approaches at a residential college building with the internal courtyard arrangement," *Energy Build.*, vol. 72, pp. 340–352, Apr. 2014.
- [355] X. Su, X. Zhang, and J. Gao, "Evaluation method of natural ventilation system based on thermal comfort in China," *Energy Build.*, vol. 41, no. 1, pp. 67–70, Jan. 2009.
- [356] S. J. Emmerich, B. Polidoro, and J. W. Axley, "Impact of adaptive thermal comfort on climatic suitability of natural ventilation in office buildings," *Energy Build.*, vol. 43, no. 9, pp. 2101–2107, Sep. 2011.
- [357] H. Altan, I. Ward, J. Mohelnikova, and F. Vajkay, "An internal assessment of the thermal comfort and daylighting conditions of a naturally ventilated building with an active glazed facade in a temperate climate," *Energy Build.*, vol. 41, no. 1, pp. 36–50, Jan. 2009.
- [358] M. P. Deuble and R. J. de Dear, "Green occupants for green buildings: The missing link?," *Build. Environ.*, vol. 56, pp. 21–27, Oct. 2012.
- [359] J. Okitsu, K. Naono, S. A. Sulaiman, N. Zakaria, and A. Oxley, "Towards greening a campus grid: Free cooling during unsociable hours," *2012 IEEE Conf. Control. Syst. Ind. Informatics*, pp. 202–207, Sep. 2012.

- [360] D. Kolokotsa, P. Maravelaki-Kalaitzaki, S. Papantoniou, E. Vangeloglou, M. Saliari, T. Karlessi, and M. Santamouris, "Development and analysis of mineral based coatings for buildings and urban structures," *Sol. Energy*, vol. 86, no. 5, pp. 1648–1659, May 2012.
- [361] K. P. Tsagarakis, K. Karyotakis, and N. Zografakis, "Implementation conditions for energy saving technologies and practices in office buildings: Part 2. Double glazing windows, heating and air-conditioning," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 6, pp. 3986–3998, Aug. 2012.
- [362] A. Fontanini, M. G. Olsen, and B. Ganapathysubramanian, "Thermal comparison between ceiling diffusers and fabric ductwork diffusers for green buildings," *Energy Build.*, vol. 43, no. 11, pp. 2973–2987, Nov. 2011.
- [363] T. Karlessi, M. Santamouris, K. Apostolakis, a. Synnefa, and I. Livada, "Development and testing of thermochromic coatings for buildings and urban structures," *Sol. Energy*, vol. 83, no. 4, pp. 538–551, Apr. 2009.
- [364] O. Saadatian, K. Sopian, E. Salleh, C. H. Lim, S. Riffat, E. Saadatian, A. Toudeshki, and M. Y. Sulaiman, "A review of energy aspects of green roofs," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 23, pp. 155–168, Jul. 2013.
- [365] M. Santamouris, "Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments," *Sol. Energy*, vol. 103, pp. 682–703, May 2014.
- [366] U. Berardi, A. GhaffarianHoseini, and A. GhaffarianHoseini, "State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs," *Appl. Energy*, vol. 115, pp. 411–428, Feb. 2014.
- [367] DC Greenworks, "what is a green roof?," *DC Greenworks*, 2011. [Online]. Available: <http://dcgreenworks.org/programs/rainwater-conservation-and-reuse/green-roofs-2-0/>.
- [368] W. Nyuk Hien, T. Puay Yok, and C. Yu, "Study of thermal performance of extensive rooftop greenery systems in the tropical climate," *Build. Environ.*, vol. 42, no. 1, pp. 25–54, Jan. 2007.
- [369] F. Bianchini and K. Hewage, "How 'green' are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials," *Build. Environ.*, vol. 48, pp. 57–65, Feb. 2012.

- [370] G. Pérez, A. Vila, L. Rincón, C. Solé, and L. F. Cabeza, "Use of rubber crumbs as drainage layer in green roofs as potential energy improvement material," *Appl. Energy*, vol. 97, pp. 347–354, Sep. 2012.
- [371] M. Y. Pulido Suarez, Oscar Alejandro; Meneses Silva, "Evaluación de las estrategias de confort visual y térmico establecidas para el edificio de ingeniería eléctrica según lineamientos del sistema de certificación LEED a partir de la herramienta DESIGNBUILDER," Universidad Industrial de Santander, 2012.
- [372] M. A. Arango Mendoza, Juan Jose; Fernandez Bastos, "Análisis energético del edificio de estudios industriales y empresariales según lineamientos del sistema de certificación LEED a partir del uso de la herramienta Autodesk Ecotect Analisis," Universidad Industrial de Santander, 2013.
- [373] L. Herrera Silva, Fabián Ricardo; Camargo Rivera, Karim Leonardo; Bonilla Suarez, "Diseño e implementación de un sistema de iluminación LED controlado su intensidad luminosa de manera remota," Universidad Industrial de Santander, 2012.
- [374] R. R. Barrera Mendoza, Omar; Martínez Arías, "Selección de tecnologías de iluminación mixtos (natural-artificial) para edificaciones," Universidad Industrial de Santander, 2012.
- [375] R. A. Román Jiménez, "Diseño de un sistema dómico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico," Universidad Industrial de Santander, 2011.
- [376] L. Caballero Grimaldos, Elsy Johana; Hernandez Rodríguez, Luis Fernando; Saldana Rodriguez, "Evaluación, rediseño y automatización del sistema de iluminación del edificio instituto de lenguas del campus central de la universidad industrial de Santander con énfasis en el RETILAP," Universidad Industrial de Santander, 2013.
- [377] A. M. Arevalo Espinel, Daniel Fernando; Mantilla Cancino, Edwin Jovanny; Sachica Perez, "Monitoreo, soporte operativo y documental del sistema de automatización del nuevo edificio de la E3T," Universidad Industrial de Santander, 2013.
- [378] D. Domenicali, "Daniele Domenicali Photographer: CSET Building - Mario Cucinella - Ningbo, China," *Daniele Domenicali*. [Online]. Available: <http://www.danieledomenicali.com/index.php?page=F&id=010>. [Accessed: 13-Jun-2014].

- [379] World Building Directory, "Project in Detail: Centre for Sustainable Energy Technologies, CSET, Ningbo," *World Building Directory*, 2008. [Online]. Available: <http://www.worldbuildingsdirectory.com/project.cfm?id=766>. [Accessed: 13-Jun-2014].
- [380] P. Panagiotidis, "Centre for Sustainable Energy Technologies by MC Architects," *Yatzer*, 2009. [Online]. Available: <http://www.yatzer.com/Centre-for-Sustainable-Energy-Technologies-by-MC-Architects>. [Accessed: 13-Jun-2014].
- [381] Mario Cucinella Architects, "CSET - Centre for Sustainable Energy Technologies," *Mario Cucinella Architects*. [Online]. Available: <http://www.mcarchitects.it/project/cset-1>. [Accessed: 13-Jun-2014].
- [382] The University of Nottingham, "Centre for Sustainable Energy Technologies (CSET)," *The University of Nottingham*. [Online]. Available: <http://www.nottingham.edu.cn/en/cset/index.aspx>. [Accessed: 13-Jun-2014].
- [383] The University of Nottingham, "Centre for Sustainable Energy Technologies (CSET) - About the Centre," *The University of Nottingham*. [Online]. Available: <http://www.nottingham.edu.cn/en/cset/aboutthecentre/aboutthecenter.aspx>. [Accessed: 13-Jun-2014].
- [384] BAM building, "UCC GATEWAY BUILDING," *BAM Contractors*. [Online]. Available: <http://www.bamcontractors.ie/divisions/bam-building/building-projects/education/ucc-gateway-building.htm>. [Accessed: 21-Jun-2014].
- [385] Scott Tallon Walker Architects, "University College Cork Western Gateway," *Scott Tallon Walker Architects*. [Online]. Available: <http://www.stwarchitects.com/project-information.php?p=09993&t=g>. [Accessed: 21-Jun-2014].
- [386] D. Keohane, Michael F. Leonard, "UCC's Western Gateway Building - a Case Study for the Integration of Low Temperature Heating & High Temperature Cooling Systems," *J. Sustain. Eng. Des.*, vol. 1, no. 1, 2011.
- [387] "Location and Directions," *Irish Learning Technology Association*. [Online]. Available: <http://ilta.ie/edtech/edtech-2013/location-and-directions/>.
- [388] HK Engineering Solutions Limited, "Western Gateway Building," *HK Engineering Solutions Limited*. [Online]. Available: http://www.hkengineering.ie/?page_id=93.

- [389] J. Minutillo, "Genome Sciences Building," *GreenSource Magazine*, 2014. [Online]. Available: http://greensource.construction.com/green_building_projects/2014/genome-sciences-building-som-chapel-hill-north-carolina.asp. [Accessed: 23-Jun-2014].
- [390] World Building Directory, "University of North Carolina Bell Tower District Master Plan and Genome Science Building," *World Building Directory*, 2013. [Online]. Available: <http://www.worldbuildingsdirectory.com/project.cfm?id=5304>. [Accessed: 23-Jun-2014].
- [391] The University of North Carolina at Chapel Hill, "GENOME SCIENCES BUILDING." The University of North Carolina at Chapel Hill, pp. 1–2.
- [392] O. & M. Skidmore, "Integrated Design for a Sustainable Future," *Skidmore, Owings & Merrill*. [Online]. Available: <https://www.somchina.cn/publication/integrated-design-sustainable-future>. [Accessed: 23-Jun-2014].
- [393] Tom Rossiter Photography, "Genome ScienceS Building University of North Carolina at Chapel Hill," *Affiliated Engineers, Inc*, 2013. [Online]. Available: http://www.aeieng.com/markets/projects/UNC_Genome_Sciences_Building/.
- [394] C. Ciraulo, "Genome Sciences Building Chapel Hill, North Carolina (USA)," *Behance*. [Online]. Available: <https://www.behance.net/gallery/5937027/Genome-Sciences-Building>.
- [395] Sundt Construction, "Sundt Completes Veterinary Medicine Building at University of California, Davis," *Sundt Construction*, 2013. [Online]. Available: <http://www.sundt.com/media/news-room/sundt-completes-veterinary-medicine-building-at-university-of-california-davis/>. [Accessed: 25-Jun-2014].
- [396] B. Green Building Research Center, at the University of California, "UC Davis, Veterinary Medicine 3B," *Green Build. Res. Center, Univ. California, Berkeley.*, pp. 1–3, 2009.
- [397] Andrew, "Veterinary Medicine Research Facility 3B Grand Opening," *Google Maps*, 2013. [Online]. Available: <https://maps.google.com/maps/ms?ie=UTF8&oe=UTF8&msa=0&msid=202077301271114182055.0004d6572911bcdcf5857&dg=feature>. [Accessed: 25-Jun-2014].

- [398] Education Design Showcase, "University of California Veterinary Medicine Building 3B," *Education Design Showcase*. [Online]. Available: <http://www.educationdesignshowcase.com/view.esiml?pid=212>. [Accessed: 25-Jun-2014].
- [399] The UC Davis School of Veterinary Medicine, "Veterinary Medicine Research Facility 3B – Celebrating Discovery," *The UC Davis School of Veterinary Medicine*, 2013. [Online]. Available: <http://www.vetmed.ucdavis.edu/whatsnew/article.cfm?id=2678>. [Accessed: 25-Jun-2014].
- [400] Loisos + Ubbelohde, "UC Davis Veterinary Medicine Laboratory," *Loisos + Ubbelohde*, 2013. [Online]. Available: <http://www.coolshadow.com/consulting/ucdavis.html>. [Accessed: 25-Jun-2014].
- [401] Sundt Construction, "University of California Davis – Veterinary Medicine 3B Building," *Sundt Construction*, 2014. [Online]. Available: <http://www.sundt.com/projects/university-of-california-davis-veterinary-medicine-3b-building/>.
- [402] S. D. The University of California, "University of California , San Diego. STARS Snapshot," 2012.
- [403] R. Graham, "UCSD Sustainability Center Awarded LEED Gold Certification - February 28, 2011," *UCSD Sustainability Solutions Institute*, 2011. [Online]. Available: http://ssi.ucsd.edu/index.php?option=com_content&view=article&id=441:sustainability-center-awarded-leed-gold-certification-march-7-2011&catid=8:newsflash&Itemid=20. [Accessed: 28-Jun-2014].
- [404] at the U. Green Building Research Center and B. of California, "UCSD Sustainability Resource Center DC-DC Lighting Project," 2010.
- [405] C. Clark, "UC San Diego Unveils Sustainability Resource Center," *The UC San Diego News Center*, 2009. [Online]. Available: <http://ucsdnews.ucsd.edu/archive/newsrel/events/11-09SRC.asp>. [Accessed: 28-Jun-2014].
- [406] PRLog, "New Sustainability Resource Center opens at UCSD," *PRLog*, 2009. [Online]. Available: <http://www.prlog.org/10442545-new-sustainability-resource-center-opens-at-ucsd.html>. [Accessed: 28-Jun-2014].

- [407] G. Maps, "Price Center," *Google Maps*, 2014. [Online]. Available: <https://www.google.com/maps/place/Price+Center,+Gilman+Dr/@32.8796994,-117.2373502,228m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x80dc06c475b1e9f7:0x356e430db0ed6572>.
- [408] Chipper Hatter Photography, "UCSD SUSTAINABILITY RESOURCE CENTER," *CITIZEN Design Studio SUSTAINABLE GREEN DESIGN*. [Online]. Available: <http://www.citizenarch.com/ucsd-sustainability-resource-center/>.
- [409] University of Oxford, "New Biochemistry building opens," *University of Oxford*, 2008. [Online]. Available: http://www.ox.ac.uk/media/news_stories/2008/081212_1.html. [Accessed: 30-Jun-2014].
- [410] Europaconcorsi, "New Biochemistry building. University of Oxford," *Europaconcorsi*. [Online]. Available: <http://europaconcorsi.com/projects/156874-Hawkins-Brown-New-Biochemistry-building-University-of-Oxford>. [Accessed: 30-Jun-2014].
- [411] Estates Services University of Oxford, "Sustainable buildings," *University of Oxford*, 2011. [Online]. Available: <http://www.admin.ox.ac.uk/estates/environment/sustainablebuildings/>. [Accessed: 30-Jun-2014].
- [412] Building, "Weird science," *Building*, 2009. [Online]. Available: <http://www.building.co.uk/weird-science/3132272.article>. [Accessed: 30-Jun-2014].
- [413] World Building Directory, "New Biochemistry Building, University of Oxford," *World Building Directory*, 2009. [Online]. Available: <http://www.worldbuildingsdirectory.com/project.cfm?id=1376>. [Accessed: 30-Jun-2014].
- [414] Tim Crocker Photography, "New Biochemistry building. University of Oxford 1/7," *Europaconcorsi*, 2009. [Online]. Available: <http://europaconcorsi.com/projects/156874-Hawkins-Brown-New-Biochemistry-building-University-of-Oxford/images/2370313>.
- [415] Tim Crocker Photography, "New Biochemistry building. University of Oxford 5/7," *Europaconcorsi*, 2009. [Online]. Available: <http://europaconcorsi.com/projects/156874-Hawkins-Brown-New-Biochemistry-building-University-of-Oxford/images/2370340>.

- [416] D. Alati, "Lighten Up," *Contract Magazine*, 2009. [Online]. Available: http://www.contractdesign.com/contract/ls/Archived-Article-1403.shtml?articletitle=DESIGN-FEATURES_EDUCATION_DESIGN_LightenUp_153.xml. [Accessed: 30-Jun-2014].
- [417] Building, "Buffer zone," *Building*, 2009. [Online]. Available: <http://www.building.co.uk/Journals/Graphic/m/p/v/bufferzone.gif>.
- [418] T. R. E. Rumsey, Peter; Bulger, Neil; Wenisch, Joe; Disney, "Laboratories for the 21st Century : Best Practice Guide. Chilled beams in Laboratories: Key strategies to ensure effective design , construction , and operation." U.S. Environmental Protection Agency, p. 15, 2009.
- [419] I. Pope, Kevin; Leffingwell, Jason; LeffingwellHammel Green And Abrahamson, Inc.; Bauer, Ken; APButters-Fetting Co., "Chilled Beams: the new system of choice?" ASHRAE – Wisconsin Chapter.
- [420] J. Murphy, "Understanding Chilled Beam and VAV Systems." Ingersoll Rand, La Crosse, pp. 1–24, 2010.
- [421] U.S. Department of Energy, "Geothermal Heat Pumps," *U.S. Department of Energy*, 2012. [Online]. Available: <http://energy.gov/energysaver/articles/geothermal-heat-pumps>. [Accessed: 06-Jul-2014].
- [422] G. Florides and S. Kalogirou, "Ground heat exchangers—A review of systems, models and applications," *Renew. Energy*, vol. 32, no. 15, pp. 2461–2478, Dec. 2007.
- [423] A. T. E. de y R. (ATECYR) Climatización, "Guía técnica: diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica." Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Madrid, 2010.
- [424] A. A. Bayod Rújula, J. Mur Amada, J. L. Bernal-Agustín, J. M. Yusta Loyo, and J. A. Domínguez Navarro, "Definitions for Distributed Generation: a revision," University of Zaragoza.
- [425] Unidad de planeación minero energética UPME and H. Martinez torres, *Plan energético nacional 2006-2025, contexto y estrategias*. Bogota D.C.: Editorial Digitos & diseños, 2007, p. 240.
- [426] Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica ACOLGEN, *ley 143 de 1994 "ley eléctrica colombiana."* Bogota D.C.: Editorial Panamericana, 2002.

- [427] Ministerio de Minas y Energía, *Programa de uso racional y eficiente de energía y fuentes no convencionales - PROURE*. Bogota D.C., 2010, p. 50.
- [428] E. Y. Samaniego Rodriguez, “Ubicación óptima de fuentes de generación distribuida en redes de media tensión,” Universidad Industrial de Santander, 2012.
- [429] P. P. Barker and R. W. De Mello, “Determining the impact of distributed generation on power systems. I. Radial distribution systems,” in *2000 Power Engineering Society Summer Meeting (Cat. No.00CH37134)*, 2000, vol. 3, pp. 1645–1656.
- [430] T. Ackermann, G. Andersson, and L. Soder, “Electricity market regulations and their impact on distributed generation,” in *DRPT2000. International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies. Proceedings (Cat. No.00EX382)*, pp. 608–613.
- [431] C. Duque, E. F. Marmolejo, and M. T. Rueda de Torres, “Análisis de prospectiva de la generación distribuida (GD) en el sector eléctrico Colombiano,” *Rev. Ing. Univ. los Andes*, p. 179, 2004.
- [432] S. Massoud Amin and B. F. Wollenberg, “Toward a smart grid: power delivery for the 21st century,” *IEEE Power Energy Mag.*, vol. 3, no. 5, pp. 34–41, Sep. 2005.
- [433] J. M. Rey Lopez and P. P. Vergara Barrios, “Diseño de una microred de baja tensión para el laboratorio de integración energética del parque tecnológico de Guatiguará,” Universidad Industrial de Santander, 2012.
- [434] T. Ackermann, G. Andersson, and L. Söder, “Distributed Generation: a definition,” *Electr. Power Syst. Res.*, p. 10, 2000.
- [435] Ministerio de Minas y Energía, “Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE 2013.” Bogota D.C., p. 334, 2013.
- [436] Electrificadora de Santander S.A.E.S.P, “Normas para el cálculo y diseño de sistemas de distribución.” Bucaramanga, p. 165, 2005.
- [437] H. B. Puttgen, P. R. MacGregor, and F. C. Lambert, “Distributed generation: semantic hype or the dawn of a new era?,” *IEEE Power Energy Mag.*, vol. 1, no. 1, pp. 22–29, Jan. 2003.
- [438] Unidad de planeación minero energética UPME, “Energías Renovables.” [Online]. Available: <http://www.si3ea.gov.co/EnergiaAlternativa/index.swf>.

- [439] D. Trebolle, “La generación distribuida en España,” Universidad Pontificia Comillas, 2006.
- [440] Comisión de regulación de Energía y Gas CREG, “Resolución 131 de 1998.” Bogota D.C., p. 5, 1998.
- [441] D. M. Pinzón Carrillo and W. R. Osorio Monroy, “Evaluación del potencial de energía eléctrica mediante turbinas eólicas en la sede principal de una Universidad Industrial de santander,” Universidad Industrial de Santander, 2013.
- [442] L. Lopez Leiva, “Análisis de la interconexión de proyectos eólicos a redes de distribución,” Universidad de Costa Rica, 2011.
- [443] A. A. Gutierrez Vargas and O. L. Morales Montaña, “Impacto del desbalance de tensión en la generación eólica,” Universidad Industrial de Santander, 2010.
- [444] J. M. Méndez Muñiz and R. Cuervo García, “Energía Solar Fotovoltaica,” in *Energía Solar Fotovoltaica*, 2a Edición., F. Confemetal, Ed. Madrid, España: ECA instituto de Tecnología y Formación S.A.U, 2007, pp. 29–45.
- [445] F. C. Cala González and C. A. Rodriguez Sañudo, “Diseño de un sistema de suministro de energía eléctrica con tecnología Solar Fotovoltaica,” Universidad Industrial de Santander, 2010.
- [446] M. A. Sanchez, “Componentes de un sistema solar fotovoltaico,” in *Energía solar Fotovoltaica*, Grupo Noriega editores, Ed. Mexico: Ed. Limusa, 2013, pp. 31–52.
- [447] National Renewable Energy Laboratory NREL, “Biopower Technologies,” in *Renewable Electricity Futures Study: Renewable Electricity Generation and Storage Technologies, Volume 2*, Springfield, 2012, pp. 185–188.
- [448] J. Bloem, “Power Quality and Utilisation Guide: Section 8 - Distributed Generation,” *Leonardo Energy*, vol. Integratio, 2006.
- [449] L. Carrette, K. A. Friedrich, and U. Stimming, “Fuel Cells - Fundamentals and Applications,” *Fuel Cells*, vol. 1, no. 1, pp. 5–39, May 2001.
- [450] C. Yanbo, R. Jingding, and L. Kun, “Construction of Multi-Energy Micro-grid Laboratory,” Tianjin University, 2010.

- [451] M. W. Davis, A. H. Gifford, and T. J. Krupa, "Microturbines-an economic and reliability evaluation for commercial, residential, and remote load applications," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 14, no. 4, pp. 1556–1562, 1999.
- [452] R. Mienski, R. Pawelek, I. Wasiak, and P. Gburczyk, "Monitoring and control systems for testing microgrids operation on the example of Laboratory of Distributed Generation at the Technical University of Lodz," in *2009 10th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation*, 2009, pp. 1–6.
- [453] I. Wasiak, "Laboratory of distributed generation in Institute of Electrical Power Engineering of Technical University of Lodz," in *2007 9th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation*, 2007, pp. 1–5.
- [454] C. Martín Gomez and N. Mambrilla Herrero, "Integración de la generación distribuida en el Campus de la Universidad de Navarra en Pamplona," Universidad de Navarra, 2009.
- [455] A. Bonfiglio, L. Barillari, F. Delfino, F. Pampararo, R. Procopio, M. Rossi, M. Invernizzi, G. B. Denegri, and S. Bracco, "The smart microgrid pilot project of the University of Genoa: Power and communication architectures," in *AEIT Annual Conference 2013*, 2013, pp. 1–6.
- [456] A. Bonfiglio, F. Delfino, F. Pampararo, R. Procopio, M. Rossi, and L. Barillari, "The Smart Polygeneration Microgrid test-bed facility of Genoa University," in *2012 47th International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*, 2012, pp. 1–6.
- [457] B. Yagcitekin, M. Uzunoglu, B. Ocal, E. Turan, and A. Tunc, "Development of Smart Charging Strategies for Electric Vehicles in a Campus Area," in *2013 European Modelling Symposium*, 2013, pp. 432–436.
- [458] Electric Power Research Institute EPRI, "Exelon Smart Grid Demonstration Host-Site Project Description: ComEd - Customer Applications Pilot and PECO - Smart Future Greater Philadelphia Plan Campus Partner Project," California, USA, 2012.
- [459] Nissan, "Nissan Leaf Electric Vehicle," 2014. [Online]. Available: <http://www.nissanusa.com/electric-cars/leaf/>. [Accessed: 28-Jul-2014].
- [460] M. Pu, E. L. Parry, M. A. Redfern, and R. W. Dunn, "The Impact of Plug-In Electric Light Vehicles on the Electrical System for the University of Bath," in *46th International Universities Power Engineering Conference*, 2011.

- [461] Z. M. Salameh and A. B. Cultura, "Small scale distributed generation system at University of Massachusetts Lowell," in *IEEE PES General Meeting*, 2010, pp. 1–6.
- [462] E. E. Jimenez and L. R. Cabrera, "Transient analysis of the interconnection of Fuel Cells as a distributed generation at the University of Puerto Rico at Mayaguez Campus," in *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference (WSC)*, 2009, pp. 1542–1554.
- [463] V. Salehi, A. Mohamed, A. Mazloomzadeh, and O. A. Mohammed, "Laboratory-Based Smart Power System, Part I: Design and System Development," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 3, no. 3, pp. 1394–1404, Sep. 2012.
- [464] A. K. Srivastava, C. Hauser, D. Bakken, and M. S. Kim, "Design and development of a new smart grid course at Washington State University," in *2012 IEEE Power and Energy Society General Meeting*, 2012, pp. 1–2.
- [465] C. Yanbo, R. Jingding, and L. Kun, "Construction of multi-energy micro-grid laboratory," in *2011 4th International Conference on Power Electronics Systems and Applications*, 2011, pp. 1–5.
- [466] "Guelph Hydro Electric Systems," 2014. [Online]. Available: <http://www.guelphhydro.com/en/educationsafety.asp>. [Accessed: 28-Jul-2014].
- [467] "Enbridge Company," 2014. [Online]. Available: <http://www.enbridge.com/AboutEnbridge.aspx>. [Accessed: 28-Jul-2014].
- [468] A. B. Northmore and E. F. El-Saadany, "Analyzing the economic potential for DG CHP systems at the University of Guelph," in *2012 IEEE International Conference on Power and Energy (PECon)*, 2012, pp. 83–88.
- [469] H. Makkonen, V. Tikka, T. Kaipia, J. Lassila, J. Partanen, and P. Silventoinen, "Implementation of smart grid environment in Green Campus project," in *CIREN 2012 Workshop: Integration of Renewables into the Distribution Grid*, 2012, pp. 240–240.
- [470] A. L. Dimeas and N. D. Hatziargyriou, "Operation of a Multiagent System for Microgrid Control," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 20, no. 3, pp. 1447–1455, Aug. 2005.
- [471] B. Washom, J. Dilliot, D. Weil, J. Kleissl, N. Balac, W. Torre, and C. Richter, "Ivory Tower of Power: Microgrid Implementation at the University of

California, San Diego,” *IEEE Power Energy Mag.*, vol. 11, no. 4, pp. 28–32, Jul. 2013.

- [472] Clean Energy States Alliance, “State Leadership in Clean Energy: Seven exemplary programs,” Montpelier, VT, 2012.
- [473] A. Aldana, R. Cespedes, E. Parra, R. Lopez, and M. E. Ruiz, “Implementation of smart grids in the Colombian electrical sector,” in *2011 IEEE PES CONFERENCE ON INNOVATIVE SMART GRID TECHNOLOGIES LATIN AMERICA (ISGT LA)*, 2011, pp. 1–6.
- [474] XM S.A E.S.P, “Iniciativa Colombia Inteligente,” *Sostenibilidad - Sociedad - Prácticas*, 2013. [Online]. Available: <http://informesanuales.xm.com.co/2013/SitePages/sostenibilidad/4-2-2-8-Iniciativa-Colombia-Inteligente.aspx>. [Accessed: 31-Jul-2014].
- [475] Colombia Inteligente, “El desarrollo de redes inteligentes en colombia: Trazando el camino a seguir.” Bogota D.C., 2013.
- [476] J. Rey, P. Vergara, G. OSma, and G. Ordóñez, “Analysis of the Inclusion of Smart Grids Technology in the Colombian Electric Power System,” in *VII Simposio Internacional sobre Calidad de la Energía Eléctrica 2013 SICEL*, 2013.
- [477] A. Cadena, G. de P. y E. I. y A. (GIAP), and G. Grupo de Electrónica y sistemas de Telecomunicaciones, “Generación Distribuida: Hay que prepararse para el cambio.” *Rev. Contacto, Univ. los Andes*, vol. Número 06, pp. 32–26, 2013.
- [478] U. Temporal and U. N. B. Energética, “Las transformaciones del sector energético colombiano,” in *Informe Final Trabajo para Unión Temporal Universidad Nacional y Fundación Bariloche Política*, Bogota D.C.: Unidad de planeación minero energética UPME, 2010, pp. 20–31.
- [479] A. C. Ramírez, “Barreras para la implementación de generación distribuida: dos representantes de países desarrollados vs. un representante de país en desarrollo,” *Rev. Tecnura*, vol. V, no. 29, pp. 62–75, 2012.
- [480] M. Wakefield, “Overview & industry coordination of EPRI intelligrid & security research & smart grid demonstrations,” 2012.
- [481] A. Peralta Sevilla and F. Amaya Fernández, “Evolución de las redes eléctricas hacia smart grid en países de la región andina,” *Rev. Educ. en Ing.*, vol. 15, p. 52, 2013.

- [482] Comisión de regulación de Energía y Gas CREG, *Resolución CREG No.024 de 2005*. Colombia: Ministerio de Minas y Energía, 2005.
- [483] I. Segura Heras, “Evaluación del impacto de la generación distribuida en sistemas de distribución primaria en energía eléctrica,” Universidad Politecnica de Valencia, 2005.
- [484] A. M. Oviedo Pinzón, “Revisión de tecnologías de comunicación en redes de sensores inalámbricos aplicadas en smart grids,” Universidad Industrial de Santander UIS, 2012.
- [485] Portafolio, “Colombia, con marco legal para energías alternativas,” 2014. [Online]. Available: <http://www.portafolio.co/economia/marco-legal-energias-alternativas-colombia>. [Accessed: 20-Jun-2014].
- [486] P. H. Corredor Avella, “Visión de las redes inteligentes en Colombia,” Bogota D.C., 2012.
- [487] R. Cespedes, C. León, M. E. Ruíz, M. Castaño, and C. Fonseca, “Construyendo una Colombia Inteligente,” *Revista RCT*, pp. 41–45, 2013.
- [488] Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas IPSE, “Informe de Gestión IPSE,” Bogota D.C., 2013.
- [489] O. Arenas Suarez and M. Bautista Pinzón, “Identificación y estructuración de un proyecto de infraestructura eléctrica en el departamento de Arauca,” Universidad Industrial de Santander UIS, 2014.
- [490] C. Granados Palomino and A. Rativa Hernandez, “Identificación y estructuración de un proyecto de infraestructura eléctrica en el departamento de Santander,” Universidad Industrial de Santander UIS, 2014.
- [491] H. Abril Rico and W. Ruiz Ortiz, “Identificación y estructuración de un proyecto de infraestructura eléctrica en el departamento de Norte de Santander,” Universidad Industrial de Santander UIS, 2014.
- [492] Lady Ortiz Lizcano and M. Salcedo Gómez, “Identificación y estructuración de un proyecto de infraestructura eléctrica en el departamento del Meta,” Universidad Industrial de Santander, 2014.
- [493] Unidad de planeación minero energética UPME, “Zonas no interconectadas en Colombia,” 2014. [Online]. Available:

<http://www.upme.gov.co/zni/TemasdeInteres/Mapas/tabid/67/Default.aspx>. [Accessed: 13-Sep-2014].

- [494] “Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones energéticas para las Zonas No Interconectadas,” 2014. [Online]. Available: www.ipse.gov.co. [Accessed: 13-Sep-2014].
- [495] “Organización de los estados iberoamericanos para la ciencia y la cultura,” 2014. [Online]. Available: www.oei.es. [Accessed: 13-Sep-2014].
- [496] “Ministerio de Minas y Energía,” *MINMINAS*, 2014. [Online]. Available: www.minminas.gov.co. [Accessed: 13-Sep-2014].
- [497] “Ministerio de Tecnologías de la información y las comunicaciones,” *MINTICS*, 2014. [Online]. Available: www.mintic.gov.co. [Accessed: 13-Sep-2014].
- [498] Organización de Estados Iberoamericanos OEI, “Luces para aprender,” 2014. [Online]. Available: <http://lucsparaprender.org/web/el-proyecto/>. [Accessed: 13-Sep-2014].
- [499] Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas IPSE, “Avance hacia la sostenibilidad energética en zonas aisladas,” *Ecovatios*, Bogota D.C., 2012.
- [500] D. C. Mora Navarro and J. M. Hurtado Liévano, “Guía para Estudios de Prefactibilidad de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas como parte de Sistemas Híbridos,” 2004.
- [501] F. E. Sierra Vargas, A. F. Sierra Alarcón, and C. A. Guerrero Fajardo, “Pequeñas y microcentrales hidroeléctricas : alternativa real de generación eléctrica.,” 2011.
- [502] Unidad de planeación minero energética UPME, “Informe de avance del plan de expansión de generación febrero 15 de 1999,” vol. 6, pp. 13–16, 2000.
- [503] Zona franca CELSIA, “Termoflores S.A. E.S.P.,” 2014. [Online]. Available: <http://www.celsia.com/Nuestra-Empresa/Generación-de-energía/Termoeléctrica/Zona-Franca-Celsia>. [Accessed: 14-Sep-2014].
- [504] L. C. Romero, “PARA LAS FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA EN COLOMBIA (PDFNCE) COLOMBIA Presentado a : UPME Por : CONSORCIO ENERGÉTICO CORPOEMA,” pp. 1 – 367, 2010.

- [505] Celsia, “Nueva central hidroeléctrica de Celsia inicia operación comercial,” no. 1, pp. 142–143, 2012.
- [506] Siemens, “Energía en movimiento,” pp. 1 – 74, 2011.
- [507] R. A. Murillo Púa and M. de J. Montalvo Mosquera, “Análisis Energético de un Ciclo Combinado en una Planta Industrial,” 2012.
- [508] M. S. J. Joaquin and R. P. Carlos, “Model of application of distributed generation in Colombia rural zones,” in *PES T&D 2012*, 2012, pp. 1–9.
- [509] EPM, “Parque Eólico Jepírachi,” pp. 1 – 76, 2010.
- [510] D. Lezcano Oquendo, “Estudio Energético para Identificar y Evaluar Potencialidades en Energías Renovables en el Territorio Colombia,” 2011.
- [511] L. Rodriguez Arbelaez, “Experiencia en el desarrollo de proyectos de energía eólica: Parque eólico Jepirachi,” in *Foro de normalización y contexto nacional de energía solar y eólica ICONTEC - UPME*, 2008, p. 19.
- [512] A. Raigoso Rubio, “Con inversión de \$127.000 millones, Celsia puso a operar Hidromontañas,” *Diario La República*, 2012. [Online]. Available: http://www.larepublica.co/empresas/con-inversión-de-127000-millones-celsia-puso-operar-hidromontañas_12922. [Accessed: 14-Sep-2014].
- [513] Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas IPSE, “Rendición de cuentas,” Bogota D.C., 2014.
- [514] IEEE Standards coordinating committee 21, *IEEE Guide for Smart Grid Interoperability of energy technology and information technology operation with the electric power system (EPS), end - use applications, and loads*. 2011.
- [515] W. D. Giraldo Gómez, “Orientación de los laboratorios de redes inteligentes a nivel internacional,” *Revista CIDET*, pp. 57–64, 2013.
- [516] W. D. Giraldo Gómez, “Orientación de los laboratorios de redes inteligentes a nivel internacional,” *Revista CIDET*, p. 60, 2013.
- [517] Lawrence Berkeley Laboratory, “Bringing Science Solutions to the World,” 2014. [Online]. Available: <http://www.lbl.gov/about/http://www.lbl.gov/about/>. [Accessed: 15-Sep-2014].

- [518] Fraunhofer, “Statue of the fraunhofer-gesellschaft,” Munich, Germany, 2010.
- [519] Centro Nacional de Energías Renovables CENER, “Bienvenido a la energía del conocimiento,” Pamplona, España, 2012.
- [520] CSIRO and Australian Solar Institute ASI, “Solar intermittency: Australia’s clean energy challenge. Characterising the effect of high penetration solar intermittency on Australian Electricity networks,” Clayton South, Australia.
- [521] G. Timò, “Power Generation System Department ‘Concentrating Photovoltaic and Leds,’” Piacenza, Italia, 2010.
- [522] Austrian Institute of Technology AIT and C. Mayr, “AIT SmartEST Laboratory for Smart Grids,” Wien, Austria.
- [523] A. Celave, “Redes inteligentes, ¿una solución para la integración de la generación distribuida?” Dpto. de Estudios e Investigación de Ecooo, Madrid, España, pp. 1–6, 2012.
- [524] W. D. Giraldo Gómez, “Orientación de los laboratorios de redes inteligentes a nivel internacional,” *Revista CIDET*, Bogota D.C., p. 61, 2013.
- [525] DNV KEMA Energy & Sustainability, “Safer, Smarter, Greener: Profile,” 2014. [Online]. Available: <http://www.dnvkema.com/es/about/profile.aspx>. [Accessed: 16-Sep-2014].
- [526] CIRCUTOR S.A., “El concentrador PLC PRIME CIRCUTOR y la clave de su éxito,” Barcelona, Spain, 2014.
- [527] TUV Rheinland, “TUV Rheinland Colombia,” 2011. [Online]. Available: http://www.tuv.com/es/colombia/quienes_somos_co/tuv_rheinland_colombia/tuv_rheinland_colombia.html. [Accessed: 16-Sep-2014].
- [528] K. Stübbe and M. Uslar, “Automation and Standardization Needs in Smart Grids,” *Electron. Des.*, vol. 13, 2014.
- [529] B. P. Jelle, “The challenge of removing snow downfall on photovoltaic solar cell roofs in order to maximize solar energy efficiency—Research opportunities for the future,” *Energy Build.*, vol. 67, pp. 334–351, Dec. 2013.
- [530] SINTEF, “Electrification of the shelf can provide extra drive for offshore wind energy research,” 2014. [Online]. Available: <http://www.sintef.no/SINTEF-Energi-AS/>. [Accessed: 16-Sep-2014].

- [531] MarketLine, “Electricite De France (EDF) SWOT Analysis,” *Business Source Complete*, France, pp. 1–10, 2014.
- [532] Centro de Estudios Sobre Integración CESI and Facultad de Ciencia Política y Relaciones Internacionales, *Tendencias Mundiales y latinoamericanas en el Uso de Recursos Energéticos*. Bogota D.C.: Pontificia Universidad Javeriana, 2009.
- [533] S. L. Carvajal Padilla and B. H. Castellanos Quiñonez, “Estudio del Medio Ambiente en Santander como visión del desarrollo regional,” Universidad Industrial de Santander, 2005.
- [534] World Energy Council WEC, “Consejo Mundial de la Energía,” Organización de las Naciones Unidas ONU, 2014.
- [535] Unidad de planeación minero energética UPME, *Energías Renovables: Descripción, Tecnologías y usos finales*. Bogota D.C.: Ministerio de Minas y Energía, 2010.
- [536] G. F. Reed and W. E. Stanchina, “The Power and Energy Initiative at the University of Pittsburgh: Addressing the aging workforce issue through innovative education, collaborative research, and industry partnerships,” in *IEEE PES T&D 2010*, 2010, pp. 1–7.
- [537] World Wildlife Fund for Nature WWF, ECOFYS, and The Office for Metropolitan Architecture OMA, “The Energy Report, 100% renewable energy by 2050,” Gland, Suiza, 2011.
- [538] World Wildlife Fund for Nature WWF, ECOFYS, and The Office for Metropolitan Architecture OMA, “The Ecofys scenario in a nutshell,” Gland, Suiza, 2011.
- [539] National Renewable Energy Laboratory NREL, R. Gelman, M. Meshek, S. Buchanan, and E. Augustine, “2012 Renewable Energy Data Book: Worldwide Renewable Electricity Capacity,” 2013.
- [540] U.S. Department of Energy DOE, “Office of Energy efficiency & Renewable Energy,” 2013. [Online]. Available: <http://energy.gov/eere/office-energy-efficiency-renewable-energy>. [Accessed: 25-Jun-2014].
- [541] National Renewable Energy Laboratory NREL, R. Gelman, M. Meshek, and E. Augustine, “2012 Renewable Energy Data Book: Top Countries with Installed Renewable Electricity by Technology (2012),” 2013.

- [542] Unión temporal Universidad Nacional y Fundación Bariloche Política Energética, “El sector energético Colombiano,” in *Análisis y revisión de los objetivos de política energética colombiana de largo plazo y actualización de sus estrategias de desarrollo*, Bogota D.C.: Unidad de planeación minero energética UPME, 2010, pp. 13–154.
- [543] Senado de la República de Colombia, “Ley 1715 de 2014.” Bogota D.C., Bogotá D.C., 2014.
- [544] Ministerio de Minas y Energía, “Gobierno nacional sanciona ley que incentiva el uso de energías renovables,” 2014. [Online]. Available: http://www.minminas.gov.co/minminas/index.jsp?cargaHome=2&opcionCalendar=10&id_comunicado=988. [Accessed: 20-Jun-2014].
- [545] R. D. Cruz Rodriguez, H. Torres Sanchez, M. Montoya Giraldo, J. Barrientos Marín, L. M. Pineda Martines, L. M. Niebles Anzola, O. L. Bedoya Meza, B. Duque Montoya, J. C. Gomez Gallego, J. J. Uribe Segura, and C. A. Franco Pachón, “Entorno Ambiental,” in *Caracterización del Sector Eléctrico Colombiano*, CIDET, Ed. Medellín: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, 2013, p. 160.
- [546] C. A. Arcila Montes, “Energías renovables en Colombia: una alternativa de desarrollo a menor costo social,” *Rev. CIDET*, vol. 8, pp. 31–35, 2013.
- [547] A. Cadena, S. Botero, C. Táutica, L. Betancour, and D. Vesga, “Regulación para incentivar las energías alternas y la Generación Distribuida (GD) en Colombia (conclusiones),” *Revista de Ingeniería, Universidad de los Andes*, 2009.
- [548] Consorcio energético Corpoema, “Aspectos ambientales de las fuentes de energía no convencionales,” in *Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia*, Volumen 2., Unidad de planeación minero energética UPME, Ed. Bogota D.C.: Ministerio de Minas y Energía, 2010.
- [549] Congreso de la Republica de Colombia, *Ley 697 de 2001*. 2001, pp. 1–4.
- [550] F. Renjifo Vélez, T. Gonzalez Estrada, A. Mayelo Cardona, E. Junguito, L. F. López, P. Zúñiga Miño, and C. Noreña Botero, “PROURE: Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales de Colombia,” Bogota D.C., 2012.

- [551] P. C. Narváez Rincón, “The current state of non-conventional sources of energy and related perspectives,” *Ing. e Investig.*, vol. Volumen 30, pp. 165–173, 2010.
- [552] Ministerio de Minas y Energía, *Resolución 180919 de 01 de Junio de 2010*. Colombia, 2010, pp. 1–8.
- [553] C. Ramirez, “Ingenieros sin fronteras: Soluciones de Ingeniería con comunidades vulnerables,” *Revista Contacto, Universidad de los Andes*, Bogota D.C., pp. 42–44, 2013.
- [554] S. Spaulding, “Appalachian State Sets Out To Win Solar Decathlon Europe 2014.,” *Heating/Piping/Air Cond. Eng.*, vol. 86, pp. 16–18, 2014.
- [555] First Solar Inc, “First Solar Donates Thin-Film Solar Modules to Inner Mongolia University of Technology Students for 2013 Solar Decathlon Competition,” *Regional Business News*, 2014.
- [556] K. Imura, M. Yamazaki, and K. Maeno, “Results of electrical system and Home Energy Management System for ‘Omotenashi House’ in Solar Decathlon Europe 2012,” *Energy Build.*, Jul. 2014.
- [557] M. Azarbayjani, B. Futrell, V. Cecchi, T. Gentry, and A. Ebong, “The road map to the integrated design process of a net-zero energy solar house: a case study of a solar decathlon competition entry,” *J. Green Build.*, vol. 9, no. 2, pp. 20–37, Jul. 2014.
- [558] U. A. DE MADRID, “Seminario Permanente De La Comisión Para La Calidad Ambiental, El Desarrollo Sostenible Y La Prevención De Riesgos (Cadep) De La Crue,” in *Las Universidades Como Impulsoras De La Movilidad Sostenible*, 2009, p. 3.
- [559] J. Luis de las Rivas Sanz, F. Iglesias, and J. Luis Lalana, “Campus universitario de Valladolid - integración urbana y movilidad,” *Bitacora 18 - Universidad Nacional de Colombia*, Bogotá, 2011.
- [560] D. Martín Bermejo, “Comparación de tiempos de trayectos metro-a pie-bici en la zona urbana de Barcelona.”
- [561] Á. U. Solís, “El Impacto De La Actividad Universitaria Sobre El Medio Ambiente,” *Eureka Enseñ. Divul. Cien.*, pp. 356–366, 2008.
- [562] J. F. B. Zamakona, “La bicicleta como medio de transporte. Directrices para su implantación,” 2002.

- [563] A. Silvente, "Bicicleta Y Movilidad Sostenible," *Eurobacteria*.
- [564] D. P. Rueda, "Bucaramanga continúa sin zonas exclusivas para transitar en bicicleta," *Vanguardia Liberal*, 2014.
- [565] M. N. Sosa, A. Santos, and J. Taks, "Programa UNIBICI La Universidad en bicicleta." p. 7, 2011.
- [566] Procimo, "ventajas del uso de la bicicleta." p. 6.
- [567] "España: Preuniversitarios Transporte público," *Universia*, 2008.
- [568] J. Dekoster and U. Schollaert, "En bici, hacia ciudades sin malos humos." p. 63, 2000.
- [569] M. CABRERA, "Transporte público en retroceso," 2014.
- [570] J. Rodrigo, "Transporte masivo para Bucaramanga," 2003.
- [571] A. FERNÁNDEZ MUERZA, "Las 10 universidades más ecológicas del mundo," *eroski Consum.*, 2014.
- [572] "University of Kottingham campus - sustainable transport," 2014. [Online]. Available:
<http://www.nottingham.ac.uk/sustainability/transport/sustainabletransport.aspx>.
- [573] J. D. A. Mora, "Manual de políticas amables con LA BICICLETA," Bogota D.C., 2010.
- [574] U. Nacional de Colombia, "Rendición pública de cuentas de la universidad nacional de colombia. Vigencia 2010." 2010.
- [575] V. V. RODRÍGUEZ, "energía solar ilumina parqueaderos en upb," *Avanza macroproyecto de energías renovables en campus. Paneles solares fueron importados*, 2014.
- [576] J. Arminio, "La UC se hace cargo de las bicicletas y evita que terminen en la chatarra," 2012.
- [577] "Initiatives Sustainability Northeastern." [Online]. Available:
<http://www.northeastern.edu/sustainability/initiatives/index.html>.

- [578] U. Connecticut, "Biodiesel Production and Use." [Online]. Available: <http://ecohusky.uconn.edu/transportation/biodiesel.html>.
- [579] U. Connecticut, "Car Sharing with Hertz 24/7." [Online]. Available: <http://ecohusky.uconn.edu/transportation/car-sharing.html>.
- [580] L. Sharp, "Higher education: the quest for the sustainable campus," *Sustain. Sci. Pract. Policy*, 2009.
- [581] "Green Investment, Green Return - Executive Summary," *New Environmental Study Suggests Potential Multi-Billion Dollar Savings for Nation's Campuses*, 1998. [Online]. Available: <http://www.nwf.org/Campus-Ecology/Resources/Reports/Green-Investment-Green-Return/Press-Release.aspx>.
- [582] D. Eagan and J. Keniry, "Green Investment, Green Return: How Practical Conservation Projects Save Millions on America's Campuses.," *Natl. Wildl. Fed.*, p. 20, 1998.
- [583] S. H. Creighton, *Greening the Ivory Tower: Improving the Environmental Track Record of Universities, Colleges, and Other Institutions*. The MIT Press, Cambridge, 1998, p. 120.
- [584] M. Daley, *Sustainable Campuses*. 2012, p. 112.
- [585] "How UK universities can improve their environmental performance and help stop climate chaos." 2006.
- [586] "Sustainability Progress Report at Harvard." 2014.
- [587] D. L. ;Timoth. M. I. A. B. Patrick, "Campus Sustainability Best Practices," no. August, 2008.
- [588] Mailto, "Las universidades españoles apuestan por la sostenibilidad para ahorrar energía," *Estrategias Verdes*, 2014.
- [589] G. Duran Romero, "Medir la sostenibilidad: indicadores econ., ecológicos y sociales," pp. 1–19.
- [590] "Official Web Page - University of Minnesota. Energy," 2014. [Online]. Available: <http://italladdsup.umn.edu/energy/>.
- [591] *The University of Connecticut Sustainable Design and Construction Policy*. 2007.

- [592] “Official Web page - Metropolitan State University of Denver,” 2014. [Online]. Available: <https://www.msudenver.edu/studentlabs/student/>.
- [593] “Official Web page - Formstack,” 2014. [Online]. Available: <https://www.formstack.com/education/higher>.
- [594] T. Willeford, “IBM and APC Partner to Create Energy Efficient Green Data Center for Bryant University,” *IBM Scalable Modular Data Center Solution Assures University Will Be Technologically Ready for Expansion and Growth*, 2007. [Online]. Available: <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/21858.wss>.
- [595] S. Carlson, “Activist Pushes Colleges to Make Sustainability Worth Its Cost,” *Chron. Higher Educ.*, 2011.
- [596] D. SANZ, “Universidades de EE UU se unen por la eficiencia energética,” *Ecol. Verde*, 2011.
- [597] J. J. Ibáñez, “El Agua en el Suelo 1: Agua de Escorrentía,” *mi+d*, 2006. [Online]. Available: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/05/05/21147>. [Accessed: 01-Jan-2014].
- [598] Real Academia Española, “Escorrentía,” *Real Academia Española*. [Online]. Available: <http://buscon.rae.es/drae/srv/search?val=escorrent?a>. [Accessed: 01-Jan-2014].
- [599] U.S. Department of Energy, “Insulation,” *U.S. Department of Energy*, 2012. [Online]. Available: <http://energy.gov/energysaver/articles/insulation>. [Accessed: 25-Jun-2014].
- [600] R. the U. of N. C. at C. H. Rowlett, “How Many? A Dictionary of Units of Measurement - R,” *The University of North Carolina at Chapel Hill*, 2002. [Online]. Available: <http://www.unc.edu/~rowlett/units/dictR.html>. [Accessed: 25-Jun-2014].

BIBLIOGRAFIA

ABRIL RICO, Henry, and RUIZ ORTIZ, William. Identificación Y Estructuración de Un Proyecto de Infraestructura Eléctrica En El Departamento de Norte de Santander Bucaramanga, 2014. Trabajo de grado (ingeniero electricista). Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecanicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

ACEVEDO PINILLA, Cristian Mauricio; PABÓN BARAJAS, Hernán, Estudio de Factibilidad Para El Establecimiento de Un Sistema Integral Agropecuario Sostenible 'SIAS' Con Enfoque En La Seguridad Alimentaria Para Los Pobladores Del Sur de Cesar Con El Programa de Desarrollo Y Paz Del Magdalena Medio (PDPMM) Bucaramanga, 2008, p. 288. Trabajo de grado (Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos). Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecanicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

ACKERMANN, T., G. Andersson, and L. Soder, Electricity Market Regulations and Their Impact on Distributed Generation, in DRPT2000. International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies. Proceedings (Cat. No.00EX382) (London: IEEE), pp. 608–13

AHMED AMMAR, Michal Otreba, Nicholas E. KORRES, Haithum Elhadi, and Karsten Menzel, Assessing the Performance of Naturally Day-Lit Buildings Using Data Mining, *Advanced Engineering Informatics*, 25 (2011), 364–79

ALDANA, A., R. CESPEDES, E. PARRA, R. Lopez, and M.E. Ruiz, Implementation of Smart Grids in the Colombian Electrical Sector, in 2011 IEEE PES CONFERENCE ON INNOVATIVE SMART GRID TECHNOLOGIES LATIN AMERICA (ISGT LA) (Medellín, Colombia: IEEE, 2011), pp. 1–6

ALSHUWAIKHAT, Habib M., and Ismailia ABUBAKAR, An Integrated Approach to Achieving Campus Sustainability: Assessment of the Current Campus Environmental Management Practices, *Journal of Cleaner Production*, 2008, p. 9

ALTAN, H., I. WARD, J. MOHELNIKOVA, and F. VAJKAY, An Internal Assessment of the Thermal Comfort and Daylighting Conditions of a Naturally Ventilated Building with an Active Glazed Facade in a Temperate Climate, *Energy and Buildings*, 41 (2009), 36–50

ANAYA GOMEZ, Gabriel Andres, César Augusto AVELLANEDA MIRANDA, and Jorge Luis CÁRDENAS RANGEL, Influencia de Parámetros de Diseño de Aplicaciones Sostenibles Sobre El Consumo Energético En Las Instalaciones Del Quinto Piso Del Edificio de Ingeniería Eléctrica a Partir de Simulaciones Con DesignBuilder. Bucaramanga, 2013, p. 235. Trabajo de grado (ingeniero

electricista). Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecanicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

ARANGO MENDOZA, Juan Jose; FERNANDEZ BASTOS, Maria Andrea;, Análisis Energético Del Edificio de Estudios Industriales Y Empresariales Según Lineamientos Del Sistema de Certificación LEED a Partir Del Uso de La Herramienta Autodesk Ecotect Analisis Bucaramanga, 2013, p. 79. Trabajo de grado (ingeniero electricista). Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecanicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

ARDILA JAIMES, Nancy Mireya; HERRERA VILLAMIZAR, Helga Lucía, Estimación Del Nivel de Desarrollo Sostenible Estudio Del Caso: El Corregimiento de Llano de Palmas Del Municipio de Rionegro-Santander Bucaramanga, 2006, p. 119. Trabajo de grado (economistas). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Economía y Administración.

ARENAS SUAREZ, Oscar, and Miguel BAUTISTA PINZÓN, Identificación Y Estructuración de Un Proyecto de Infraestructura Eléctrica En El Departamento de Arauca Bucaramanga, 2014. Trabajo de grado (ingeniero electricista). Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecanicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

AREVALO ESPINEL, Daniel Fernando; MANTILLA CANCINO, Edwin Jovanny; SACHICA PEREZ, Ana Milena;, Monitoreo, Soporte Operativo Y Documental Del Sistema de Automatización Del Nuevo Edificio de La E3T Bucaramanga, 2013, p. 159. Trabajo de grado (ingeniero electrónico). Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecanicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

AYALA GUERRERO, Yeimi Caterine; MORALES GUALDRÓN, Leidy Carolina; URIBE ALVAREZ, Diana Carolina, Observatorio Regional para el Desarrollo Humano Sostenible: Alternativa Para Visionar el Futuro de Las Políticas Públicas en el Departamento de Santander Bucaramanga, 2008, p. 261. Trabajo de grado (trabajadora sociales). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Trabajo Social.

AZARBAYJANI, Mona, Benjamin FUTRELL, Valentina CECCHI, Thomas GENTRY, and Aba EBONG, The Road Map to the Integrated Design Process of a Net-Zero Energy Solar House: A Case Study of a Solar Decathlon Competition Entry, *Journal of Green Building*, 9 (2014), p. 20–37

BARKER, P.P., and R.W. DE MELLO, Determining the Impact of Distributed Generation on Power Systems. I. Radial Distribution Systems, in 2000 Power Engineering Society Summer Meeting (Cat. No.00CH37134) (Seattle: IEEE, 2000), III, p. 1645–56

BARRERA MENDOZA, Omar; MARTÍNEZ ARÍAS, Ronald Ricardo;, Selección de Tecnologías de Iluminación Mixtos (Natural-Artificial) Para Edificaciones Bucaramanga, 2012, p. 163. Trabajo de grado (ingeniero electrónico). Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecanicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

BARTH, Matthias, Maik ADOMßENT, Daniel FISCHER, Sonja RICHTER, and Marco RIECKMANN, Learning to Change Universities from within: A Service-Learning Perspective on Promoting Sustainable Consumption in Higher Education, *Journal of Cleaner Production*, 62 (2014), p. 72–81

BARTOLOMÉ, Rocío; POZO, Mercedes del, Modalidades de Atención a La Infancia 2, in *Técnico superior en Educación Infantil. Reforma LOE* (Mcgraw-hill Interamericana de España), pp. 28–29

BAUTISTA BAUTISTA, Libardo Hover; PEREZ LANDINEZ, Javier Raul, El Desarrollo Local: Una Aproximación a Partir de Un Modelo Productivo de Desarrollo Sostenible (municipio de Lebrija, de Partamento de Santander) Bucaramanga, 2009, p. 124. Trabajo de grado (Especialista de Gestión Pública). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Economía y Administración.

BONFIGLIO, A., F. DELFINO, F. PAMPARARO, R. PROCOPIO, M. ROSSI, and L. BARILLARI, The Smart Polygeneration Microgrid Test-Bed Facility of Genoa University, in *2012 47th International Universities Power Engineering Conference (UPEC)* (Genoa, Italy: IEEE, 2012), pp. 1–6

CABALLERO GRIMALDOS, Elsy Johana; HERNANDEZ RODRÍGUEZ, Luis Fernando; SALDANA RODRIGUEZ, Leonardo;, Evaluación, Rediseño Y Automatización Del Sistema de Iluminación Del Edificio Instituto de Lenguas Del Campus Central de La Universidad Industrial de Santander Con Enfasis En El RETILAP Bucaramanga, 2013, p. 282. Trabajo de grado (ingeniero electricista). Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecanicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

CADENA, Angela, Grupo de Potencia y Energía Informática y Automática (GIAP), and GEST Grupo de Electrónica y sistemas de Telecomunicaciones, Generación Distribuida: Hay Que Prepararse Para El Cambio., *Revista Contacto, Universidad de los Andes*, Número 06 (2013), p. 32–26

CADENA, Angela, Sergio BOTERO, Camilo TÁUTIVA, Luis BETANCOUR, and Daniel VESGA, Regulación Para Incentivar Las Energías Alternas Y La Generación Distribuida (GD) En Colombia (conclusiones), *Revista de Ingeniería, Universidad de los Andes*, 2009

CAICEDO, David, Ashish PANDHARIPANDE, and Frans M.J. WILLEMS, Daylight-Adaptive Lighting Control Using Light Sensor Calibration Prior-Information, *Energy and Buildings*, 73 (2014), 105–14 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.01.022>>

CALA GONZÁLEZ, Fabian Camilo, and Carlos Anibal RODRIGUEZ SAÑUDO, Diseño de Un Sistema de Suministro de Energía Eléctrica Con Tecnología Solar Fotovoltáica Bucaramanga, 2010. Trabajo de grado (ingeniero electricista). Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

CARRENO MENDOZA, Jose Martin, Diseño de Un Elemento Didáctico Modular Para El Aprendizaje de Los Principios Básicos de Un Estilo de Vida Eco-Sustentables a Partir de Una Propuesta Ambientalmente Sostenibles Como Parte de Una de Las Líneas de Producto de La Empresa Didácticos PINOCHOS Bucaramanga, 2013, p. 176. Trabajo de grado (diseñador industrial). Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecánicas. Escuela de Diseño Industrial.

CARVAJAL PADILLA, Sandra Liliana, and Beatriz Helena CASTELLANOS QUIÑONEZ, Estudio Del Medio Ambiente En Santander Como Visión Del Desarrollo Regional Bucaramanga, 2005. Trabajo de grado (economista). Universidad Industrial de Santander. Facultad Ciencias Humanas. Escuela de Economía y Administración.

CEPAL, Alicia Bárcena, Antonio PRADO, Jose Luis SAMANIEGO, Ricardo PÉREZ, Carlos DE MIGUEL, and others, La Sostenibilidad Del Desarrollo a 20 Años de La Cumbre de La Tierra. Avances, Brechas Y Lineamientos Estratégicos Para América Latina Y El Caribe., 2012, pp. 1–273

CESPEDES, Renato;, Carolina; LEÓN, María Elena; RUÍZ, Mario; CASTAÑO, and Christian; FONSECA, Construyendo Una Colombia Inteligente, *Revista RCT*, 2013, pp. 41–45

CLARKE, Amelia, and Rosa KOURI, Choosing an Appropriate University or College Environmental Management System, *Journal of Cleaner Production*, 17 (2009), p. 971–84

COLLINGE, William, Amy E. LANDIS, Alex K. JONES, Laura a. SCHAEFER, and Melissa M. BILEC, Indoor Environmental Quality in a Dynamic Life Cycle Assessment Framework for Whole Buildings: Focus on Human Health Chemical Impacts, *Building and Environment*, 62 (2013), 182–90

CORBELLA, O.D., and M.a.a.a. MAGALHÃES, Conceptual Differences between the Bioclimatic Urbanism for Europe and for the Tropical Humid Climate, *Renewable Energy*, 33 (2008), p. 1019–23

CREIGHTON, Sarah Hammond, *Greening the Ivory Tower: Improving the Environmental Track Record of Universities, Colleges, and Other Institutions* (The MIT Press, Cambridge, 1998), p. 120

CRUZ RODRIGUEZ, Rubén Darío, Horacio TORRES SANCHEZ, Marcela MONTOYA GIRALDO, Jorge BARRIENTOS MARÍN, Lina María PINEDA MARTINES, Lina María NIEBLES ANZOLA, and others, *Entorno Ambiental, in Caracterización del Sector Eléctrico Colombiano*, ed. by CIDET (Medellín: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, 2013), p. 160

DAMLUJI, Abdulla, and Ian C GILCHRIST, *Teaching Old Dogs New Tricks., Catheterization and cardiovascular interventions : official journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions*, 82 (2013), p. 9–10

A.H. GIFFORD, and T.J. KRUPA, *Microturbines-an Economic and Reliability Evaluation for Commercial, Residential, and Remote Load Applications*, *IEEE Transactions on Power Systems*, 14 (1999), p. 1556–62

DEUBLE, Max Paul, and Richard John DE DEAR, *Green Occupants for Green Buildings: Building and Environment*, 56 (2012), p. 21–27

CASTILLO BUENO, Diana Carolina and MEJÍA CONTRERAS Idania Yuliany, *Tecnología LED: Revisión de Aplicaciones Como Alternativa Para Entornos Sostenibles Bucaramanga*, 2010, p. 67. Trabajo de grado (ingeniero electricista). Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecanicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

DIMEAS, A.L., and N.D. HATZIARGYRIOU, *Operation of a Multiagent System for Microgrid Control*, *IEEE Transactions on Power Systems*, 20 (2005), p. 1447–55

DISTERHEFT, Antje, Sandra CAEIRO, Ulisses M. AZEITEIRO, and Walter Leal Filho, *Sustainable Universities – a Study of Critical Success Factors for Participatory Approaches*, *Journal of Cleaner Production*, 2014, p. 1–11

DUQUE, Cristhian, Eduardo Felipe MARMOLEJO, and Maria Teresa RUEDA DE TORRES, *Análisis de Prospectiva de La Generación Distribuida (GD) En El Sector Eléctrico Colombiano*, *Revista de Ingeniería*, Universidad de los Andes, 2004, p. 179

DURÁN VELANDIA, Edder Alexander, *Energía Eléctrica: Alternativa Energética Para Un Transporte Urbano Sustentable En Colombia*, ed. by Carlos Andrés Ortiz - Cargraphics S.A. *Diseño de Cubierta Sobrecubierta: J. Walter Thompson Colombia* Impresión Encuadernación: Cargraphics S.A. (Bogota: CODENSA SA, 2009)

EIRAJI, Javad, and Shabnam AKBARI NAMDAR, *Sustainable Systems in Iranian Traditional Architecture*, *Procedia Engineering*, 21 (2011), 553–59

EMMERICH, Steven J., Brian POLIDORO, and James W. AXLEY, Impact of Adaptive Thermal Comfort on Climatic Suitability of Natural Ventilation in Office Buildings, *Energy and Buildings*, 43 (2011), p. 2101–7

FERNÁNDEZ BASTOS, Andrea María, and Juan José ARANGO MENDOZA, Análisis Energético Del Edificio de Estudios Industriales Y Empresariales Según Lineamientos Del Sistema de Certificación LEED a Partir Del Uso de La Herramienta Autodesk Ecotect Analysis: Calibración Del Building In Formation Model (BIM) Bucaramanga, 2013, p. 79. Trabajo de grado (ingeniero electricista). Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecanicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

FERREIRA, A.J.D., M.A.R. LOPES, and J.P.F. Morais, Environmental Management and Audit Schemes Implementation as an Educational Tool for Sustainability, *Journal of Cleaner Production*, 2006, p. 973–82

FLORIDES, Georgios, and Soteris KALOGIROU, Ground Heat exchangers—A Review of Systems, Models and Applications, *Renewable Energy*, 32 (2007), p. 2461–78

FONTANINI, Anthony, Michael G. OLSEN, and Baskar GANAPATHYSUBRAMANIAN, Thermal Comparison between Ceiling Diffusers and Fabric Ductwork Diffusers for Green Buildings, *Energy and Buildings*, 43 (2011), p. 2973–87

GAITANI, N., G. MIHALAKAKOU, and M. Santamouris, On the Use of Bioclimatic Architecture Principles in Order to Improve Thermal Comfort Conditions in Outdoor Spaces, *Building and Environment*, 42 (2007), p. 317–24

GENG, Yong, KEBIN LIU, Bing Xue, and Tsuyoshi Fujita, Creating a ‘green University’ in China: A Case of Shenyang University, *Journal of Cleaner Production*, 61 (2013), p. 13–19

GIRALDO GÓMEZ, Wilson Daniel, Orientación de Los Laboratorios de Redes Inteligentes a Nivel Internacional, *Revista CIDET*, 2013, pp. 57–64

GOMBERT-COURVOISIER, Sandrine, Vincent SENNES, Michel RICARD, and Francis RIBEYRE, Higher Education for Sustainable Consumption: Case Report on the Human Ecology Master’s Course (University of Bordeaux, France), *Journal of Cleaner Production*, 62 (2014), p. 82–88

GRANADOS PALOMINO, Carlos, and Andres RATIVA HERNANDEZ, Identificación Y Estructuración de Un Proyecto de Infraestructura Eléctrica En El Departamento de Santander Bucaramanga, 2014. Trabajo de grado (ingeniero electricista). Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecanicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

GRAU, Antoni, and Yolanda BOLEA, Virtual Laboratory for Modeling Systems: A Sustainable Approach, IECON 2006 - 32nd Annual Conference on IEEE Industrial Electronics, 2006, p. 478–83

GUTIERREZ VARGAS, Arley Alonso, and Oscar Luis MORALES MONTAÑO, Impacto Del Desbalance de Tensión En La Generación Eólica Bucaramanga, 2010, p. 98. Trabajo de grado (ingeniero electricista). Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecanicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

HAASE, M., and a. AMATO, An Investigation of the Potential for Natural Ventilation and Building Orientation to Achieve Thermal Comfort in Warm and Humid Climates, Solar Energy, 83 (2009), p. 389–99

HACHEM, Caroline, Andreas ATHIENTIS, and Paul FAZIO, Parametric Investigation of Geometric Form Effects on Solar Potential of Housing Units, Solar Energy, 85 (2011), p. 1864–77

HACHEM, Caroline, Paul FAZIO, and Andreas ATHIENTIS, Solar Optimized Residential Neighborhoods: Evaluation and Design Methodology, Solar Energy, 95 (2013), p. 42–64

HERNANDEZ PEREZ, Enit Constanza;, Intervención Profesional de Trabajo Social Para La Promoción de La Participación Infantil Y Juvenil En Procesos de Sostenibilidad Socio-Ambiental; Estrategia Movimientos Hereder@s Del Planeta Asociación Para El Desarrollo Sostenible 'SEMILLAS' Bucaramanga, 2011, p. 135. Trabajo de grado (trabajadora social). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Trabajo Social.

HERRERA SILVA, Fabián Ricardo; CAMARGO RIVERA, Karim Leonardo; BONILLA SUAREZ, Leonardo;, Diseño E Implementación de Un Sistema de Iluminación LED Controlado Su Intensidad Luminosa de Manera Remota Bucaramanga, 2012, p. 30. Trabajo de grado (ingeniero electrónico). Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecanicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

HUA, Ying, Anne OSWALD, and Xiaodi YANG, Effectiveness of Daylighting Design and Occupant Visual Satisfaction in a LEED Gold Laboratory Building, Building and Environment, 46 (2011), p. 54–64

IHM, Pyonchan, Abderrezek NEMRI, and Moncef KRARTI, Estimation of Lighting Energy Savings from Daylighting, Building and Environment, 44 (2009), p. 509–14

JAMALUDIN, Adi Ainurzaman, Hazreena HUSSEIN, Ati Rosemary MOHD ARIFFIN, and Nila Keumala, A Study on Different Natural Ventilation Approaches at a Residential College Building with the Internal Courtyard Arrangement, Energy and Buildings, 72 (2014), p. 340–52

JELLE, Bjørn Petter, The Challenge of Removing Snow Downfall on Photovoltaic Solar Cell Roofs in Order to Maximize Solar Energy efficiency—Research Opportunities for the Future, *Energy and Buildings*, 67 (2013), p. 334–51

ALVARADO PÉREZ, Jhon Dairo and BARAJAS GUAVA César, Estudio Técnico de Potenciales Aplicaciones Domóticas En Seguridad Para El Edificio Eléctrica II Bucaramanga, 2011, p. 128. Trabajo de grado (ingeniero electrónico). Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

JIMENEZ, Edy E., and Levis R. CABRERA, Transient Analysis of the Interconnection of Fuel Cells as a Distributed Generation at the University of Puerto Rico at Mayaguez Campus, in *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference (WSC)* (Mayaguez, PR, USA: IEEE, 2009), pp. 1542–54

MURILLO S. Joaquin., and ROLDAN P. Carlos, Model of Application of Distributed Generation in Colombia Rural Zones, in *PES T&D 2012* (Orlando, Florida, EE.UU: IEEE, 2012), pp. 1–9

JONES, Paula, COLIN J. Trier, and Jonathan P. RICHARDS, Embedding Education for Sustainable Development in Higher Education: A Case Study Examining Common Challenges and Opportunities for Undergraduate Programmes, *International Journal of Educational Research*, 47 (2008), p. 341–50

DURÁN CHACÓN, José Vicente and GIL FERNÁNDEZ Algemiros José, Generación de Energía Eléctrica a Partir de Una Bicicleta Estática: Montaje de Una Unidad Generadora Piloto Bucaramanga, 2014, p. 195. Trabajo de grado (ingeniero electricista). Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

KARLESSI, T., M. Santamouris, K. APOSTOLAKIS, a. Synnefa, and I. LIVADA, Development and Testing of Thermochromic Coatings for Buildings and Urban Structures, *Solar Energy*, 83 (2009), p. 538–51

KOESTER, Robert J., James EFLIN, and John VANN, Greening of the Campus: A Whole-Systems Approach, *Journal of Cleaner Production*, 14 (2006), p. 769–79

KOLOKOTSA, D., P. Maravelaki-KALAITZAKI, S. PAPANTONIOU, E. VANGELOGLOU, M. Saliari, T. KARLESSI, and others, Development and Analysis of Mineral Based Coatings for Buildings and Urban Structures, *Solar Energy*, 86 (2012), p. 1648–59

KOLOKOTSA, D., D. Rovas, E. KOSMATOPOULOS, and K. KALAITZAKIS, A Roadmap towards Intelligent Net Zero- and Positive-Energy Buildings, *Solar Energy*, 85 (2011), p. 3067–84

LEE, W.L., and J. BURNETT, Benchmarking Energy Use Assessment of HK-BEAM, BREEAM and LEED, *Building and Environment*, 43 (2008),p. 1882–91

LENZHOLZER, Sanda, and Robert D. BROWN, Climate-Responsive Landscape Architecture Design Education, *Journal of Cleaner Production*, 61 (2013),p. 89–99

LEUNG, Tony C.Y., PRIYADARSINI Rajagopalan, and Robert FULLER, Performance of a Daylight Guiding System in an Office Building, *Solar Energy*, 94 (2013),p. 253–65

LIZARAZU BASTO, Yury Bibiana, and Leydi Andrea TORRES SALAZAR, Diseño de Un Sistema de Generación Eléctrica Fotovoltáica Y Una Red Eléctrica En Corriente Continua En Baja Tensión Para El Nuevo Edificio de Eléctrica II de La Universidad Industrial de Santander Bucaramanga, 2010, p. 295. Trabajo de grado (ingeniero electricista). Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecanicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

LOZANO, M, and J VALLES, An Analysis of the Implementation of an Environmental Management System in a Local Public Administration, *Journal of Environmental Management*, 82 (2007), p. 495–511

MACIEL, Alexandra a., Brian FORD, and Roberto Lamberts, Main Influences on the Design Philosophy and Knowledge Basis to Bioclimatic Integration into Architectural design—The Example of Best Practices, *Building and Environment*, 42 (2007), p. 3762–73

MAKKONEN, H., V. TIKKA, T. KAIPIA, J. LASSILA, J. PARTANEN, and P. SILVENTOINEN, Implementation of Smart Grid Environment in Green Campus Project, in *CIREC 2012 Workshop: Integration of Renewables into the Distribution Grid* (Lisbon, Portugal: IET, 2012), pp. 240–240

MASSOUD Amin, S., and B.F. WOLLENBERG, Toward a Smart Grid: Power Delivery for the 21st Century, *IEEE Power and Energy Magazine*, 3 (2005), p. 34–41

MÉNDEZ MUÑIZ, Javier María, and Rafael CUERVO GARCÍA, Energía Solar Fotovoltáica, in *Energía Solar Fotovoltáica*, ed. by Fundación Confemetal, 2a Edición (Madrid, España: ECA instituto de Tecnología y Formación S.A.U, 2007), pp. 29–45

VAN DE MEUGHEUVEL, Niels, Ashish PANDHARIPANDE, David CAICEDO, and P.P.J. van den Hof, Distributed Lighting Control with Daylight and Occupancy Adaptation, *Energy and Buildings*, 75 (2014), p. 321–29

MIENSKI, Rozmyslaw, Ryszard PAWELEK, Irena WASIAK, and Piotr Gburczyk, Monitoring and Control Systems for Testing Microgrids Operation on the Example

of Laboratory of Distributed Generation at the Technical University of Lodz, in 2009 10th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation (Lodz, Poland: IEEE, 2009), pp. 1–6

MÜLLER-CHRIST, Georg, Stephen Sterling, Rietje VAN DAM-MIERAS, Maik ADOMËNT, Daniel FISCHER, and Marco RIECKMANN, The Role of Campus, Curriculum, and Community in Higher Education for Sustainable Development – a Conference Report, *Journal of Cleaner Production*, 62 (2014), p.134–37

National Renewable Energy Laboratory NREL, Rachel Gelman, Mike Meshek, Stacy Buchanan, and Erica Augustine, 2012 Renewable Energy Data Book: Worldwide Renewable Electricity Capacity, 2013, p. 42

NYUK HIEN, Wong, Tan PUAY YOK, and Chen YU, Study of Thermal Performance of Extensive Rooftop Greenery Systems in the Tropical Climate, *Building and Environment*, 42 (2007), p. 25–54

PERALTA SEVILLA, Arturo, and Ferney AMAYA FERNÁNDEZ, Evolución de Las Redes Eléctricas Hacia Smart Grid En Países de La Región Andina, *Revista Educación en Ingeniería*, 15 (2013), p. 52

PÉREZ, Gabriel, Anna Vila, LÍDIA RINCÓN, Cristian Solé, and Luisa F. CABEZA, Use of Rubber Crumbs as Drainage Layer in Green Roofs as Potential Energy Improvement Material, *Applied Energy*, 97 (2012), p. 347–54

RAMÍREZ, A CASTILLO, Barreras Para La Implementación de Generación Distribuida: Dos Representantes de Países Desarrollados vs. Un Representante de País En Desarrollo, *Revista Tecnura*, V (2012), p. 62–75

RANKY, P. G., and O. KALABA, Sustainable Lean Six-Sigma Green Engineering System Design Educational Challenges and Interactive Multimedia Solutions, 2012 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology (ISSST), 2012, 1–6

REED, Gregory F., and William E. STANCHINA, The Power and Energy Initiative at the University of Pittsburgh: Addressing the Aging Workforce Issue through Innovative Education, Collaborative Research, and Industry Partnerships, in *IEEE PES T&D 2010* (IEEE, 2010), pp. 1–7

RENJIFO VÉLEZ, Federico, Tomás GONZALEZ ESTRADA, Alonso MAYELO CARDONA, Eduardo JUNGUITO, Luis Fernando LÓPEZ, Patricia ZÚÑIGA MIÑO, and others, PROURE: Programa de Uso Racional Y Eficiente de Energía Y Fuentes No Convencionales de Colombia (Bogota D.C., 2012), pp. 1–16

RODRIGUEZ ARBELAEZ, Luis, Experiencia En El Desarrollo de Proyectos de Energía Eólica: Parque Eólico Jepirachi, in *Foro de normalización y contexto*

nacional de energía solar y eólica ICONTEC - UPME (Empresas Públicas de Medellín E.S.P., 2008), p. 19

SALAMEH, Z M, and A B CULTURA, Small Scale Distributed Generation System at University of Massachusetts Lowell, in IEEE PES General Meeting (Massachusetts Lowell; USA: IEEE, 2010), pp. 1–6

SALEHI, Vahid, Ahmed MOHAMED, Ali MAZLOOMZADEH, and Osama A. MOHAMMED, Laboratory-Based Smart Power System, Part I: Design and System Development, IEEE Transactions on Smart Grid, 3 (2012), 1394–1404

SANCHEZ, Miguel Angel, Componentes de Un Sistema Solar Fotovoltáico, in Energía solar Fotovoltáica, ed. by Grupo Noriega editores (Mexico: Ed. Limusa, 2013), pp. 31–52

SHARIFI, Ayyoob, and Akito MURAYAMA, Neighborhood Sustainability Assessment in Action: Cross-Evaluation of Three Assessment Systems and Their Cases from the US, the UK, and Japan, Building and Environment, 72 (2014), p. 243–58

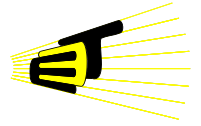
STOPPEL, Christopher. M., and Fernanda LEITE, Evaluating Building Energy Model Performance of LEED Buildings: Identifying Potential Sources of Error through Aggregate Analysis, Energy and Buildings, 65 (2013), p. 185–96

THOMASSIAN, Jean-claude, and Anoop DESAI, Work in Progress - Developing a Curriculum for a Minor in ' Sustainability ' by the Incorporation of Quality Function Deployment (QFD) Techniques, 2009, p. 2–3

YAGCITEKIN, Bunyamin, Mehmet UZUNOGLU, Birol OCAL, Eren TURAN, and Ahmet TUNC, Development of Smart Charging Strategies for Electric Vehicles in a Campus Area, in 2013 European Modelling Symposium (Istanbul, turkey: IEEE, 2013), pp. 432–36

ANEXOS

ANEXO A: ACTAS



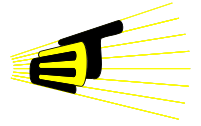
SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

ACTA DE REUNIÓN No. 1					
SITIO DE REUNION : Aula 207 Edificio de Laboratorios Pesados					
FECHA	DIA	MES	AÑO	HORA DE INICIO	HORA DE TERMINACION
	25	07	2014	2:00pm	4:00pm
ESPACIO O INSTANCIA DE PARTICIPACIÓN			Presentación y debate		
PONENTE			Carlos Humberto Cordero Herrera Gilberto Alonso Vera Pabón		
PRESENTADORA			Ruth Natalia Angarita Tarazona		
RELATOR			Juan Moisés Reales Ospino		

<i>TEMA A DESARROLLAR: Conceptos desarrollo sostenible y campus verde.</i>
<i>SÍNTESIS DE LA SESIÓN</i>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollo Sostenible <ul style="list-style-type: none"> - Antecedentes - Definición - Elementos: Dimensión social, económica y ambiental 2. Definición de Campus Verdes 3. Campus Verdes y la sostenibilidad Normatividad y certificación de un Campus Verde

<i>OBSERVACIONES</i>
<ol style="list-style-type: none"> 1. La sesión se realizó con éxito y contó con una nutrida asistencia por parte de los estudiantes de la escuela de ingeniería eléctrica, electrónica y telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander. 2. Luego de la exposición se presentó un buen y nutrido debate sobre qué tan viable y conveniente sería transformación del campus de la Universidad Industrial de Santander en un campus verde. Al igual, se trataron temáticas como consecución y manejo del presupuesto para estos fines, incentivos académicos y alfabetización medioambiental. Fue muy importante la participación de diversos estudiantes de pregrado y en especial estudiantes de postgrado.

<i>CONCLUSIONES</i>



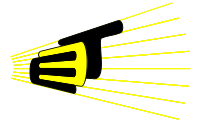
SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

Entre las conclusiones y aportes que se plantearon en la sesión:

1. Se observó que el gran tamaño poblacional de las instituciones de educación superior y su extensa infraestructura demandan grandes recursos en la operación normal propia de sus actividades, generando un impacto considerable al medio ambiente. Es por ello que se resalta el concepto de sostenibilidad aplicable al campus, pues dichas actividades con elevados costos se podrían reducir drásticamente con un mejor uso de los recursos como lo propone el desarrollo sostenible. También se enfatiza en el compromiso de la UIS y el gran interés que tiene en estos temas especialmente la escuela E3T, donde se ha investigado sobre energías renovables, edificios bioclimáticos, entre otras temáticas sostenibles y ha implementado diversos conceptos de gestión ambiental que han dado muy buenos resultados.
2. Se concluye que la universidad además de ser un centro de información técnica y científica del país, tiene un compromiso inherente de formar profesionales concientizados de construir un mejor desarrollo; en este sentido, la universidad se acoge al concepto de campus verde. La universidad está contribuyendo con conocimiento en la construcción de una sociedad sostenible, porque con la socialización de todas estas investigaciones se llega a la aplicabilidad en la región dando conocimiento y ayudando a mejorar la calidad de vida de las personas acompañado de la reducción del impacto negativo al medio ambiente.

La presente Acta de Reunión fue revisada y aprobada por:

	NOMBRE	EMAIL	FIRMA

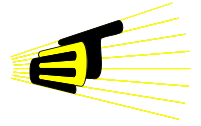


SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

ACTA DE REUNIÓN No. 2					
SITIO DE REUNION : Aula 207 Edificio de Laboratorios Pesados					
FECHA	DÍA	MES	AÑO	HORA DE INICIO	HORA DE TERMINACIÓN
	01	08	2014	2:00pm	4:00pm
ESPACIO O INSTANCIA DE PARTICIPACIÓN			Presentación y debate		
PONENTE			Juan Moisés Reales Ospino		
PRESENTADOR			Gilberto Alonso Vera Pabón		
RELATOR			Carlos Humberto Cordero Herrera Ruth Natalia Angarita Tarazona		

<i>TEMA A DESARROLLAR: Metodologías de certificación y gestión ambiental para campus verde.</i>
SÍNTESIS DE LA SESIÓN
<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Para qué implementar un sistema de gestión ambiental? 2. Descripción de los sistemas de gestión ambientales más conocidos e implementados a nivel mundial en instituciones de educación superior: <ul style="list-style-type: none"> - Global Reporting Initiative (GRI) - Eco-Management And Audit Scheme (EMAS) - The Sustainability Tracking Assessment & Rating System (STARS) - Campus Sustainability Assessment Framework (CSAF) - International Sustainable Campus Network (ISCN–GULF) - Normas ISO 14031 Y 14001 3. Sondeo de costos y membresías. Posible aplicación de un sistema de gestión ambiental en la Universidad Industrial de Santander.

OBSERVACIONES
<ol style="list-style-type: none"> 1. El salón asignado fue ocupado por un profesor de otra asignatura afirmando que el aula le fue asignada, motivo por el cual se procedió a cambiar de salón rápidamente (IE 207). 2. Luego de la exposición se presentó un buen y nutrido debate sobre cuál de las metodologías de certificación era la más viable para la universidad. Fue muy importante la participación de diversos estudiantes de pregrado y en especial estudiantes de postgrado.



SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

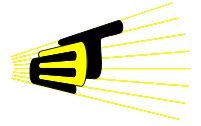
CONCLUSIONES

Entre las conclusiones y aportes que se plantearon en la sesión:

1. Entre las diversas metodologías de certificación y de gestión ambiental para campus verdes la que posee mayor viabilidad en la Universidad Industrial de Santander, según lo debatido, es la International Sustainable Campus Network (ISCN–GULF), ya que posee características combinadas de Global Reporting Initiative (GRI) y The Sustainability Tracking Assessment & Rating System (STARS), sin embargo se encuentran diversas barreras para su implementación entre ellas los costos y membresías. También fue resaltada la importancia y facilidad de implementación de la familia de las ISO 14000 en universidades con sistemas de gestión ISO ya implementados.

La presente Acta de Reunión fue revisada y aprobada por:

	NOMBRE	EMAIL	FIRMA

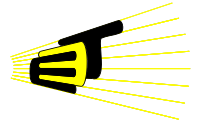


SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

ACTA DE REUNIÓN No. 3					
SITIO DE REUNION : Aula 207 Edificio de Laboratorios Pesados					
FECHA	DIA	MES	AÑO	HORA DE INICIO	HORA DE TERMINACION
	08	08	2014	2:00pm	4:00pm
ESPACIO O INSTANCIA DE PARTICIPACIÓN			Presentación y debate		
PONENTE			Ruth Natalia Angarita Tarazona		
PRESENTADOR			Carlos Humberto Cordero Herrera		
RELATOR			Gilberto Alonso Vera Pabón		
			Juan Moisés Reales Ospino		

TEMA A DESARROLLAR: Normatividad Metodologías de certificación y gestión ambiental para campus verde.	
SÍNTESIS DE LA SESIÓN	
1.	<p>Normativa existente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Antecedentes - Constitución - Tratados y convenios internacionales - Legislación ambiental aplicable a la UIS - Notas finales de la sección
2.	<p>Certificaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> - Valoración de eficiencia de referencia de edificios, VERDE (GBCE) - Leadership in Energy & Environmental Design. LEED (USGBC) - Building Research Establishment Environmental Assessment. BREEAM (BRE GROUP) - Green Star (GBCA) - Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency CASBEE (IBEC) - Notas finales de la sección - Posibles aplicaciones en la UIS

OBSERVACIONES	
1.	<p>Los participantes de esta sesión se vieron muy interesados en este tema, ya que algunos de ellos están trabajando en temas similares y su aporte fue significativo en el desarrollo del seminario.</p>



SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

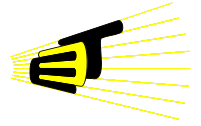
CONCLUSIONES

Entre las conclusiones y aportes que se plantearon en la sesión:

1. Se concluye, a partir de la investigación realizada y los debates tenidos de la misma, que de los sistemas de gestión ambiental internacionales más viables para la Universidad Industrial de Santander son International Sustainable Campus Network (ISCN–GULF) y la familia ISO 14000. Se ha llegado a esta apreciación luego de estudiar diversos sistemas y certificaciones ambientales en donde se encontró que ISO 14000 es la estandarización internacional de normativas europeas ambientales con fácil implementación en organizaciones con sistemas de gestión ya implementados, aclarando que este estándar no es propiamente para universidades sino para organizaciones en general. También se encontró que ISCN-GULF es la fusión de diversos sistemas de gestión creados tanto para la industria como para la educación superior, los más conocidos son Global Reporting Initiative (GRI) y The Sustainability Tracking Assessment & Rating System (STARS), por lo que ISCN-GULF combina las ventajas particulares de cada sistema de gestión y crea uno específicamente para la educación superior.

La presente Acta de Reunión fue revisada y aprobada por:

	NOMBRE	EMAIL	FIRMA

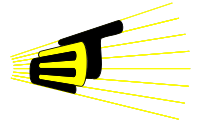


SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

ACTA DE REUNIÓN No. 4					
SITIO DE REUNION : Aula 207 Edificio de Laboratorios Pesados					
FECHA	DÍA	MES	AÑO	HORA DE INICIO	HORA DE TERMINACIÓN
	29	08	2014	2:00pm	4:00pm
ESPACIO O INSTANCIA DE PARTICIPACIÓN			Presentación y debate		
PONENTE			Carlos Humberto Cordero Herrera		
PRESENTADOR			Gilberto Alonso Vera Pabón		
RELATOR			Juan Moisés Reales Ospino		

TEMA A DESARROLLAR: Diagnóstico de la UIS respecto al concepto campus verde.
SÍNTESIS DE LA SESIÓN
<ol style="list-style-type: none"> 1. La educación UIS dirigida al fomento del concepto de campus verde. <ul style="list-style-type: none"> - La educación actual en la UIS con enfoque al concepto de desarrollo sostenible. - Métodos de enseñanza, educación y posible cambio de pensum 2. La gestión ambiental en el campus de la universidad de acuerdo con URE y URA <ul style="list-style-type: none"> - Socialización de los programas ambientales. - Logros de la gestión ambiental en el campus. 3. Operación del campus y sus reconocimientos obtenidos a nivel universitario. <ul style="list-style-type: none"> - Ubicación de la UIS según el UI GreenMetric World Universities Ranking. - CEIAM. - Proyecto Suma. 4. Posible certificación LEED en el edificio de eléctrica que le brindaría a la universidad un reconocimiento a nivel nacional e internacional en temas de construcciones verdes. <ul style="list-style-type: none"> - Objetivo. - Revisión de las condiciones del edificio de eléctrica respecto a una posible certificación LEED. 5. La aplicación de un sistema de gestión de energía basado en ISO 50001 en el campus. <ul style="list-style-type: none"> - Objetivos de la norma. - Pasos para implementar la norma. - Implementación en diferentes organizaciones.

OBSERVACIONES



SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

OBSERVACIONES

1. Se observó el gran interés que provocaba el tema del cambio del pensum en la escuela de eléctrica, ya que se no se le da el apoyo adecuado a estas nuevas tendencias debido a que muchos profesores de E3T no les parece conveniente.

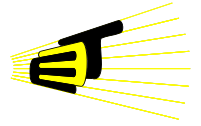
CONCLUSIONES

Entre las conclusiones y aportes que se plantearon en la sesión:

1. Existen demasiadas deficiencias respecto a la educación y concientización en EDS en la UIS, muchos profesores no ven la necesidad de inculcarle los estudiantes estos temas. A pesar que en la universidad se han realizado muchos programas de concientización y socialización la efectividad ha sido muy poca o nula, ya que al paso del tiempo todo esto se olvida o se considera de baja prioridad en el presupuesto de la UIS. Se debe realizar un trabajo con los estudiantes de primer nivel que apoye todas estrategias de socialización y concientización.
2. Un tema importante que se debatió fue la modificación del pensum, porque una modificación podría afectar a la acreditación institucional que posee la UIS. Además, con la intervención del profesor Ordoñez se concluyó que el principal problema en la modificación de los pensum son los mismos profesores que no tiene la menor intención de adentrarse en esta clase de educación.
3. Se vio la posibilidad de trabajar en los lineamientos de la certificación, sin buscarla, ya que sus costos de certificación son elevados. Obteniendo los beneficios del certificado y una gran experiencia para universidad en estos aspectos.
4. Se comentó que entre los obstáculos que se presentan para la implementación de nuevas tecnologías en el campus está el poco conocimiento de las autoridades que vigilan el presupuesto en la universidad. Esto ocurrió con el techo verde ya que por poco conocimiento las autoridades consideraron que ese techo era un detrimento al presupuesto público, es decir, si no hay políticas claras y autoridades competentes estas nuevas tecnologías no serán debidamente desarrolladas en el país.

La presente Acta de Reunión fue revisada y aprobada por:

	NOMBRE	EMAIL	FIRMA



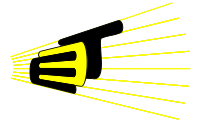
SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

<h2 style="margin: 0;">ACTA DE REUNIÓN No. 5</h2>					
SITIO DE REUNION : Aula 207 Edificio de Laboratorios Pesados					
FECHA	DÍA	MES	AÑO	HORA DE INICIO	HORA DE TERMINACION
	05	09	2014	2:00pm	4:00pm
ESPACIO O INSTANCIA DE PARTICIPACIÓN				Presentación y debate	
PONENTE				Ruth Natalia Angarita Tarazona	
PRESENTADOR				Juan Moisés Reales Ospino	
RELATOR				Carlos Humberto Cordero Herrera	

TEMA A DESARROLLAR: Investigaciones en educación, socialización y arquitectura bioclimática.

SÍNTESIS DE LA SESIÓN

1. Educación para el desarrollo sostenible (EDS)
 - EDS en las instituciones de educación superior
 - Objetivo y retos
 - Métodos de enseñanza y educación online
2. Socialización
 - Community-Based Social Marketing (CBSM)
 - Encuestas como retroalimentación por parte de la comunidad
3. Reflexión y posibles aplicaciones de la EDS en la Universidad Industrial de Santander (UIS)
4. Arquitectura bioclimática
 - Objetivo
 - Estrategias, evaluación y funcionamiento
 - Orientación
 - o Visión clásica
 - o Métodos de evaluación
 - Geometría
 - o Visión clásica: edificación y ángulo óptimo del techo para captación solar
 - o Comparación con otras geometrías
 - Iluminación natural
 - o Métodos
 - o Evaluación de sistemas en operación
 - o Simulación y sistema de control de iluminación
 - Ventilación natural
 - o Métodos
 - o Evaluación de sistemas en operación



SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

TEMA A DESARROLLAR: Investigaciones en educación, socialización y arquitectura bioclimática.

SINTESIS DE LA SESION

- Materiales
 - o Materiales utilizados para aislamiento térmico e innovaciones
 - o Techos verdes
- 5. Reflexión y posibles aplicaciones de la arquitectura bioclimática en la Universidad Industrial de Santander (UIS)

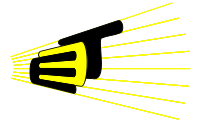
OBSERVACIONES

1. La ponente se encuentra realizando una maestría en Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Oklahoma, USA; por lo tanto, la sesión se realizó de manera remota. Esto representó ciertos desafíos y dificultades técnicas especialmente por la calidad del internet de la Universidad Industrial de Santander.
2. Debido a las dificultades técnicas la sesión inicio con 40 minutos de retraso, lo que represento la eliminación la etapa de discusión puesto que el aula debía ser ocupada inmediatamente después de las 4 pm.

CONCLUSIONES

Debido a que desafortunadamente la etapa de discusión no se realizó, las siguientes conclusiones fueron planteadas los integrantes del proyecto:

1. Las medidas más importantes para incorporar la EDS en la UIS son la educación y concientización de toda la planta docente, y garantizar espacios para el aprendizaje y desarrollo de alternativas en el marco de la EDS por parte de los estudiantes. Dado que, los profesores y estudiantes son sin lugar a dudas el motor de la generación de conocimiento no solo de la universidad sino de la región. Esto posteriormente debe ir de la mano con políticas de la universidad que dediquen fondos y espacios a las ideas que de allí puedan surgir.
2. La incorporación de la EDS en la UIS, supone un cambio en la dinámica donde el profesor es el orador principal, para dar cabida a un trabajo mucho más activo por parte del estudiante. Esta podría ser entonces, una herramienta clave para su incorporación exitosa en la UIS, puesto que rompería la rutina que llevan la mayoría de clases y haría sentir a los estudiantes parte del cambio hacia un campus verde.
3. Las diferentes edificaciones del campus central de la UIS, presentan diferentes estrategias de la arquitectura bioclimática como utilización de fachadas de alto albedo, y ventilación e iluminación natural. Paralelamente, diferentes proyectos de grado evalúan algunos



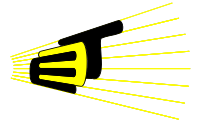
SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

CONCLUSIONES

criterios LEED en las edificaciones. Aunque LEED abarca muchos más aspectos que la arquitectura bioclimática, en la evaluación del edificio Oscar Meier pudimos observar que una certificación LEED no es sinónimo de aprovechamiento óptimo de la radiación solar. Por lo tanto, dado el capital que debería invertirse para la certificación y las condiciones favorables del clima templado de la ciudad de Bucaramanga, consideramos que es una mejor alternativa que la universidad institucionalice estrategias de arquitectura ambientalmente consiente incluyendo técnicas de arquitectura bioclimática.

La presente Acta de Reunión fue revisada y aprobada por:

	NOMBRE	EMAIL	FIRMA

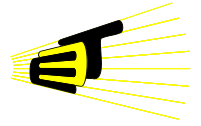


SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

ACTA DE REUNIÓN No. 6					
SITIO DE REUNION : Aula 403 Edificio de Ingeniería Eléctrica					
FECHA	DÍA	MES	AÑO	HORA DE INICIO	HORA DE TERMINACION
	14	10	2014	2:00pm	5:00pm
ESPACIO O INSTANCIA DE PARTICIPACIÓN			Presentación y debate		
PONENTE			Juan Moisés Reales Ospino		
PRESENTADOR			Gilberto Alonso Vera Pabón		
RELATOR			Carlos Humberto Cordero Herrera		

<i>TEMAS A DESARROLLAR: Economía, Presupuesto Y Transporte En Un Campus Verde.</i>
<i>SINTESIS DE LA SESION</i>
<ol style="list-style-type: none"> 6. Transporte en un campus verde 7. Movilidad sostenible 8. La bicicleta como símbolo de sostenibilidad 9. El transporte público y masivo, un reto 10. Movilidad sostenible en las universidades 11. Economía y presupuesto de un campus verde 12. Iniciativas sostenibles en distintas universidades del mundo como alternativas para reducir costos 13. Economía relacionada con políticas sostenibles

<i>OBSERVACIONES</i>
<ol style="list-style-type: none"> 3. La sesión fue desarrollada en el aula 403 de IE sin ningún inconveniente. 4. Luego de la exposición se presentó el debate centrándose sobre las medidas más viables que podría tener la universidad en cuanto a movilidad sostenible y financiación de proyectos sostenibles dentro de la misma.



SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

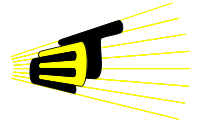
CONCLUSIONES

Estas fueron las conclusiones planteadas por el grupo luego del debate:

1. La economía dentro de un campus sostenible depende de diversos factores, especialmente el presupuesto con el que se cuenta; sin embargo, a pesar del dilema financiero de las instituciones de educación superior respecto a la inversión de sus presupuestos en proyectos de sostenibilidad, muchas universidades del mundo le están apostando fuertemente a este aspecto, con la visión de que representa una fuente de ahorros relevante, pero que necesita un respaldo financiero constante en el tiempo.
2. Se recalca la importancia de revisar a fondo la movilidad en un campus universitario, específicamente en la Universidad Industrial de Santander, pues se encontró que esta actividad es la que más gases de efecto invernadero aporta a la atmosfera y también es uno de los pilares de la sostenibilidad tanto como para las operaciones al interior del campus como en la interacción entre la comunidad universitaria y la sociedad.
3. Si de verdad las universidades de Bucaramanga desean implementar planes eficientes en términos de movilidad sostenible, se debe primero abordar el tema desde la perspectiva de estrategias de orden político. Entrando a dialogar con los entes gubernamentales y municipales para brindar herramientas y estrategias que beneficien la movilidad en el transporte masivo público, pues dicho servicio en Bucaramanga es mal catalogado hoy día, o en movilidad en bicicleta, pues no existen ciclo vías que protejan a los ciclistas y gran cantidad de prohibiciones frente al uso de la bicicleta en varias zonas de la ciudad.

La presente Acta de Reunión fue revisada y aprobada por:

	NOMBRE	EMAIL	FIRMA



SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

ACTA DE REUNIÓN No. 7					
SITIO DE REUNION : Aula 406 Edificio de Ingeniería Eléctrica					
FECHA	DÍA	MES	AÑO	HORA DE INICIO	HORA DE TERMINACION
	14	10	2014	2:00pm	3:30pm
ESPACIO O INSTANCIA DE PARTICIPACIÓN			Presentación y debate presencial		
PONENTE			Gilberto Alonso Vera Pabón		
PRESENTADOR			Carlos Humberto Cordero		
RELATOR			Juan Moisés Reales Ospino		

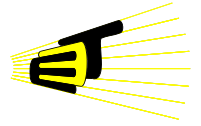
TEMAS A DESARROLLAR: Investigaciones y aplicaciones de generación distribuida, energía y medio ambiente

SINTESIS DE LA SESION

- 14. Generación Distribuida (GD)**
 - Características
 - Tecnologías
 - GD y Smarts Grids
 - Experiencias Universitarias
 - GD en Colombia y sus connotaciones sociales
- 15. Energía y medio ambiente**
 - Panorama energético
 - Panorama medioambiental
 - Usos de las FNCE
 - Estrategias nacionales
 - Experiencias Universitarias

DESARROLLO DE LA REUNIÓN

- 1.** la sesión empezó con la presentación por parte del señor Carlos Humberto Cordero indicando el orden temático de la sesión y la presentación del expositor.
- 2.** Posteriormente se continuó con la presentación del expositor Gilberto Alonso Vera Pabón, sobre el primer módulo de la sesión del día sobre Generación distribuida, donde expuso características, tecnologías, interacciones en la red, experiencias universitarias y en el país.
- 3.** Seguidamente, se expuso el segundo módulo temático de la sesión sobre energía y medio ambiente, mostrando los panoramas energético y ambiental y el uso de FNCE en universidades y en el país.
- 4.** Luego de la exposición de las temáticas del día, se procede a comenzar el debate en base



SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

a los temas expuestos enfocándose en sus aplicaciones en el campus de la Universidad Industrial de Santander.

5. El presentador da por finalizada la sesión y consigo el culmina el ciclo de sesiones del seminario de investigación de Campus Verdes.

OBSERVACIONES

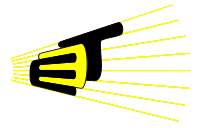
5. La sesión se realizó con éxito y contó con una aceptable asistencia por parte de los estudiantes de la escuela de ingeniería eléctrica, electrónica y telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander.
6. Luego de la exposición, se presentó un pequeño debate sobre la implementación de la GD del campus de la Universidad Industrial de Santander y sus afectaciones en la calidad y eficiencia del suministro de electricidad en el campus. Al igual, se interactuó con los participantes en temáticas como redes eléctricas y nuevas tecnologías de generación de electricidad.

CONCLUSIONES

1. Uno de los pasos para lograr la transformación del campus universitario hacia un campus verde, debe ser la modernización de las redes eléctricas de la universidad, debido a que con esto se puede mejorar la calidad del servicio, reducir pérdidas, prevenir fallos y monitorizar cada una de las variables eléctricas de cada proceso misional de la universidad.
2. La incorporación de la GD es fundamental para lograr la modernización de las redes y consigo reducir el consumo energético proveniente de las redes de distribución de energía eléctrica local y proporcionar una generación autónoma y eficiente según el tipo de demanda de energía que se tenga
3. Al implementar la GD, estaríamos aprovechando los potenciales energéticos renovables que posee el campus de la universidad, mitigando efectos contaminantes en los procesos de generación de energía eléctrica de manera convencional.
4. El uso de redes inteligentes y GD en el campus universitario crearía un laboratorio piloto de experimentación e investigación, el cual podría enriquecer y darle un plus de conocimiento al estudiantado.

La presente Acta de Reunión fue revisada y aprobada por:

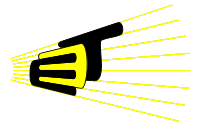
	NOMBRE	EMAIL	FIRMA



SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

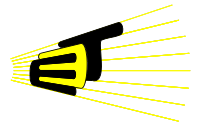
--	--	--	--

ANEXO B: EVIDENCIAS



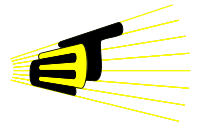
SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE





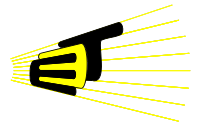
SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE





SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

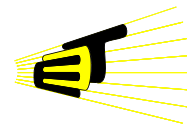




SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

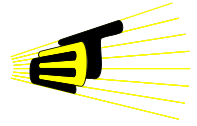


ANEXO C: LISTAS DE ASISTENCIA



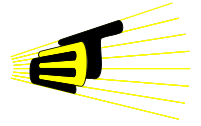
SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

Seminario campus verde UIS			
Sesión 1. Conceptos básicos sobre campus verde			
Julio 25 de 2014			
	Nombre	Rol dentro de la comunidad UIS	Firma
1	Laura Yazmin Amado D.	Est. de maestría EST	<i>Laura Yazmin Amado Duarte</i>
2	Jorge Luis Cárdenas Rangel	Est. Maestría Electrica	<i>Jorge Cárdenas</i>
3	Fabian Albeiro Ortiz Niño	Est. Pregrado Electrica	<i>Fabian A. Ortiz</i>
4	María Teresa García R	Est. Pregrado electrónica	<i>Maria T. Garcia</i>
5	Juan Manuel Rey L	Docente E3T	<i>Juan Manuel Rey</i>
6	Cristian Camilo Accuedo R	est. Pregrado. electronica	<i>Cristian A</i>
7	Carlos Julian Barón	est. Pregrado. Electrica	<i>Carlos Julian Barón</i>
8	Sergio A. Setziano Goso	EST. PREGRADO ELECTRONICA	<i>Sergio A. Setziano</i>
9	M ^a Fernanda Rivera	visitante	<i>M^a Fernanda Rivera</i>
10	Diego Fernando Acero	Est. Pregrado Electrica	<i>Diego Acero</i>
11	Jhon James Amantez Palacios	est. Pregrado electrónica	<i>Jhon James Amantez</i>
12	Jose Luis Garay Urbina	est. Pregrado electrónica	<i>Jose Luis Garay</i>
13	Hugo Andrés Rojas Pérez	Est. pregrado electrónica	<i>Hugo Andrés Rojas</i>
14	Brandon Blandon	visitante	<i>Brandon Blandon</i>
15	Didier Arguilla	Est. Pregrado electrica	<i>Didier Arguilla</i>
16	Euberto Navano Torres	Est. Pregrado Ing. Electronica	<i>Euberto Navano</i>
17	Carlos Andrés Cortes C.	Est. Pregrado Ingeniería	<i>Carlos A. Cortes</i>
18	JIMMY A. ROA R	EST PREGRADO ELECTRONICA	<i>JIMMY A. ROA</i>
19	Juan C. Rodríguez M.	EST. Pregrado Electrica	<i>Juan C. Rodríguez</i>
20			
21			
22			
23			
24			
25			



SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

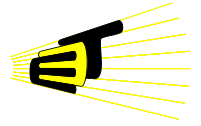
Seminario campus verde UIS			
Sesión 2. Metodologías de certificación y gestión ambiental para campus verdes			
Agosto 1 de 2014			
	Nombre	Rol dentro de la comunidad UIS	Firma
1	John Mauricio Moreno N	Estudiante	<i>John Mauricio P.</i>
2	Ernesto Sánchez Caspedes	Estudiante	Ernesto Sánchez C.
3	Alejandro Torres Verbel	Estudiante	<i>Alejandro Torres Verbel</i>
4	Diego Acosta Escarcia	Investigador	<i>Diego Acosta Escarcia</i>
5	Jorge L Cardenas Rangel	Estudiante Maestría Eléctrica	Jorge Cárdenas R.
6	Juan Manuel Rey	Docente E3T	<i>Juan Manuel Rey</i>
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			



SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

Seminario campus verde UIS
Sesión 3. Normatividad existente/certificaciones en sostenibilidad.
Agosto 8 de 2014

	Nombre	Rol dentro de la comunidad UIS	Firma	Correo Electrónico
1	Ivan Felipe Obregon Carrizo	Estudiante	Ivan Felipe Obregon	ivan.fe634@gmail.com
2	Julian Garza Mantilla	Estudiante	Julian Mantilla	Julian.mantilla@correovis.edu.co
3	Ernesto Sanchez Cespedes	Estudiante	Ernesto Sanchez C.	Ernesto.Sanchez@Correo.vis.edu.co
4	CARLOS ALBERTO AGUILAR	ESTUDIANTE	Carlos Alberto Aguilar	carreto_ac@hotmail.com
5	Nixon Estefano Ortiz M.	Estudiante	NIXON ORTIZ MORALES	nixon1578@hotmail.com
6	Ana Camelo Salgado	Egresado	Ana Camelo S	anacamelosalgado@hotmail.com
7	Yohana Carolina Galvis	Estudiante	Yohan. Galvis	yohacaro27@hotmail.com
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				

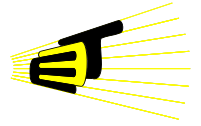


SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

SEMINARIO CAMPUS VERDES




Cuarta sesión diagnóstico e iso 50001

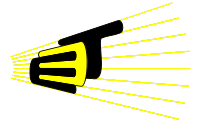
	NOMBRE	APELLIDO	ROL	FIRMA
1	Nixon Estefano	ortiz Morales	Estudiante	<i>Nixon ortiz</i>
2	José Alberto	Pérez Muñoz	Estudiante	<i>José Pérez Muñoz</i>
3	Andrés Alfredo	García Delgado	Estudiante	<i>Andrés García Delgado</i>
4	CIROA GUANA	MARCELA PEÑAS	ESTUDIANTE	<i>Ciroa Guana</i>
5	Ana Camelo Salgado	Camelo Salgado	Egresada	<i>Ana Camelo Salgado</i>
6	JOSUE REAFERBO	Reafiergo Gonzalez	estudiante	<i>Josue Reafiergo</i>
7	Julian Eduardo	Ramos Cortés	Estudiante	<i>Julian Ramos</i>
8	Carlos Alberto Montes C		Estudiante	<i>Carlos Montes</i>
9	Juan Manuel	Pérez López	DOCENTE	<i>Juan Pérez</i>
10				
11				
12				
13				
14				



SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

Seminario campus verde UIS
Sesión 5. Investigación y aplicaciones en Educación y Socialización, Arquitectura Bioclimática
Septiembre 5 de 2014

	Nombre	Rol dentro de la comunidad UIS	Firma	Correo Electrónico
1	Gabriel Orlin	Docente		gabypuis@uis.edu.co
2	Juan Manuel Rey	Docente		j.m.rey@hotmail.com
3	Johao Alexander Carane Silva	Estudiante		johao1987@gmail.com
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				



SEMINARIO DE INVESTIGACION: CAMPUS VERDE

Seminario campus verde UIS Sesión 6. Economía, presupuesto y transporte en un campus verde Sesión 7. Generación distribuida Octubre 10 de 2014			
	Nombre	Rol dentro de la comunidad UIS	Firma
1	YENNY LADA PRADA	ESTUDIANTE	<i>[Handwritten signature]</i>
2	FELIPE ANDRES PARRA	ESTUDIANTE	<i>[Handwritten signature]</i>
3	NIXON ESTEFANO ORTIZ M.	Estudiante	Nixon Ortiz
4	Andrés Felipe Luna	Estudiante	Andrés Luna
5	Emily Villalba Callejas	Estudiante	<i>[Handwritten signature]</i>
6	Andrew Beltrán Grass	Estudiante.	<i>[Handwritten signature]</i>
7	FERNANDO A. RUEDA	ESTUDIANTE	<i>[Handwritten signature]</i>
8	Ally Johanna Burgos R	Estudiante	<i>[Handwritten signature]</i>
9	SARA GUZMÁN GAMBICA	Estudiante.	<i>[Handwritten signature]</i>
10	Rolando Andrés Kinca S.	Estudiante	<i>[Handwritten signature]</i>
11	Juan Manuel Rey	Docente	<i>[Handwritten signature]</i>
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			