

# **MAESTRÍA EN GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN TECNOLOGICA, COOPERACIÓN Y DESARROLLO REGIONAL**

Modalidad de investigación

**Andrés Felipe Rúa Ortiz**

Director:

Jhoany Alejandro Valencia Arias

Doctor en Ingeniería – Industria y Organizaciones

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO  
FACULTAD CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
MEDELLÍN, COLOMBIA**

**2020**

# **Alternativas tecnológicas para la sostenibilidad energética en las entidades públicas y privadas del municipio de Bello**

**Andrés Felipe Rúa Ortiz**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:  
**Magíster en Gestión de la Innovación Tecnológica Cooperación y Desarrollo Regional**

Director:

PhD., Jhoany Alejandro Valencia Arias

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO  
FACULTAD CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
MEDELLÍN, COLOMBIA  
2020**

*A mis padres por su apoyo incondicional,*

*A Isabel Agudelo Zapata por su comprensión y apoyo y*

*A Samuel Rúa Agudelo con quien compartiré todo*

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, al **Instituto Tecnológico Metropolitano** por formarme como un excelente profesional en las áreas de ingeniería electrónica, ingeniería de telecomunicaciones y Maestría en Gestión de la Innovación TCDR.

A mi director de tesis, **Jhoany Alejandro Valencia Arias**, por el apoyo incondicional y las oportunidades que me brindó durante el proceso, además, por permitirme estar en la línea de jóvenes investigadores bajo su dirección.

A **Diana Lorena Cadavid Higueta** por compartir siempre su conocimiento y brindarme las mejores herramientas a través de sus tutorías.

Al Doctor **Humberto Merritt Tapia** del IPN-México por permitirme ser su estudiante durante la pasantía internacional y lograr un artículo de publicación en la temática de sostenibilidad energética.

A **John Fredy Hoyos** por brindarme la posibilidad de crecer profesionalmente y siempre ser una figura de admiración y respeto.

A **Alveiro Valencia** por brindarme siempre apoyo moral y enseñarme que «la constancia vence lo que la dicha no alcanza».

A mis compañeros de clase **Hernán, Margarita, Vanessa, Johana, Fredy, Raúl, José, Alexei, Orlando, Wilson, Marcela** y los docentes **Jonathan, Juan Felipe, Olga Padierna, David Coy y Eliana** por compartir experiencias académicas y hacer de cada una de ellas aprendizajes significativos.

A los **evaluadores (Julián Uribe, Clara Marcela Mosquera y Carlos Roberto Arango)** por hacer de este trabajo en investigación mucho más estructurado aportando desde su experticia en la ciencia y la tecnología al municipio de Bello

A mis **padres, hermana, sobrinos y cuñados** que en ellos he encontrado el valor del respeto, la responsabilidad y me han brindado todo su amor, cariño y esfuerzo para hacer de mi vida lo que soy.

Y muy especialmente a **Isabel Agudelo y Samuel Rúa Agudelo** por ser las personas más importantes en mi vida y me impulsan a ser cada día mejor.

## RESUMEN

La eficiencia energética en los sectores públicos y privados aportan al desarrollo económico, social y cultural de un país o región de acuerdo con la implementación de proyectos de innovación. Algunas entidades públicas y privadas del municipio de Bello, en sus objetivos organizacionales, requieren la incorporación de políticas que promuevan el uso de energías renovables a partir de recursos tecnológicos que fomenten el desarrollo sostenible de la región. Por un lado, la Teoría de Difusión de Innovaciones (TDI) y la Tecnología-Organización-Entorno (TOE) permiten la adopción de estrategias tecnológicas para examinar el grado de madurez que tienen las tecnologías sostenibles en la actualidad. Por otro lado, los Procesos de Análisis Jerárquicos (AHP) permiten la contextualización cuantitativa de los objetivos institucionales a partir de criterios y subcriterios basados en estudios científicos para evaluar el entorno de tecnologías sostenibles disponibles, seleccionando la más adecuada para un determinado territorio. El objetivo de este trabajo de investigación es proponer alternativas tecnológicas orientadas a la sostenibilidad energética y que puedan adoptarse en algunas entidades públicas y privadas del municipio de Bello. Se ha limitado la investigación a este municipio ya que, pese a que en los planes de desarrollo territorial se incluyen proyectos de ciencia, tecnología e innovación, no existen estudios técnicos e investigativos en una articulación amplia sobre el manejo de energías renovables y adopción tecnológica. Sobre la metodología, es un estudio exploratorio-descriptivo que busca integrar el uso de energías renovables en las entidades del municipio de Bello. Como resultado, se tienen recomendaciones de alternativas para la sostenibilidad energética encontradas en los análisis realizados en el presente trabajo de investigación para impactar en el desarrollo de la región, la reducción de costos y el cuidado del medio ambiente.

**Palabras clave:** Energía renovable, adopción tecnológica, alternativas tecnológicas, innovación, medio ambiente.

## **ABSTRACT**

*Energy efficiency in the public and private sectors contributes to the economic, social and cultural development of a country or region in accordance with the implementation of innovation projects. Some public and private entities in the municipality of Bello, in their organizational objectives, require the incorporation of policies that promote the use of renewable energies from technological resources that promote the sustainable development of the region. The Theory of Dissemination of Innovations (TDI) and Technology-Organization-Environment (TOE) allow the adoption of technological strategies to examine the degree of maturity that sustainable technologies currently. On the other hand, the Hierarchical Analysis Processes (AHP) allow the quantitative contextualization of institutional objectives based on criteria and subcriteria based on scientific studies to evaluate the environment of sustainable technologies available, selecting the most suitable for a given territory. The objective of this research work is to propose technological alternatives oriented to energy sustainability that can be adopted in some public and private entities of the municipality of Bello. Research has been limited to this municipality because, although territorial development plans include science, technology and innovation projects, there are no technical and research studies in a broad articulation on renewable energy management and technological adoption. According to the methodology employed to complete this research work, this study can be categorized as an exploratory and descriptive study that seeks to integrate the use of renewable energies in the entities of the municipality of Bello. As a result, recommendations are made for alternatives to energy sustainability found in the analyses carried out in this research paper to impact the development of the region, cost reduction and environmental care.*

**Keywords:** *Renewable energy, technological adoption, technological alternatives, innovation, environment.*

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS .....	xi
LISTA DE TABLAS .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	17
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>22</b>
<b>1.1. Antecedentes.....</b>	<b>23</b>
1.1.1. Energía solar .....	25
1.1.2. Energía eólica .....	25
1.1.3. Energía hidroeléctrica .....	26
1.1.4. Energía biomasa .....	27
1.1.5. Energía biogás .....	27
1.1.6. Energía del mar .....	28
1.1.7. Energía geotérmica .....	29
1.1.8. Energía nuclear .....	30
1.2. Justificación .....	35
1.3. Marco metodológico .....	38
1.4. Municipio de Bello.....	42
1.5. Objetivos.....	46
1.5.1. Objetivo general .....	46
1.5.2. Objetivos específicos .....	46
<b>2. EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS ORIENTADAS A LA SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA .....</b>	<b>47</b>
2.1. Introducción .....	47
2.2. Contexto general de las energías renovables .....	48
2.3. Metodología .....	52
2.3.1. Indicadores de cantidad .....	54
2.3.2. Indicadores de calidad.....	66
2.3.3. Proyectos en sostenibilidad energética .....	70
2.4. Mapa topológico de autores .....	73
2.5. Mapa Discusión de los temas emergentes: evolución de la sostenibilidad energética en el mundo .....	79
2.6. Agenda de investigación .....	82

<b>2.7. Conclusiones capítulo II .....</b>	<b>84</b>
<b>3. CONDICIONES ENERGÉTICAS ACTUALES DE CINCO ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL MUNICIPIO DE BELLO .....</b>	<b>86</b>
<b>3.1. Introducción .....</b>	<b>86</b>
<b>3.2. Metodología: revisión literaria.....</b>	<b>87</b>
<b>3.2.1. Variables representativas de una red eléctrica.....</b>	<b>89</b>
<b>3.2.2. Condiciones de conectividad eléctrica de una entidad.....</b>	<b>90</b>
<b>3.2.3. Distribución de cargas de una red eléctrica.....</b>	<b>93</b>
<b>3.3. La gestión pública en el desarrollo de proyectos.....</b>	<b>96</b>
<b>3.3.1. Entidades públicas y privadas del municipio de Bello.....</b>	<b>98</b>
<b>3.3.2. Planta Mitsubishi Bello .....</b>	<b>102</b>
<b>3.4. Análisis de resultados .....</b>	<b>106</b>
<b>3.4.1. Condiciones energéticas .....</b>	<b>110</b>
<b>3.4.2. Condiciones energéticas de las cinco entidades públicas y privadas del municipio de Bello .....</b>	<b>112</b>
<b>Colegio Jorge Eliecer Gaitán Ayala .....</b>	<b>112</b>
<b>3.5. Discusión de las condiciones energéticas municipio de Bello .....</b>	<b>129</b>
<b>3.6. Conclusiones capítulo III .....</b>	<b>132</b>
<b>4. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA .....</b>	<b>134</b>
<b>4.1. Introducción .....</b>	<b>134</b>
<b>4.2. Modelos de innovación.....</b>	<b>135</b>
<b>4.2.1. Teoría de la difusión de innovaciones (TDI).....</b>	<b>135</b>
<b>4.2.2. Marco de Tecnología-Organización y entorno (TOE) .....</b>	<b>137</b>
<b>4.2.3. Nivel de maduración (TRL) .....</b>	<b>138</b>
<b>4.3. Alternativas en sostenibilidad energética .....</b>	<b>140</b>
<b>4.4. Nivel de maduración: alternativas energéticas sostenibles.....</b>	<b>142</b>
<b>4.5. Análisis de tecnologías en energías renovables aplicables al municipio de Bello 157</b>	
<b>4.6. Conclusiones capítulo IV.....</b>	<b>169</b>
<b>5. PROPUESTA TECNOLÓGICA EN SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA PARA LAS CINCO ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL MUNICIPIO DE BELLO: UN ANÁLISIS MULTICRITERIO .....</b>	<b>171</b>
<b>5.1. Introducción .....</b>	<b>171</b>
<b>5.2. Análisis jerárquico (AHP) .....</b>	<b>172</b>

5.3. Criterios de selección: condiciones necesarias .....	173
5.4. Aplicación de la metodología AHP: sostenibilidad energética .....	175
5.5. Implementación de las tecnologías: una propuesta energética .....	176
5.5.1. Consumos energéticos .....	177
5.5.2. Ubicación geográfica.....	179
5.5.3. Criterios financieros .....	185
5.6. Propuesta energética: municipio de Bello .....	187
5.7. Discusión final: alternativas de sostenibilidad energéticas en el municipio de Bello.....	194
5.8. Conclusiones.....	199
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	200
6.1. Conclusiones.....	200
6.2. Recomendaciones.....	203
BIBLIOGRAFÍA.....	206
ANEXO A. PORCIÓN DEL DESARROLLO DE CÓDIGO EN PYTHON: ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO ....	226
Librerías necesarias.....	226
Funciones principales.....	226
Lectura de archivos .....	231
Indicadores de cantidad .....	231
Tiempo .....	231
Revistas .....	233
Tipo de publicaciones.....	234
ANEXO B. ENTREVISTAS A FUNCIONARIOS DE LAS CINCO ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL MUNICIPIO DE BELLO .....	235
Colegio Jorge Eliecer Gaitán Ayala (JEGA) .....	235
Colegio Andrés Bello .....	242
Mercados y carnes OR.....	250
Colegio Betsabé Espinal (Niquia).....	256
ANEXO C. RESULTADO ENTREVISTAS A EXPERTOS DE DIFERENTES PERFILES TECNOLÓGICOS DEL MUNICIPIO DE BELLO .....	262
ANEXO D. CALCULADORA TRL .....	282
ANEXO E. MATRIZ DE HALLAZGOS ENTIDADES EVALUADAS EN EL MUNICIPIO DE BELLO .....	286



**ANEXO F. REFERENCIA DE EQUIPOS Y PROYECTOS EN MUNICIPIOS CERCANOS EN SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA ..... 290**

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Kalina Cycle System .....	31
Figura 2. Matriz de consumo energético en Colombia 2012.....	32
Figura 3. Matriz de generación energética en Colombia 2019.....	33
Figura 4. Material particulado en el Valle de Aburra entre el 2016 y 2018.....	34
Figura 5. Crecimiento poblacional del municipio de Bello.....	35
Figura 6. Consumo mundial de energía primaria (2016).....	36
Figura 7. Tendencia de precios de energía en el mercado colombiano.....	37
Figura 8. Población en América Latina .....	40
Figura 9. Distribución porcentual consumo mundial año 2018.....	52
Figura 10. Publicaciones por años .....	55
Figura 11. Cantidad acumulada de publicaciones .....	56
Figura 12. Cantidad de publicación de revistas por año .....	57
Figura 13. Top 10 autores que más publican .....	58
Figura 14. Ley de productividad en las revistas científicas .....	60
Figura 15. Ley de productividad autores .....	60
Figura 16. Top 10 Universidades en Scopus en sostenibilidad energética .....	61
Figura 17. Tipo de documento .....	62
Figura 18. Área de estudio Sostenibilidad Energética .....	64
Figura 19. Top 10 Patrocinadores (Sponsors) en Sostenibilidad Energética .....	65
Figura 20. Temáticas en Sostenibilidad Energética .....	67
Figura 21. Top 10 revistas por impacto .....	69
Figura 22. Top 10 autores más citados .....	69
Figura 23. Red global de autores sostenibilidad energética 2008-2019 .....	74
Figura 24. Red global de autores sostenibilidad energética 2008-2013 .....	75
Figura 25. Temas de discusión en Sostenibilidad Energético .....	81
Figura 26. Estructura de las condiciones energéticas en el municipio de Bello .....	88
Figura 27. Componentes básicos de una red eléctrica .....	91

Figura 28. Sistema de distribución .....	<b>95</b>
Figura 29. Irradiación horizontal en Antioquia .....	<b>100</b>
Figura 30. Geo-referenciación entidades públicas y privadas.....	<b>101</b>
Figura 31. Resultado de palabras representativas en las entrevistas funcionarios no expertos.....	<b>110</b>
Figura 32. Resultado de palabras representativas en las entrevistas funcionarios expertos.....	<b>110</b>
Figura 33. Consumos eléctricos colegio JEGA en kWh y \$\$ entre los años 2017-2019 .....	<b>116</b>
Figura 34. Consumos eléctricos colegio Andrés Bello en kWh y \$\$ entre los años 2017- 2019.....	<b>119</b>
Figura 35. Consumos eléctricos Mercados y carnes OR en kWh y \$\$ entre los años 2017- 2019.....	<b>122</b>
Figura 36. Consumos eléctricos planta Mitsubishi Bello en kWh y \$\$ entre los años 2017-2019 .....	<b>125</b>
Figura 37. Consumos eléctricos colegio Betsabé Niquía en kWh y \$\$\$ entre los años 2017-2019 .....	<b>128</b>
Figura 38. teoría de difusión de innovaciones .....	<b>137</b>
Figura 39. El Modelo Tecnología-Organización-Entorno (TOE) .....	<b>138</b>
Figura 40. Sistema de energía fotovoltaico .....	<b>144</b>
Figura 41. Sistema energético hidráulico .....	<b>146</b>
Figura 42. Oferta hidráulica en Colombia .....	<b>147</b>
Figura 43. Factores de generación biogás .....	<b>149</b>
Figura 44. Factores de generación biomasa residual pecuaria .....	<b>150</b>
Figura 45. Factores de generación biomasa residual agrícola .....	<b>150</b>
Figura 46. Reactores nucleares .....	<b>155</b>
Figura 47. Municipio de Bello .....	<b>158</b>
Figura 48. Salida y puesta del sol .....	<b>159</b>
Figura 49. Temperatura promedio municipio de Bello .....	<b>160</b>
Figura 50. Velocidad del viento municipio de Bello .....	<b>161</b>
Figura 51. Energía solar en kWh en Bello .....	<b>162</b>
Figura 52. Vista panorámica municipio de Bello (oriente) .....	<b>163</b>

Figura 53. Vista panorámica municipio de Bello (norte) .....	<b>164</b>
Figura 54. Entidad privada Interactuar Bello .....	<b>165</b>
Figura 55. Metodología AHP .....	<b>173</b>
Figura 56. Reporte de planeación energética Mitsubishi .....	<b>179</b>
Figura 57. Criterio de evaluación energía solar .....	<b>182</b>
Figura 58. Criterio de evaluación energía eólica.....	<b>183</b>
Figura 59. Parte superior colegio JEGA.....	<b>185</b>
Figura 60. Aerogenerador Windspot 1.5.....	<b>194</b>
Figura 61. Propuesta del modelo AHP para el municipio de Bello.....	<b>196</b>
Figura 62. Extractor Axial.....	<b>290</b>
Figura 63. Extractor VAXA 50.....	<b>291</b>
Figura 64. Esquema de montaje de Extractores.....	<b>292</b>
Figura 65. Planos de ventilación de la planta.....	<b>292</b>
Figura 66. Tubería captadora del agua.....	<b>293</b>
Figura 67. Planta eléctrica.....	<b>293</b>
Figura 68. Puesto de control de la planta.....	<b>294</b>
Figura 69. Turbina hidráulica.....	<b>294</b>

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Energías renovables y no renovables.....	<b>39</b>
Tabla 2. Energía primaria.....	<b>49</b>
Tabla 3. Consumo de Energía primaria 2015-2017 .....	<b>51</b>
Tabla 4. Top 10 de proyectos en el mundo en sostenibilidad energética.....	<b>71</b>
Tabla 5. Red neuronal autores.....	<b>76</b>
Tabla 6. Resultados Red neuronal autores.....	<b>78</b>
Tabla 7. Planta Mitsubishi-Bello.....	<b>104</b>
Tabla 8. Instalaciones físicas planta Mitsubishi-Bello.....	<b>104</b>
Tabla 9. Categorización de hallazgos en el JEGA.....	<b>109</b>
Tabla 10. Condiciones eléctricas JEGA.....	<b>115</b>
Tabla 11. Condiciones eléctricas Andrés Bello.....	<b>118</b>
Tabla 12. Condiciones eléctricas Mercados y carnes OR.....	<b>121</b>
Tabla 13. Condiciones eléctricas planta Mitsubishi Bello.....	<b>124</b>
Tabla 14. Condiciones eléctricas colegio Betsabé Niquía Bello.....	<b>127</b>
Tabla 15. Herramienta TRL.....	<b>139</b>
Tabla 16. Sistemas eólicos en el mundo.....	<b>145</b>
Tabla 17. Bomba de calor geotérmica.....	<b>152</b>
Tabla 18. Plantas nucleares en el mundo.....	<b>155</b>
Tabla 19. Aplicabilidad de energías renovables en Bello.....	<b>166</b>
Tabla 20. Categorías AHP.....	<b>183</b>
Tabla 21. Calificación de alternativas sostenibles.....	<b>189</b>

Tabla 22. Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 1).....	<b>191</b>
Tabla 23. Condiciones energéticas barrio Hato Viejo-Bello.....	<b>197</b>
Tabla 24. Colegio Jorge Eliecer Gaitán Ayala.....	<b>235</b>
Tabla 25. Instalaciones físicas Jorge Eliecer Gaitán Ayala.....	<b>236</b>
Tabla 26. Colegio Andrés Bello.....	<b>243</b>
Tabla 27. Instalaciones físicas Colegio Andrés Bello.....	<b>243</b>
Tabla 28. Mercados y carnes OR.....	<b>251</b>
Tabla 29. Instalaciones físicas Mercados y carnes OR.....	<b>252</b>
Tabla 30. Colegio Betsabé Niquía.....	<b>256</b>
Tabla 31. Instalaciones físicas Colegio Betsabé Niquía.....	<b>257</b>
Tabla 32. Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 2).....	<b>262</b>
Tabla 33. Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 3).....	<b>264</b>
Tabla 34. Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 4).....	<b>266</b>
Tabla 35. Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 5).....	<b>268</b>
Tabla 36. Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 6).....	<b>270</b>
Tabla 37. Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 7).....	<b>272</b>
Tabla 38. Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 8).....	<b>274</b>
Tabla 39. Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 9).....	<b>276</b>
Tabla 40. Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 10).....	<b>278</b>
Tabla 41. Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 11).....	<b>280</b>
Tabla 42. Categorización de hallazgos en el Andrés Bello.....	<b>286</b>
Tabla 43. Categorización de hallazgos en Mercados y carnes OR.....	<b>287</b>
Tabla 44. Categorización de hallazgos en el Colegio Betsabé Niquia.....	<b>287</b>
Tabla 45. Categorización de hallazgos en Mitsubishi.....	<b>288</b>

## **GLOSARIO**

**UPME:** Unidad de Planeación Minero Energético

**SIC:** Indica cuando una palabra o frase puede ser o parecer incorrecta

**BTU:** British Thermal Unit (1 BTU=1055,06 Joule)

**PNNL:** Pacific Northwest National Laboratory

**IPCC:** Intergovernmental Panel on Climate Change

**IEA:** International Energy Agency

**BP:** British Petroleum

**CEPAL:** Comisión Económica Para América Latina

**AHP:** Analytic Hierarchy Process

**TOE:** Technology-Organization-Environment

**TDI:** Teoría de la difusión de innovaciones

**TRL:** Technology Readline Level

**RETIE:** Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas

**SINA:** Sistema Nacional Ambiental

**POT:** Plan de Ordenamiento Territorial

**JEGA:** Jorge Eliecer Gaitán Ayala

**JUME:** Junta Municipal de Educación

## INTRODUCCIÓN

La población mundial consume grandes cantidades de energía –alrededor de 85 billones de Kilovatio hora (FECYT, 2013)– y como resultado, la sostenibilidad global, antes considerada de menos importancia, se ha convertido un asunto estructural e importante en el desarrollo de cada país (Barbastefano, Souza, Costa, & Teixeira, 2013). La eficiencia energética y la sostenibilidad se han convertido entonces en un reto encaminado hacia el objetivo común de la preservación del medio ambiente, hoy en estado crítico (Singh et al., 2017). Dada la relevancia de esta problemática, en los últimos años se han desarrollado herramientas, adaptables financieramente a cada país y región, para reducir los impactos negativos causados por el hombre y su industrialización en perjuicio del planeta. Con estas herramientas se busca promover la sostenibilidad y reducción de emisiones de gases, apoyando la sustitución o disminución de energías convencionales –fósiles– por fuentes y sistemas renovables –solar, eólica, biomasas, entre otras– (Carfora & Scandurra, 2019).

Lo anterior indica que existe una relación explícita no lineal entre tecnología, economía y ciencia, por lo que la tecnología se considera como una variable motriz de las entidades, la cual debe ser administrada con orientación estratégica y partiendo de la idea de lo que se tiene frente a lo que se desea (Valdés, 1998). Desde esta perspectiva, la búsqueda de la eficiencia y productividad en los territorios se enfoca en adoptar metodologías que ayuden a tomar decisiones para fomentar la participación, la competitividad –donde intervienen múltiples variables– y los múltiples criterios de selección, ayudando a distinguir los cambios significativos en la economía que dependen de múltiples factores y/o atributos de tipo cualitativos y cuantitativos (Berumen & Redondo, 2007).

Así mismo, debe tenerse en cuenta que la generación de energía con base en fuentes no renovables impacta de manera negativa en el medio ambiente, en contrario, la generación de energías a partir de fuentes renovables soluciona problemas ambientales y permite diversificar la matriz energética en Colombia y países de todo el mundo (Cortés & Londoño, 2017). En este contexto, la Unidad de Planeación Minero Energético –UPME– (2015b)

plantea que el 81% de energía consumida a nivel mundial es tomada de fuentes no renovables – petróleo, gas, carbón–, mientras que el otro 19% proviene de fuentes renovables.

Las energías convencionales son consideradas como fuentes abundantes por su tamaño y cantidad, respecto a los recursos disponibles en cada país. No obstante, estos recursos son finitos, por lo que, países como China, Alemania, España y Estados Unidos están en la lista de pioneros en el desarrollo de energías renovables con capacidades plenas para el uso de diferentes tecnologías que emplean técnicas que permiten aprovechar al máximo la energía hidráulica, eólica, solar, geotérmica y biomasa (UPME, 2015b). Según la UPME (2015b), Estados Unidos, Brasil y Alemania lideran el uso de bioenergía en el sector de transporte; Estados Unidos, Noruega, China, Japón y la comunidad Europea lideran el sector de electricidad; y China, Estados Unidos y Turquía lideran en el campo de energía térmica a partir de energía solar y geotérmica.

Por lo anterior, acceder a las energías renovables representa un valor que contribuye a la sostenibilidad del planeta, al tiempo que ayuda a que los países sean sociedades inclusivas y equitativas en términos de recursos y productividad industrial. Es por esto que las energías renovables hacen parte de los planes de desarrollo de ciudades y países, especialmente en aquellos que se ubican en Latinoamérica y el Caribe, por sus riquezas ambientales en ríos, bosques y gran diversidad (Cortés & Londoño, 2017).

En el contexto colombiano, la UPME (2015b) plantea que el país posee recursos energéticos a gran escala y cuenta con biodiversidad y capacidades climáticas para adoptar técnicas en el uso de las energías limpias. Sin embargo, aproximadamente el 93% de la producción energética proviene de energías convencionales, correspondiendo el porcentaje restante a hidroenergía, biomasa y residuos. En este escenario, Cortés (2017) postula que emplear energías renovables ayuda considerablemente en el desarrollo social y económico de regiones, además busca solucionar problemas de conectividad en lugares remotos como zonas rurales. Plantea además que países como México, Brasil y Argentina han priorizado

los proyectos con base en las energías renovables, lo que ha impactado positivamente sus ecosistemas y la reducción de costos en energía.

Es claro que los fenómenos de cambio climático ocurren debido a la presencia de gases de efecto invernadero causados por las actividades realizadas por los seres humanos en los hogares e industrias, teniendo estas últimas especial relevancia debido a que allí se realizan múltiples operaciones y procesos químicos que afectan la salud de los seres vivos y el medio ambiente, causando, como ejemplo, la elevación de 17 cm del nivel del mar y la consecuencial pérdida en la biodiversidad marina, la reducción de la captura del dióxido de carbono y la disminución de la cobertura del hielo en las cascadas polares. Lo anterior repercute negativamente los ecosistemas del planeta (Serrano, Pérez, Galvis, Rodríguez, & Correa, 2017).

En el caso de Antioquia se tiene una amplia problemática en regiones y veredas de los 125 municipios. Las empresas prestadoras de servicios públicos han tenido dificultades técnicas por las condiciones geográficas del departamento, principalmente las grandes distancias para transportar energía, gas y agua a territorios lejanos a los municipios principales, por lo que muchas localidades se ven afectadas a la falta de servicios públicos básicos (Saldarriaga-Loaiza, Villada, & Pérez, 2019). Las empresas detallan en sus comunicados que la principal dificultad se debe a las grandes distancias entre centrales alimentadoras y los usuarios finales, al mismo tiempo que, por razones de infraestructura y económicas, no justifica llevar un alimentador para conectar unos pocos usuarios (Moreno & Perez, 2000).

En el contexto del municipio de Bello, dentro de los Planes de Desarrollo Territorial (Alcaldía Bello, 2019) se plantea la formulación y ejecución de proyectos que ayuden a conservar el medio ambiente a partir de alternativas tecnológicas que sean amigables con los recursos naturales propios de la región, empleando metodologías basadas en investigaciones científicas y vigilancias tecnológicas que impulsen el desarrollo del municipio con base en la Ley 388 (Alcaldía de Bello, 2018).

En este orden de ideas, el municipio de Bello (2017) cuenta con políticas y reglamentos institucionales para la conservación de los recursos naturales, en las cuales se integran recursos públicos para la prevención y mitigación de desastres ambientales en las zonas más vulnerables, además, incorpora la reducción en expensas adicionales para las comunidades vulnerables y con necesidades básicas, como lo son el uso del agua y el consumo de energía. En este sentido, se detallan algunas de ellas:

- Liderar la formulación del componente ambiental del Plan de Desarrollo Municipal, del Plan Operativo, del presupuesto y programación anual, para el adecuado funcionamiento de la Secretaría.
- Cumplir con las disposiciones legales de carácter superior, las normas necesarias para el control, la preservación y la defensa de patrimonio ecológico del municipio, articulando los planes, programas y proyectos regionales, departamentales y nacionales con los Municipales.
- Elaborar planes regionales en coordinación con CORANTIOQUIA y el Área Metropolitana, para la conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables.
- Evaluar el estado de los recursos naturales y ambientales, y proponer estrategias para la conservación y recuperación de estos en el área de influencia, ordenamiento y manejo de los recursos naturales y del medio ambiente, incorporando el componente de las cuentas ambientales al proceso de valoración.

De tal manera, dentro de sus funciones, y comprometido con el cuidado del medio ambiente y desarrollo de la región, el municipio de Bello establece lineamientos en procura de la preservación del medio ambiente, acompañado ello de proyectos innovadores que ayuden a la conservación de los ecosistemas municipales. Así mismo, el ente territorial tiene como propósito elaborar planes regionales para la conservación de los recursos naturales renovables, aunado a propuestas metodológicas que impulsen el desarrollo del municipio. Dentro de los planes de la municipalidad está evaluar la viabilidad de estrategias de conservación, acompañadas de criterios de selección, para impulsar proyectos razonables

que impacten en las zonas urbanas y rurales en materia ambiental, beneficiando al municipio y la población en el ámbito económico, cultural, social y de impacto ambiental, que beneficien positivamente la región (Alcaldía de Bello, 2017).

Para definir el alcance de esta investigación es relevante la siguiente claridad al lector: incorporar proyectos de I+D+i que impacten el medio ambiente y el uso de nuevas tecnologías en el municipio de Bello requiere el análisis de dos elementos: El primero, el determinar el grado de madurez de las tecnologías actuales de energías renovables que ayudan a la eficiencia en la generación y el consumo en donde estas se incorporen – sistemas no centralizados y niveles óptimos de generación–, y la segunda, integrar elementos prácticos en la elaboración de proyectos que permitan analizar los criterios y subcriterios de selección, así se podrá construir sistemas capaces de generar energía renovable, en primera instancia, para las cinco entidades públicas y privadas seleccionadas, para finalmente alcanzar otras entidades y las viviendas de esta municipalidad, ya sea por la utilización de tecnología fotovoltaica, eólica o cualquier otra tecnología generadora.

En este documento se evalúa la viabilidad de las diferentes alternativas tecnológicas que se tienen en el mercado y la factibilidad de utilizar elementos generadores de energía renovable para generar energía y contribuir con el progreso del ente territorial, teniendo en cuenta el nivel de desarrollo tecnológico del municipio, sus condiciones físicas, la disponibilidad en los mercados locales y el grado de aceptación en la cultura Bellanita.

# 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este apartado busca contextualizar la importancia de la temática en alternativas tecnológicas orientadas a la sostenibilidad energética. Inicialmente se justifica como es el cambio climático alrededor del planeta, detallando las cualidades de las diferentes alternativas tecnológicas en sostenibilidad con un enfoque que puntualiza el uso de las diferentes tecnologías en energía para proponer alternativas tecnológicas en el municipio de Bello, finalmente, se presentan los objetivos de la presente tesis de investigación.

Desde este contexto, diversos actores –entidades, centros de investigación, universidades, escuelas– hablan de los cambios climáticos que se vienen presentando y los cuales constituyen una realidad sobre la cual se deben emprender acciones para contrarrestar los efectos negativos sobre el planeta (Corredor, 2018). De acuerdo con *Intergovernmental Panel on Climate Change –IPCC–* (2019) se tiene un registro de aumento de temperatura de 1,4°C entre los años 1910 y 2016, dígito que se ha ido incrementando de acuerdo a la sensibilización de las especies que habitan el planeta tierra, así mismo, se evidencia un aumento del 0,5°C con respecto al anterior siglo, representando un incremento cercano a un 40%, cifra elevada con respecto a otros años y que sugieren la urgencia de poner en práctica técnicas para el control del efecto invernadero (IPCC, 2014). En este escenario, son pocas las entidades que apuestan a sistemas que integren alternativas de sostenibilidad energéticas en sus procesos de desarrollo y producción (Corredor, 2018).

En el marco científico, la *Pacific Northwest National Laboratory –PNNL–* (2018) expone que el mundo está atravesando un cambio climático a velocidad exponencial, mayor a la que se generaba décadas atrás. Por su parte, la *Intergovernmental Panel on Climate Change –IPCC–* (2014) expone que «desde mediados del siglo XIX, el ritmo de la elevación del nivel del mar ha sido superior a la media de los dos milenios anteriores (nivel de confianza alto). Durante el período 1901-2010, el nivel medio global del mar se elevó 0,19 [0,17-0,21]m». El estudio arroja que en los últimos 2000 años las concentraciones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso han aumentado considerablemente, causando un incremento del

40% en las concentraciones de dióxido de carbono presentes en la atmósfera desde la época preindustrial y a causa de las emisiones de los combustibles fósiles y las emisiones del cambio de uso del suelo. Se anota que los mares y océanos han absorbido alrededor de un 30% del dióxido de carbono provocando la acidificación del agua (Cortés, 2017).

### **1.1. Antecedentes**

Según Ozgul (2017), tratar de entender cómo será el cambio climático en los próximos años es uno de los duelos más apremiantes que enfrenta la sociedad. Abordar la problemática genera desafíos de adaptación a nivel ambiental, además, plantea una teoría cuantitativa basada en modelos estructurados que permiten una aproximación de cuánta población se adecua al entorno, basados en estudios genéticos, fenotípicos y demográficos que se comportan de acuerdo con los estímulos del cambio climático.

En el año 1650 se tenía una cifra aproximada de 500 millones de habitantes en el mundo, para el año 1983 –300 años después– se tenía un aumento de 4.700 millones de habitantes. Ya en 1995 la población del mundo era de 5.700 millones, y la tasa relativa de crecimiento era aproximadamente del 2% anual. En 2018, se tenía un aproximado de 7.550 millones de habitantes, lo que representa una tasa de crecimiento del 1,7%, con un decremento de 0,3% menos que en el año 1995 (Glynn & Heinke, 1999). De acuerdo con lo anterior, y empleando en un modelo matemático (Stewart, 2001) se puede tener una aproximación detallada de la población mundial para años posteriores.

En esta misma línea, para el 1650 –año que fue considerado como el principio de la era moderna de la ciencia y la tecnología (Reyes-Rivas, 2016)– se contaba con avances de poco impacto, al punto que la tecnología de la época era bastante limitada: si existía una alteración negativa la misma naturaleza se encargaba de absorberla (Glynn & Heinke, 1999). Sin embargo, el contexto en los últimos dos siglos enseña que los impactos ambientales generados han superado la capacidad de asimilación, denotando que la naturaleza es incapaz de absorber y estabilizar los cambios. Por lo anterior, se tiene que una de las

principales variables en los cambios climáticos con impacto negativo es el crecimiento exponencial de población mundial, a lo que se suma el incremento industrial y el mal uso de las energías, que repercuten en una mayor demanda de consumo de energía (Singh et al., 2017).

En otro tiempo, se tenía la hipótesis que la tasa de crecimiento poblacional mundial anual sería 1,6% anual, lo que produciría una diferencia significativa en la población total en solo unas décadas, por lo que para el año 2035 se tendrá un aproximado de 8.839 millones de habitantes (Population.City, 2019b). Al realizar la corrección de la tasa relativa de crecimiento puede, con el transcurso del tiempo, provocar una gran diferencia en el tamaño de la población (Stewart, 2001), lo que implícitamente conlleva a generar mayor consumo energético y cambios severos en el planeta (Ozgul et al., 2017).

El sector energético es uno de los principales causantes de las emisiones de gas en el mundo por el alto consumo de combustibles fósiles. De acuerdo con el IPCC (2014) las emisiones de CO<sub>2</sub>, entre el año 1750 y 2010, se generaron por el elevado consumo de energía, dato que automáticamente genera una alerta mundial sobre el adecuado uso y la posibilidad de usar energías alternas. Para el año 2050 se tiene un estimado de consumo que duplicaría o triplicaría el actual consumo de energía (Zhang, 2017). Lo anterior impulsa un necesario cambio en la matriz energética para generar energías y equilibrar los ecosistemas con el propósito de conservar la vida en el planeta (Sánchez, Pérez, & Vásquez, 2017).

Desde esta perspectiva, la adopción de energías renovables contextualiza las múltiples definiciones que se tienen, como el caso de la energía solar, la energía eólica, biomasa entre otras (Roy & Ragunath, 2018). En este sentido, se plantea aumentar el uso de energías renovables de acuerdo con las necesidades de los territorios en el mundo (Instituto Español de estudios, 2019). Cabe resaltar la importancia de evaluar las necesidades y la viabilidad de implementar proyectos de esta magnitud. Así lo plantea Ozgul (2017) al abordar los retos que tiene el mundo respecto al cambio climático en los siguientes años. Evaluar detalladamente las alternativas de sostenibilidad energética es un reto y oportunidad para mejorar procesos de innovación. A continuación, se presentan las alternativas de

sostenibilidad energética disponibles en la actualidad, puntualizando características propias a partir de la literatura y documentación científica que resalta cualidades de estas, en aras de analizar detalladamente la viabilidad de cara a ser implementadas en ciertos territorios del mundo a partir de un análisis multicriterio.

### **1.1.1. Energía solar**

Los notables cambios ambientales obligan a las organizaciones a pensar en nuevas formas de generar energía, aprovechando cada uno de los recursos naturales que existen en el planeta (Guangul & Chala, 2019). La energía solar se ha convertido en una de las alternativas más atractivas en la industria debido a su inagotable recurso y la presencia del sol en todo el planeta, aunado a la representación económica que implica el desarrollo de sistemas que proveen energía por medio de esta alternativa sostenible (Guangul & Chala, 2019).

Así, la energía fotovoltaica es una forma práctica de generar energía para la conservación de la vida en el planeta, partiendo de la idea de que el sol tiene presencia en todo el mundo. Madsen (2019) afirma que la producción eléctrica con paneles en Europa solares ha aumentado considerablemente representando valores que van desde 130 MW hasta los 110 GW de capacidad instalada, generando desarrollo económico, social, político y cultural en la Comunidad Europea, especialmente, en países como Alemania, Italia y España.

### **1.1.2. Energía eólica**

La aplicabilidad de las energías renovables en el mundo ha recibido gran atención debido a la eficiencia en el uso de recursos naturales, y la energía eólica no es una excepción. Por el contrario, esta fuente de energía es una buena solución, a partir de proyectos bien estructurados que integren metodologías y herramientas acordes a las necesidades de un territorio basados en los diseños físicos que garanticen la captura de grandes cantidades de energía por medio del movimiento del viento, utilizando turbinas o aspas mecánicas para convertirlas en energía eléctrica (Carcangiu & Montisci, 2012).

La Asociación de Empresarial Eólica –AEE– (2018) explica que este tipo de energía ha alcanzado 591 GW a nivel mundial, representando incrementos de 51,3 GW en países como China, Estados Unidos, Alemania e India, representando costos muy bajos de instalación. Así mismo informa que es una de las tecnologías más atractivas para el mercado en la recolección de energías. La energía eólica puede ser utilizada en contextos que representen estructuras físicas terrestres y estructuras marítimas, integrando retos fundamentales de innovación para cubrir necesidades en todo el mundo, especialmente, en países en proceso de desarrollo con altas velocidades en los vientos (AEE, 2018).

Desde esta perspectiva, es importante destacar la investigación de Nieto-Londoño (2019), donde presenta un diseño de turbina eólica inspirado en la semilla de un árbol llamada *Triplaris Americana*, donde se destaca el equilibrio de cargas aerodinámicas garantizando un rendimiento adecuado en la generación de energía.

### **1.1.3. Energía hidroeléctrica**

La generación de energía a través de hidroeléctricas es todo un desafío para el mundo (H. Li et al., 2019) pues requiere de instalaciones adecuadas para aprovechar el recurso natural. Se requiere un flujo de agua con características físicas propias como caídas, altas velocidades, olas y caudales en los ríos (D. Jiang et al., 2019) que permitan aprovechar la energía cinética del movimiento en los generadores electromagnéticos de las plantas, que se encargan de almacenar energía para el uso industrial y comercial (Kougias et al., 2019). Güven (2018) plantea una predicción sobre el uso adecuado de los recursos hídricos en el mundo, resaltando la importancia de aceptar los cambios climáticos del planeta y las afectaciones que se tendrán debido al uso de energías convencionales. El autor también resalta con relación a la generación de energías a partir de las hidroeléctricas el problema ambiental que se reflejan en las cantidades de precipitación del agua y descargas.

#### **1.1.4. Energía biomasa**

La generación de energía a partir de la biomasa se convirtió en una tecnología fundamental para los métodos renovables en el mundo al integrar sectores como el agrícola –con una eficiencia del 10%–, forestal –con una eficiencia de 1,5%– y de residuos –con una eficiencia del 1%– (Joint Research Centre, 2019). Ello define a la biomasa como una alternativa sostenible, con valores de densidad cercanos a los combustibles fósiles (Khiari, Jeguirim, Limousy, & Bennici, 2019).

Muchos países en el mundo buscan por medio de la investigación científica nuevos tipos de generación de energía que ofrezcan características técnicas sostenibles y que ayuden a la conservación del medio ambiente. Por ello que la energía biomasa ha llamado la atención de los investigadores y centros de desarrollo en los últimos años al considerada un recurso renovable que puede transformarse en combustible gaseoso, líquido y sólido (Yguatara et al., 2019).

#### **1.1.5. Energía biogás**

Villadsen (2019) plantea que almacenar energía es fundamental para el equilibrio mundial del hoy y del mañana de cara a los excesos de consumo registrados en la actualidad, por ello el uso del biogás genera nuevos portadores de carbono que neutralizan el dióxido de carbono y potencializan la generación de combustible de manera limpia, ayudando a la preservación del planeta y la vida de los seres vivos.

Por otro lado, Kulkarni (2019) asegura que el biogás es una fuente de energía limpia y económica. En su estado crudo contiene entre 50% y 70% de metano y entre 30% y 50% dióxido de carbono entre, debilitando sus usos –en países como India– en la cocción, iluminación o la generación de energía. Seguidamente anota que, para minimizar el consumo energético mundial y las emisiones de gases de efecto invernadero, es necesaria la aplicación de las tecnologías compuestas de técnicas en refrigeración, calefacción y generación eléctrica –que se denominan sistemas de trigeneración– a partir de

componentes fundados en la ingeniería e investigación para el uso adecuado del biogás en desarrollos innovadores (Leonzio, 2018).

### **1.1.6. Energía del mar**

Las entidades cuentan con una amplia oferta en la evolución y desarrollo de nuevas tecnologías que se adaptan a las necesidades humanas. Una de ellas, es la manera para generar energía a partir de los recursos naturales (Nehrir et al., 2011) es el aprovechamiento de las características físicas que poseen los mares, logrando generar energía a partir del movimiento. La técnica ha llamado la atención de los investigadores sobre formas de procesarla, es decir, las cantidades que se pueden almacenar y la contribución a la protección del mundo. Se anota que en países desarrollados se cuenta con nuevas centrales eléctricas que permiten extraer y generar grandes cantidades de energía aprovechando los fenómenos propios del planeta tales como las olas, las mareas y las corrientes marinas (Bosch, 2019).

La energía marítima está en sus primeras etapas de desarrollo. Copping (2018) lo plantea en la investigación realizada en el laboratorio nacional de energías renovables sobre una etapa inicial en la contribución de nuevas tecnologías a partir de nuevas formas de generar energías a partir del movimiento de las olas en países como los Estados Unidos, Alemania, China y otros que vinculan esta idea en pro de adaptar nuevos procesos tecnológicos que contribuyan a las nuevas investigaciones aprovechando el recurso natural del mar. Por otra parte, proyectos como «*Copernicus Clim4energy*» y colaboradores de la industria energética han desarrollado herramientas que permiten extraer toda energía que proporciona el mar, permitiendo anticipar y visualizar características propias de los fenómenos aprovechando cada una de las oportunidades que ofrece esta alternativa (Fournier et al., 2018).

### **1.1.7. Energía geotérmica**

Ozgul (2017) resalta la importancia de comprender como será la evolución del cambio climático en los próximos años, el cual es uno de los desafíos más imperiosos que enfrenta el mundo. Abordar la problemática genera desafíos a nivel ambiental en términos de adaptación y no adaptación, además. El autor plantea una teoría cuantitativa basada en modelos estructurados que permiten una aproximación de la población que se adapta al entorno, basado en estudios genéticos, fenotípicos y demográficos que se comportan de acuerdo con los cambios climáticos. Debido al crecimiento poblacional, la energía geotérmica se ha convertido en una alternativa sostenible debido a la abundancia en recursos geotérmicos ubicados a poca y gran profundidad en la tierra (Saaly & Maghoul, 2019).

Ciudades como Alberta en Canadá, Riad en Arabia Saudita, Tokio en Japón, Chicago en Estados Unidos, Shanghái en China y Seúl en Corea del Sur emplean gran porcentaje en el uso de combustibles fósiles, generando altas cantidades de CO<sub>2</sub> y contribuyendo a la degeneración del planeta. No obstante, estudios recientes plantean que ciudades con estas características son ideales para implementar proyectos de energías alternas, en consecuencia, se estima que Alberta sea un candidato para el uso de energías geotérmicas debido a su riqueza natural en suelos y subsuelos, aunque deberá someterse a un estudio de innovación para prosperar en este tipo de avances tecnológicos (Rahmanifard & Plaksina, 2019).

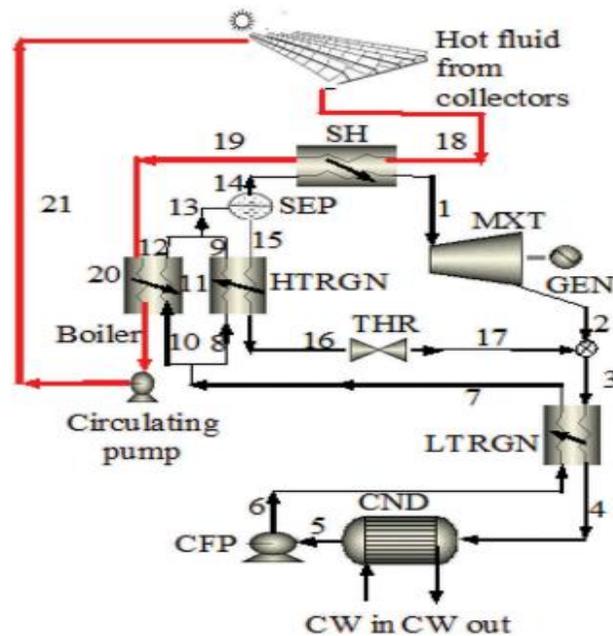
Finalmente, la energía geotérmica es un recurso natural limpio que no contribuye al calentamiento global (Sui, Wiktorski, Røksland, & Basmoen, 2019), pero resalta que en la actualidad se dispone de pocas investigaciones bien estructuradas que permitan una recuperación eficiente de la energía que se extrae de la tierra, como es el caso del modelo transitorio de energía geotérmica en minas inundadas que plantea Bao (2019), donde la recuperación de la energía se considera un fenómeno de estratificación y en el cual se observan variables como la temperatura y la salinidad de la tierra. Es así como las

simulaciones de este estudio arrojan resultados confiables, eficientes y de alto impacto para el sector energético.

### **1.1.8. Energía nuclear**

De acuerdo con la investigación realizada por PNNL (2018) el planeta está entrando en un periodo de cambio climático mucho más rápido al producido de forma natural en 1.000 años. En el escenario descrito, habrá escasez de los recursos naturales (Ren et al., 2019) como el agua, por ejemplo, el cual es el recurso más importante para los seres vivos debido a la composición química de los mismos (Bremer et al., 2019). Este pronóstico de escasez responde al mal manejo de este recurso (Newman et al., 2015). Lo anterior proporciona información acerca de la escasez de agua en el planeta, sin embargo, en el mundo existen programas que facilitan la preservación y el cuidado de este recurso natural. Khan (2018) propone adoptar una tecnología de desalinización de energía nuclear a partir de los métodos de producción de agua que existen, con tenga aplicabilidad en la generación de energías renovables.

La tecnología nuclear depende de descomposiciones atómicas radiactivas que permiten generar electricidad (Ayodele, Sanusi, & Kahn, 2019), como es el caso del «*Kalina Cycle System*» que contempla la generación de energía de alta eficiencia a partir de aplicaciones de recuperación residual, empleando mezclas binarias de agua amoniacada como fluido, al tiempo que se apoya en el calor del sol y un reactor nuclear de agua a presión (Ganesh & Srinivas, 2019). La figura 1 representa un sistema de energía nuclear.



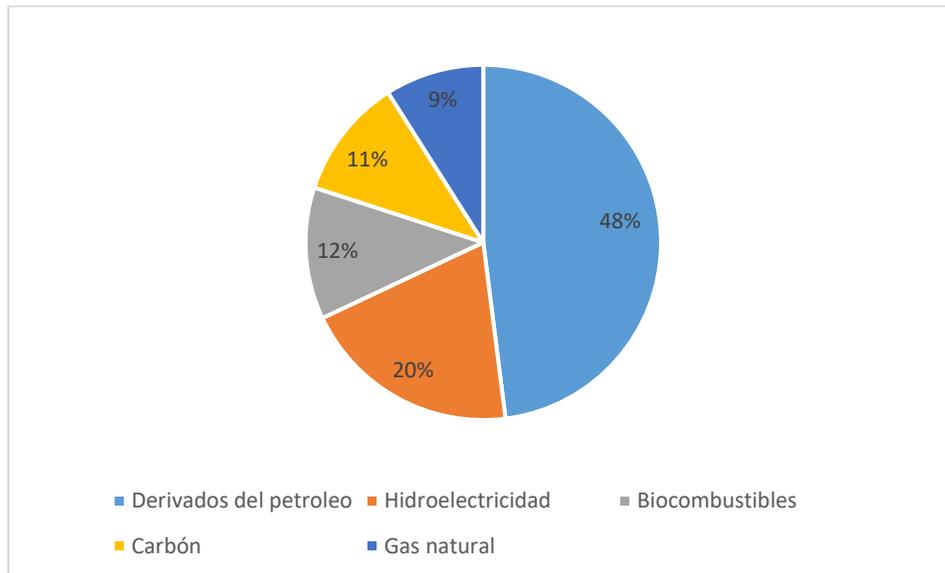
**Figura 1.** Kalina Cycle System  
**Fuente:** Tomado de (Ganesh & Srinivas, 2019)

En síntesis, la información presentada anteriormente resalta cualidades significativas de las alternativas tecnológicas de sostenibilidad energética destacando la importancia de implementarlas en el mundo, así también la importancia de análisis detallados acerca de la mejor alternativa energética acorde a las cualidades geográficas y las necesidades de los diferentes territorios en el planeta.

Partiendo de lo anterior, las tecnologías de hoy permiten obtener energía final en forma de calor, combustible y electricidad, sin embargo, la aplicabilidad de estos procesos han demorado décadas en evolucionar y madurar para ser adoptadas y adaptados en el contexto industrial, particularmente Colombia, que no se ha caracterizado por ser desarrollador de tecnologías en sostenibilidad energética, pero ha logrado en los últimos 30 años acoplar cierta experiencia en el desarrollo de tecnologías fotovoltaicas y eólicas (UPME, 2015b).

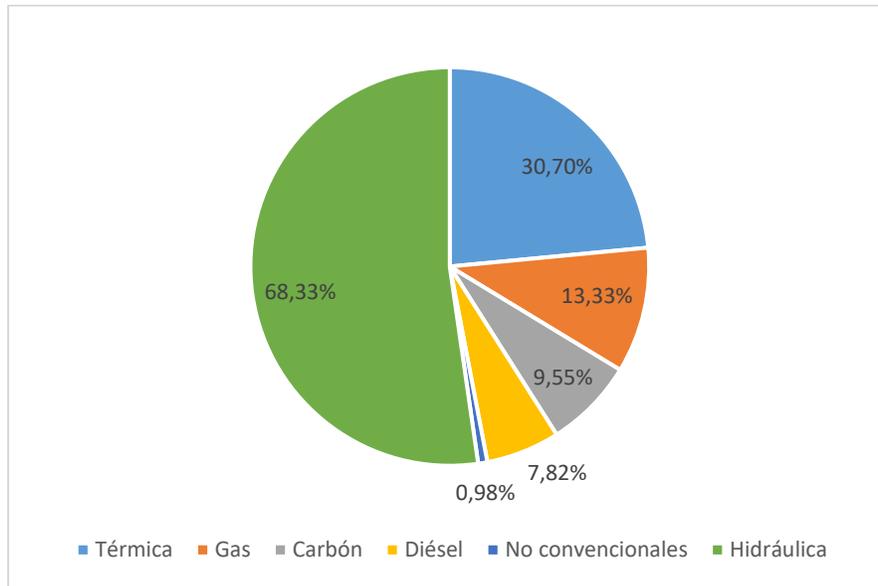
En esta misma línea, el consumo energético en Colombia alcanza el 0,28%, de acuerdo con el dato entregado por la *International Energy Agency* (IEA) (2016), lo que denota que el país no es gran aportante en las emisiones de gases a nivel global, no obstante ello no implica

que se pase por alto los efectos climáticos y que disminuya la responsabilidad de contribuir con proyectos que ayuden en los esfuerzos de conservación del planeta. La matriz energética que presenta Colombia varía gracias a la relevancia de la hidroelectricidad como proceso de desarrollo en la generación de energía eléctrica, aunque ello no exime al país de reportar un alto consumo de fuentes convencionales. En la figura 2 se muestra la matriz de consumo en Colombia del año 2012 donde se observa que energías no renovables tuvieron la mayor demanda de consumo en el año 2012 (M. L. Ramírez, 2011), por otro lado, la figura 3 muestra como Colombia se posiciona como uno de los países con mayor riqueza hídrica a nivel de Latinoamérica, además, de marcar una amplia diferencia en relación con la información del 2012 (Arango, 2019).



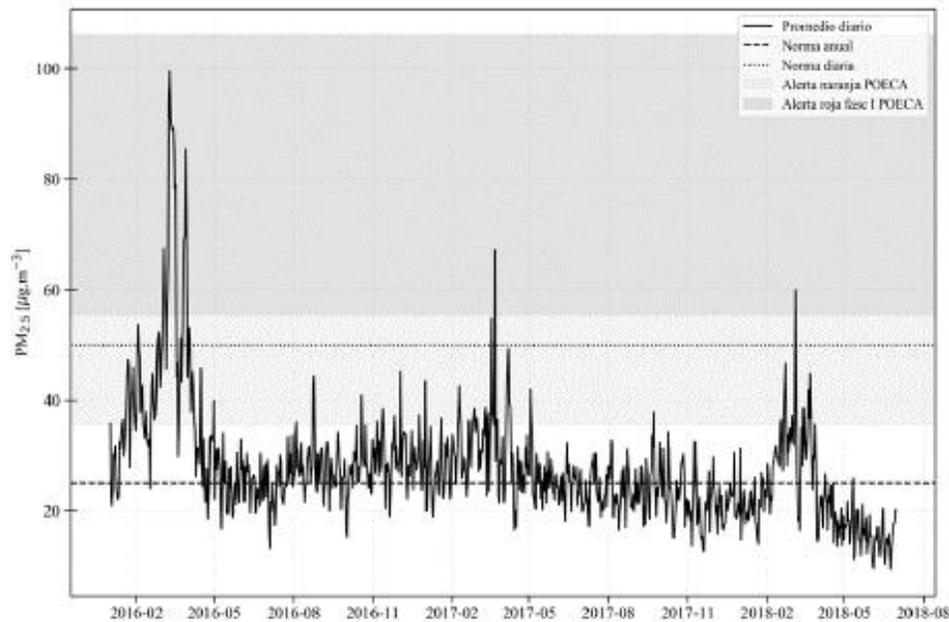
**Figura 2.** Matriz de consumo energético en Colombia 2012

**Fuente:** tomada de Colombia y su transición energética con base en la UPME



**Figura 3.** Matriz de generación energética en Colombia 2019  
**Fuente:** tomada de (Arango, 2019)

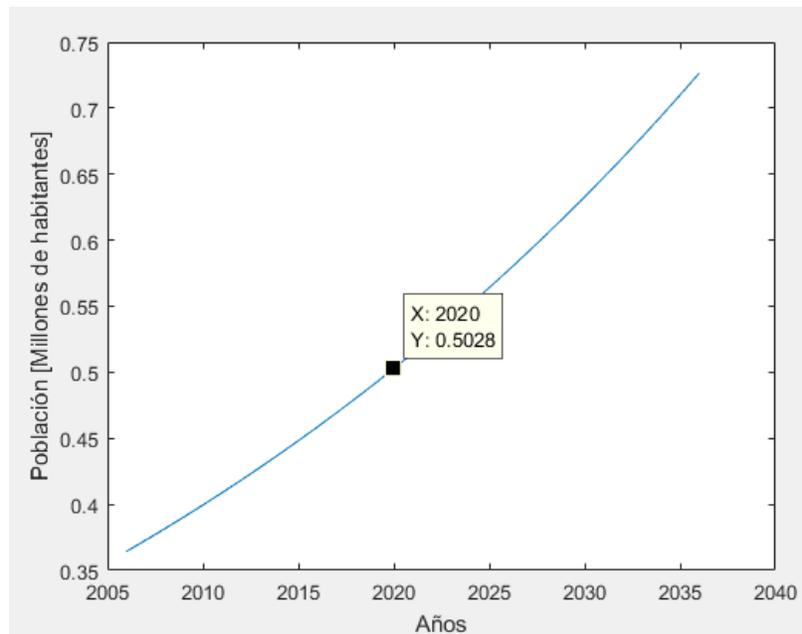
El Área metropolitana del Valle del Aburra está conformada por los municipios de Barbosa, Girardota, Copacabana, Bello, Medellín, Itagüí, Envigado, Sabaneta, La Estrella y Caldas (Área Metropolitana, 2019). De acuerdo a estudios realizados en la región, las entidades ambientales han identificado problemas relacionados con la contaminación, evaluando características como el incremento de dióxido de carbono, ozono –O<sub>3</sub>–, partículas totales (TPS) y material particulado (Rave, Builes, Ossa, & Smith, 2008). Entre los años 2016 a 2018 se registraron situaciones críticas de contaminación asociado a las altas concentraciones de los materiales particulados, lo que ha provocado alertas naranja y roja en los municipios del Valle del Aburra (Arroyave-Maya, Posada-Posada, Nowak, & Hoehn, 2019). La figura 4 representa los estados críticos de contaminación en los municipios.



**Figura 4.** Material particulado en el Valle de Aburra entre el 2016 y 2018

Fuente: tomado de (Arroyave-Maya et al., 2019)

La información presentada promueve lo planteado por Saldarriaga-Loaiza (2019) para las regiones antioqueñas con recursos naturales que suscitan el cuidado del medio ambiente: nuevas alternativas tecnológicas como la biomasa forestal, residual, y orgánica, las cuales permiten generar energía desde diferentes fuentes –tales como lo eléctrico y lo térmico– e impactando en sectores productivos como el agrícola, así como en el manejo de cultivos, los servicios básicos en hogares aislados, entre otros. Cabe destacar que, dentro de los planes territoriales, el panorama para la selección de alternativas tecnológicas es amplia y limitada a la tecnología fotovoltaica, eólica y de biomasa (Saldarriaga-Loaiza et al., 2019). De acuerdo con la información del DANE (2019b), el municipio de Bello es el segundo más grande en población del Valle del Aburra. Este reporta un crecimiento exponencial debido al aumento en la construcción de edificios, traslado de empresas y nuevas empresas del sector Bellanita y la población en general, tomando como base que en el año 2006 la población era de 364.352 habitantes con una tasa de crecimiento del 2,14%, además, para el año 2020 se esperaba un aproximado de 500.000 habitantes como se observa en la figura 5.



**Figura 5.** Crecimiento poblacional del municipio de Bello  
**Fuente:** Elaboración propia en el software MatLab

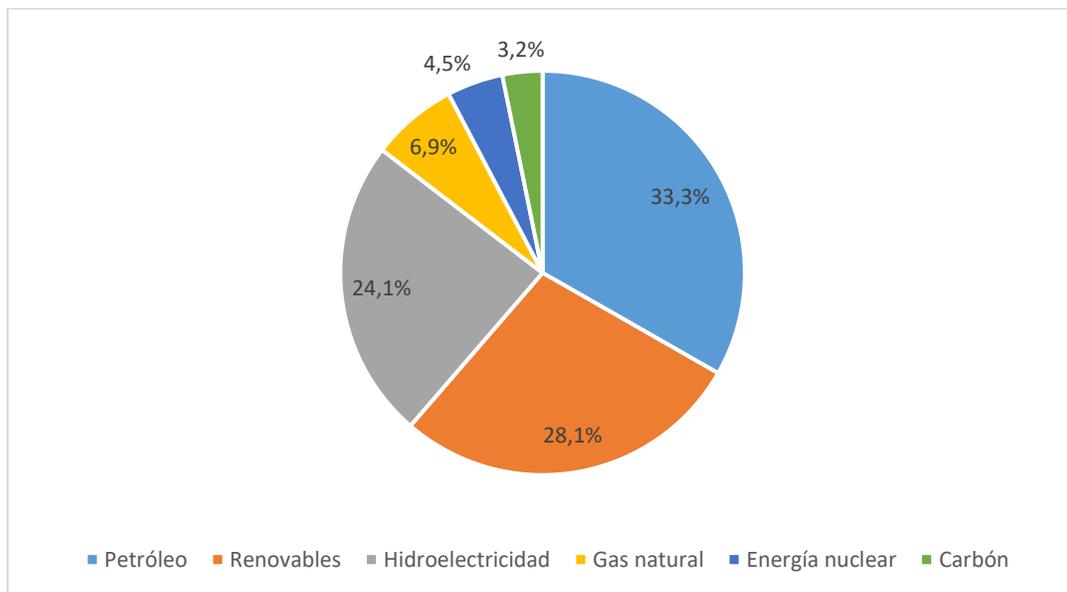
El municipio de Bello en su Plan de Desarrollo Territorial plantea proyectos ambientales con impacto en variables como físico-químicas, tipos de ecosistemas, grados de intervención antrópica, estados de recursos naturales, niveles de contaminación y grado de riesgo, proyectos de cuales no se tiene registro de sostenibilidad energética y adopción tecnológica, además, cuenta con problemáticas de recolección de datos, consolidación de la información, problemas administrativos y problemas de difusión (Alcaldía de Bello, 2009). Los planes de desarrollos territoriales para el año 2019 conservan la misma estructura de diseño y no hubo ejecución de proyectos de innovación a nivel municipal (Alcaldía de Bello, 2018).

## 1.2. Justificación

Motalo (2020) explica que los hidrocarburos son un importante recurso energético, y que su uso oscila entre 20% y 22% respecto a la demanda mundial, además, resalta lo peligroso de esta clase de recursos para el medio ambiente, lo que induce a considerar el uso de otras

alternativas en términos de eficiencia energética y protección al plantea, buscando sostenibilidad y minimizando el desgaste excesivo de los recursos naturales.

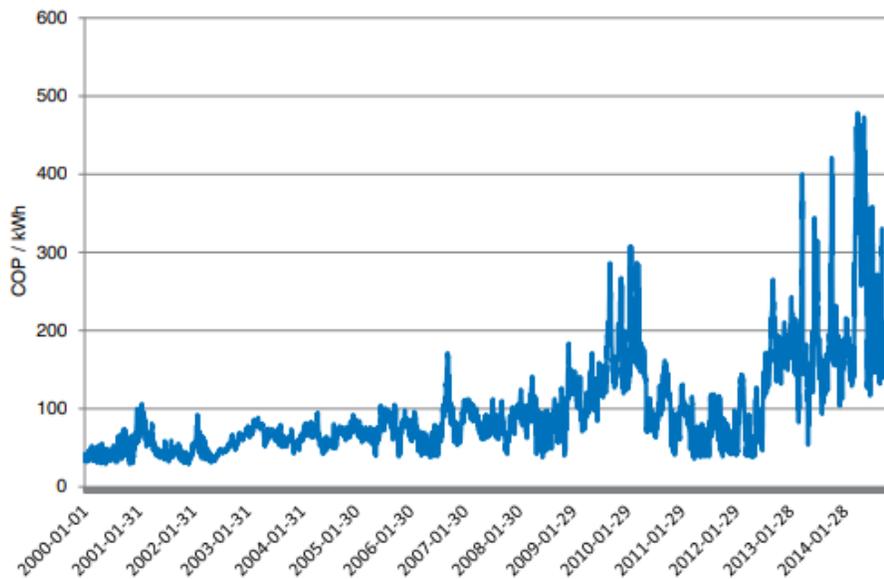
La adopción de energías renovables comprende a las múltiples definiciones que se tienen, como es el caso de la energía solar, la energía eólica, biomasa entre otras (Roy & Ragunath, 2018). El uso de las energías se concentra principalmente en los combustibles fósiles convencionales –petróleo, carbón y gas natural–. De acuerdo con la *British Petroleum –BP–* (2017) el 85,5% del consumo mundial proviene de los fósiles convencionales. Por su parte, Corredor (2018) plantea que un 33,3% corresponde a consumo de petróleo, el 28,1% a energías renovables, 6,9% a hidroelectricidad y el 3,2% de las fuentes renovables no convencionales como se observa en la figura 6.



**Figura 6.** Consumo mundial de energía primaria (2016)  
**Fuente:** tomada de (Corredor, 2018)

Colombia posee una generación hidroeléctrica representativa para la sostenibilidad de la matriz verde del mundo. Cuenta con capacidad instalada aproximada de 16.000 MW, de los cuales 69,77% se generan en centrales hídricas, el 18,30% corresponde a centrales térmicas y el 11,94% a otras fuentes como eólica (Cortés & Londoño, 2017), no obstante, estudios recientes demuestran que el precio de la energía eléctrica se ha ido incrementando al punto

de alcanzar valores de \$500 COP/kWh (ver figura 7), destacando fluctuaciones en el precio de la energía entre los años 2000 y 2014, siendo más representativo y asequible para los usuarios entre los años 2010 e inicios del 2013 con precios que no superan los \$300 COP/kWh. En este orden de ideas resulta necesario que el gobierno implemente y adopte herramientas necesarias para satisfacer la demanda, reducir costos y cuidar el medio ambiente usando energía limpias a nivel nacional (UPME, 2015b).



**Figura 7.** Tendencia de precios de energía en el mercado colombiano  
**Fuente:** tomado de (UPME, 2015b)

Dada la importancia de esta problemática, en los últimos años se han presentado metodologías adaptables a la capacidad financiera de los países en desarrollo, con el propósito de reducir los impactos negativos en el planeta causados por el hombre y la industrialización (Prias & Montaña, 2014).

Debe resaltar la importancia de establecer metodologías de innovación en sostenibilidad energética que aporten al desarrollo de la investigación en el municipio de Bello, identificando la entidad sobre la cual se trabajará y el objeto de estudio, al igual que debe indicarse la forma en la que se benefician de la realización de esta investigación en algunas

entidades públicas y privadas del municipio. Así mismo, se debe especificar la población que se pretende atender y la alineación con los planes, programas o proyectos del ámbito nacional, local o institucional soportado por los datos cualitativos y cuantitativos pertinentes.

Debe especificarse dentro de la metodología de investigación el posible impacto del desarrollo de la presente investigación y como éste interviene en la solución o en el análisis del problema que se describe. Adicionalmente, debe soportarse la viabilidad para el desarrollo del estudio, especificando los recursos humanos, técnicos y financieros que condicionan el desarrollo del proyecto. Para ello es necesario cuestionarse sobre la posibilidad de desarrollar el trabajo que se propone con los recursos que actualmente se disponen.

### **1.3. Marco metodológico**

Las principales fuentes de energía están al alcance de los seres humanos gracias a la transformación que se les hace mediante procesos tecnológicos desarrollados en ambientes de investigación. Se pueden clasificar de dos formas: renovables y no renovables. Las primeras son aquellas que hacen parte de los procesos naturales de la tierra, por lo que constantemente se renuevan gracias a la naturaleza, como por ejemplo la bioenergía, hidroeléctrica, energía eólica, energía solar y energía geotérmica (Dalglish et al., 2018).

Por otro lado, las energías no renovables son aquellas que se toman de los combustibles fósiles ubicados en la superficie de la tierra como el petróleo crudo, el gas natural y el carbón. Son consideradas energías limitadas, ya que su naturaleza no les permite una regeneración de manera natural, lo que implica que tienen una vida útil en el proceso que se implementen (Dalglish et al., 2018).

Las energías renovables se adaptan a un proceso de constante modificación por sus condiciones naturales, por ejemplo, la energía solar –que es producida por la luz o el calor del sol para la generación de electricidad o la producción de calor– se cataloga inagotable

por su naturaleza física, mientras que las energías no renovables se limitan a lo que la tierra pueda proveer y se delimitan por su alto consumo (Dalglish et al., 2018).

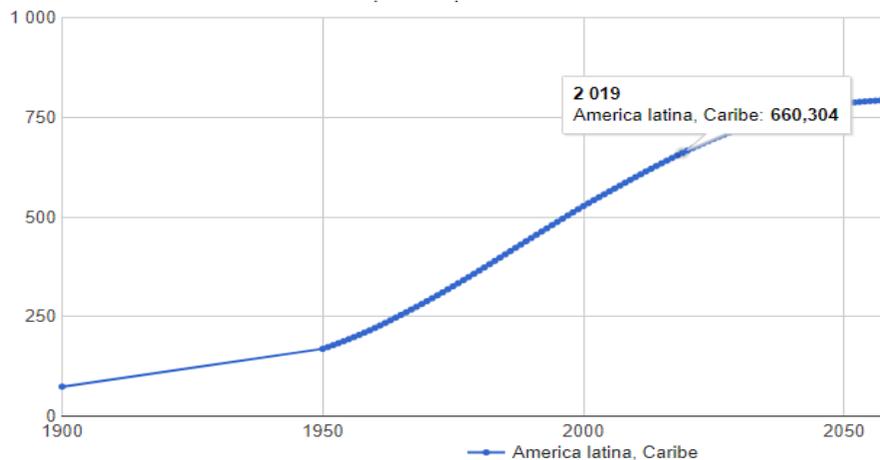
En la tabla 1 se observa las diferentes fuentes de energía disponibles en el planeta, destacando las consecuencias positivas y negativas de impacto en el medio ambiente. Se resalta la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> que alcanzan hasta un 18,8% efectiva, favoreciendo el proceso incluyente de generación de energía en las zonas urbanas y rurales de Colombia, lo cual implica que emplear energía solar mejora la calidad de vida de los países en desarrollo (Dalglish et al., 2018).

**Tabla 1.** Energías renovables y no renovables

<b>Renovables (Ingreso energético)</b>	<b>No renovables (capital energético)</b>
Energía hidroeléctrica.	Petróleo crudo.
Mareas.	Gas natural.
Calor geotérmico.	Carbón.
Biomasa (Madera, desechos, animales, materia, vegetal, entre otros.).	Fisión nuclear.
Viento.	Petróleo sintético (de arenas y esquistos petrolíferos).
Aportación solar.	
Calor de los océanos.	

Fuente: adaptado de (Dalglish et al., 2018)

La Comisión Económica Para América Latina y del Caribe – CEPAL– (2018) ha resaltado la importancia de que proyectos innovadores se articulen con las políticas de los países de la región y posibiliten superar las barreras en desigualdad social, impulsando estrategias para el cuidado del medio ambiente con desarrollos en gestión, innovación y progreso regional. Frente a esto, es importante mencionar que América latina y del Caribe cuenta con 660 millones de habitantes (Population.City, 2019a), con un crecimiento promedio del 1,15% anual (City, 2018). De acuerdo con el modelo matemático, la población latinoamericana se observa en constante crecimiento (Stewart, 2001) (ver figura 8).



**Figura 8.** Población en América Latina  
**Fuente:** tomado de (Population.City, 2019a)

Como consecuencia a lo anterior, Clos (2018) afirma que el crecimiento población tendrá repercusiones negativas con afectaciones en todas las regiones del planeta, también explica que los gobiernos deben tomar posturas con respecto a la creación de herramientas de desarrollo en donde se involucren temas de urbanización, economía e infraestructura energética, apuntando al desarrollo sostenible y a los desarrollos territoriales para el año 2030. Seguidamente, Clos (2018) sugiere abordar la temática desde la capacidad productiva en cada región y fortalecer especialmente América Latina, considerada poco productiva en comparación con otras regiones del mundo en temas de innovación.

Kuczynski (2018) plantea hacer una integración en América Latina, considerada como la región con peor distribución en proyectos sostenibles del mundo y con pobreza absoluta en muchos países como Colombia, Venezuela y Perú. Para alcanzar este planteamiento, propone aplicar transferencia de conocimiento en temas puntuales como en la educación técnica y productividad, así se lograría la integración de proyectos que mejoren considerablemente la economía de las regiones, la productividad de los países y la innovación tecnológica en relación con sectores económicos que impactan de manera permanente en los ámbitos energéticos, agrícolas, industriales, comerciales, de transporte y turísticos.

La CEPAL (2015) presenta, en la agenda 2030, procesos de sostenibilidad energética en las regiones de América Latina y del Caribe, empleando hojas de rutas que incursionen con proyectos de innovación al interior de los planes de desarrollo, impactando en lo económico, social y medioambiental, con base en capacidades técnicas y de acuerdo con los sistemas que se implementen en observación de las necesidades: Caso Antioquia-Bello. En este sentido, y de acuerdo con las políticas de las empresas, para prestar el servicio público de energía debe haber un mínimo de entre 30 y 40 destinatarios; La distancia de conexión del servicio debe ser de 1 a 1,5 km; la distancia mínima a la central primaria debe ser entre 12 y 15 km; la relación de costo es aproximadamente de \$9.150 COP/km de la primaria, la relación de costo es aproximadamente de \$36.480 COP/km de la secundaria, y por último, se tiene una relación de costo aproximado de \$7.080 COP/transformador, resaltando que uno de los objetivos es incrementar el consumo de los servicios por parte de los usuarios menos favorecidos en zonas no interconectadas representando en Colombia un alto porcentaje (55% que corresponde a 630.652 km<sup>2</sup>) del territorio nacional (Moreno & Perez, 2000).

Para poblaciones que habitan el departamento de Antioquia, el costo del servicio y las grandes distancias plantean la necesidad de una evaluación financiera sobre energías renovables, las cuales no dependan de una interconexión tradicional, que mejoren la calidad de vida y que comporten bajos costos. Algunas zonas rurales y urbanas del departamento como Mutatá, Dabeiba, Ituango y Valdivia consideras zonas con índices de pobreza y limitaciones en el uso de servicios básicos (Maya & Muñetón, 2018)—las cuales reflejan una baja producción en alimentos— no cuenta con energía eléctrica convencional, obligando a los usuarios a satisfacer la demanda de energía de otras formas, además de representar el 17,1% de pobreza a nivel nacional (DANE, 2019a). A ese escenario se suma que los servicios básicos deben ser una realidad para todas las personas, inclusive para aquellos que dependen económicamente del campo, con lo cual se hace factible el acceso de estos a la información a través de servicios de TV y radio, los cuales necesitan energía eléctrica para funcionar. Las familias más afectadas en Antioquia están en los estratos 1 y 2

(Moreno & Perez, 2000). Cabe señalar que Antioquia cuenta con recursos hídricos que generan energía para ciertas viviendas ubicadas en áreas determinadas, por lo que podría considerarse como una buena alternativa, incluso con mejor eficiencia.

Finalmente, el desarrollo económico de las regiones está directamente relacionado con la demanda y consumo de energéticos, en contraste con la analogía entre lo que se consume y el impacto al medio ambiente. Ideal sería que las empresas en Colombia examinen la manera de diversificar el suministro de energía eléctrica –priorizando el impacto positivo en el medio ambiente– adoptando la utilización de fuentes de energía limpia. Colombia actualmente cuenta con lugares que generan energía de forma eco-amigable, lo que ha dado como resultado la disminución de las emisiones de dióxido de carbono al ambiente (Carmargo & Arboleda, 2013).

#### **1.4. Municipio de Bello**

Bello es una ciudad colombiana ubicada en el norte del Valle de Aburra, en el departamento de Antioquia. Este ente territorial forma parte del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y limita con los municipios de Medellín –capital del departamento–, Copacabana, San Pedro de los Milagros y San Jerónimo. El municipio, durante su historia, ha tenido recibido el apelativo de «Cacique Niquía», «cuna de Marco Fidel Suarez» y «ciudad de los artistas» (Area Metropolitana, 2004). Con base en la información estadística, en el año 1995 tenía un estimado de 295.950 pobladores, mientras para el año 2018 cuenta con 464.560 habitantes. Se estima que, para el año 2035, tendrá un mayor crecimiento poblacional acercándose a los 739.660 habitantes (Alcaldía de Bello, 2018).

Dentro de los Planes de Desarrollo Territorial del municipio (Alcaldía Bello, 2019) se plantea la formulación y ejecución de proyectos que ayuden en la conservación el medio ambiente a partir de alternativas tecnológicas amigables con los recursos naturales propios de la región, empleando metodologías basadas en investigaciones científicas y vigilancias

tecnológicas que impulsen el desarrollo del municipio con base en la Ley 388 (Alcaldía de Bello, 2018).

Así mismo, el municipio de Bello, cuenta con políticas y reglamentos institucionales para la conservación de los recursos naturales, en las cuales convergen los recursos públicos para la prevención y mitigación de desastres en las zonas más vulnerables y la reducción de expensas adicionales en necesidades básicas –como lo son el uso del agua y el consumo de energía– para las comunidades vulnerables (Alcaldía de Bello, 2017).

Dentro de sus funciones, y con el compromiso de salvaguardar el medio ambiente y contribuir al desarrollo del región, el municipio de Bello ejerce control en procura de la preservación del medio ambiente, desde la secretaria de medio ambiente y desarrollo rural con base en las políticas nacionales y departamentales en la prevención y mitigación de riesgos en la región, ejercicio acompañado de proyectos innovadores que favorezcan la conservación de los ecosistemas del municipio (Alcaldía de Bello, 2019).

Así mismo, el ente territorial tiene por propósito la elaboración de planes regionales para amparar los recursos naturales renovables, ello acompañado de propuestas metodológicas que impulsen el desarrollo del municipio, por lo que, dentro de los planes está evaluar la viabilidad de estrategias de conservación, acompañadas de criterios de selección, para impulsar proyectos (aprobados y controlados por el área metropolitana) razonables que impacten positivamente en las zonas urbanas y rurales en materia ambiental, beneficiando el municipio y a su población en los ámbitos económicos, culturales, sociales y en impacto ambiental. (Alcaldía Bello, 2017).

El único proyecto documentado que se destaca en el Área Metropolitana, con impacto directo en el municipio de Bello –en el campo de la innovación a través de Colciencias e industrias locales– con influencia en la sostenibilidad energética es el mejoramiento del Sistema Integrado de Transporte METRO (Medellín, 2019).

El proyecto se describe en cuatro secciones: la primera, explica la instalación de nuevos ultra capacitores, capaces de generar energía –cuando el tren reduce la velocidad– y de

transmitirla a otros vehículos ferroviarios o sistemas que necesiten del recurso; la segunda parte, un diseño de Vigas Traviesas –las cuales están sometidas a mayor desgaste– que son fabricadas con materiales no contaminantes; la tercera parte, es el diseño de un rotor para motores, el cual permitió la creación de nuevos conocimientos y el apoyo a la industria local – empresas asentadas en el Valle del Aburra–; y finalmente, la cuarta parte trata del carenado frontal que permite ahorro energía mediante el sistema aerodinámico de primera generación, una mejora que permite el ahorro del 4,7% en el consumo de energía, además de ser fabricado con material no contaminante (Alcaldía Medellín, 2019).

El proyecto se basa en la investigación, desarrollo e innovación –I+D+i–, actividades que permiten avances significativos en la región y que impactan de manera directa el municipio de Bello (Alcaldía Medellín, 2019).

En la misma línea, la generación a partir de energías renovables en el municipio de Bello deberá impactar positivamente no sólo en el cuidado del medio ambiente, sino también en algunas entidades del municipio, quienes pueden verse beneficiados con ahorros en servicios públicos –energía y agua– de manera viable, con una reducción positiva en el coste del servicio. Como bien lo demuestra el modelo, la población que habita el municipio se incrementa, al tiempo que aumenta el gasto energético, haciendo que el medio ambiente se vea afectado. Debe anotarse la existencia de sectores poblacionales con altos índices de pobreza, los cuales no tienen la capacidad de sufragar un servicio con prestadores como las Empresas Públicas de Medellín E.S.P. –EPM– (Alcaldía de Bello, 2009).

La investigación que se desarrolla (en una mayor parte) en las universidades en Colombia favorecen la competitividad en el progreso y tecnología, por lo que desarrollar metodologías, basadas en criterios científicos, para el uso de las energías renovables en el municipio de Bello favorecerá el crecimiento de la región, permitiendo a instituciones acreditadas de alta calidad, como el ITM –un establecimiento público que, a través del desarrollo y aplicación metodológica, tiene la responsabilidad de asesorar, implementar y mejorar alternativas que permitan la gestión, a la adopción y el desarrollo en entidades para

favorecer la vigilancia, la prospectiva, los riesgos y portafolios de los desarrollos regionales (Arciniegas-Ortiz & Ramirez-Lopez, 2018)–, plantear propuestas investigativas que favorezcan el mejor uso de los recursos, y en el caso de la problemática planteada, un mejor aprovechamiento de las alternativas de sostenibilidad energética, lo cual permitirá tener acceso a tecnologías que impacten positivamente la economía de personas, colegios, empresas y universidades del sector, y al tiempo, promoviendo la cultura de cuidado ambiental a través de los Planes de Desarrollo Territorial y los proyectos ejecutados.

En atención a lo anterior, es necesario establecer una cultura en torno a las energías limpias, promoviendo un ecosistema de ciudad-región, en donde todos los entes se hagan responsables del ambiente, potencializando la eficiencia energética y sus diferentes usos para obtener como resultado menos residuos que afecten el entorno. El uso de energías limpias debe estimular la gestión tecnológica de la población Bellanita en el uso racional de los recursos, además, se busca desarrollar proyectos en sostenibilidad y que impacten positivamente la región, teniendo como eje principal la innovación, el desarrollo territorial y la adopción tecnológica.

A partir de esta necesidad, la pregunta de investigación que busca abordar este proyecto es: *¿Qué tipo de alternativas tecnológicas orientadas a la sostenibilidad energética pueden adoptarse en algunas entidades públicas y privadas del municipio de Bello?*

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Proponer alternativas tecnológicas orientadas a la sostenibilidad energética que puedan adoptarse en las entidades públicas y privadas del municipio de Bello.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Identificar la evolución y tendencias investigativas en tecnología orientadas a la sostenibilidad energética, a través de un análisis bibliométrico.
- Establecer las condiciones energéticas actuales de las entidades públicas y privadas en el municipio de Bello.
- Explorar alternativas tecnológicas de sostenibilidad energéticas aplicables a entidades públicas y privadas del municipio de Bello.
- Seleccionar las alternativas de sostenibilidad energética acordes a las necesidades de las entidades públicas y privadas en el municipio de Bello, a partir de un análisis multicriterio.

## **2. EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS ORIENTADAS A LA SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA**

Esta sección presenta un marco conceptual que apoya el desarrollo del análisis bibliométrico utilizando una metodología de investigación, se introduce el concepto de energías renovables a partir de una ecuación de búsqueda en Scopus, y se presentan las principales características en la temática de alternativas de sostenibilidad energética desde indicadores de cantidad, calidad y estructura para analizar la importancia que se tiene a nivel global en relación con las tendencias y sus principales cualidades desde un enfoque científico.

### **2.1. Introducción**

En el capítulo 1 se presentaron algunos antecedentes en materia de sostenibilidad energética, resaltando estudios prácticos en ejecución de proyectos que han logrado impacto en la salvaguarda del medio ambiente, la reducción de costos y el adecuado manejo de los sistemas renovables.

El presente análisis bibliométrico permitirá visualizar, de manera global, los resultados de investigación en el tema de energías renovables, además de evidenciar procesos de exploración, evolución, volumen, visibilidad y estructura, ampliando la actividad científica y los impactos que se tienen en las fuentes bibliográficas registradas en Scopus (Escorcia, 2008). Para tal objetivo, se acudirá a la utilización de técnicas que permitan analizar cada uno de los diferentes escenarios y eventos para dar continuidad al desarrollo e incorporar tendencias investigativas en sostenibilidad energética. Se observa una falta de resultados consistentes sobre las variables específicas que conducen a implementar estrategias en el uso de energías renovables, lo cual se abordará inicialmente con un análisis bibliométrico de la temática alrededor de todo el mundo, resaltando los autores, universidades, revistas y centros de investigación, observando las tendencias y los resultados obtenidos en las

publicaciones más relevantes de la ecuación de búsqueda propuesta para el análisis bibliométrico.

## **2.2. Contexto general de las energías renovables**

Cabe destacar la importancia de las alternativas energéticas en el uso convencional de acuerdo con la adopción de tecnologías que se tengan en un territorio. Mararakanye (2019) informa sobre la creciente participación de sistemas energéticos prácticos, los cuales se pueden instalar en muchas regiones del mundo en conformidad con las características geográficas del territorio, y sobre los cuales es posible medir el de impacto en una comunidad. Por ende, la revisión literaria de múltiples proyectos permite ampliar el panorama para considerar nuevas tecnologías de sostenibilidad energética y comparar los impactos que estos comportan frente al uso de las energías convencionales.

La producción de conocimiento en el campo de la sostenibilidad energética ha venido creciendo, Elsevier (2019) ha registrado un crecimiento de publicaciones año a año, a partir del 2008 hasta la actualidad. Por ello que resulte importante incluir un estudio bibliométrico y definir la importancia de cada uno de los aspectos –evolución y tendencias– relacionados con investigaciones científicas en las alternativas de sostenibilidad energéticas en el mundo. Desde el siglo XIX las industrias emplean servicios que relacionan directamente el uso de la energía, actividades que impactan de manera negativa el medio ambiente, generando como consecuencias fenómenos de cambio climático que afectan productos y servicios en ciertas regiones del mundo (Otter, 2003).

Zhou (2019) explora la difusión de las energías renovables de las naciones que comprenden la Unión Europea, comparando modelos alternativos – durante más de veinte años– para comprender la competencia y el aprendizaje del sector energético, la respuesta en la línea del tiempo en adopción de políticas promotoras de competitividad y beneficio a los sectores económicos de las regiones adoptantes.

Existe un interés sustancial en el uso de energías renovables, pero es necesario mencionar que las energías provenientes de fuentes fósiles continuarán en uso durante largo tiempo, inclusive se prevé que, para el año 2030, la demanda de electricidad se duplicará en una tasa anual del 2,4%, siendo probable que países como China y Estados Unidos –de alto desarrollo tecnológico– rebasen el estimado en un 4% ocasionando una alta demanda de gas y carbón para cubrir las necesidades de los países que lo requieren (Otter, 2003).

Los avances científicos deben apuntar a que los desarrollos futuros sirvan a la construcción de sociedades moderadoras de adopción tecnológica, donde se planteen nuevos retos innovadores. Uno de ellos es el desarrollo de energías limpias para la conservación del planeta (X. Li, Zhu, & Guo, 2011). Las energías limpias, a simple vista, se ven prometedoras: el viento que produce energía eólica y también genera olas en los mares, el agua que se emplea en hidroeléctricas, mareal y geotérmicas –rocas calientes en el interior de la tierra– y el sol que alimenta los paneles solares –fotovoltaica y centrales de energía solar– (Jacobson & Delucchi, 2010).

André (2012) informa sobre las fuentes de energía primaria utilizadas entre los años 1973 y 2009 discriminando por tipo de fuentes, con información detallada a nivel mundial y países conformados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico – OCDE– como se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2.** Energía primaria

<b>Combustible</b>	<b>Mundo (1973)</b>	<b>Mundo (2009)</b>	<b>OCDE (1973)</b>	<b>OCDE (2009)</b>
<b>Petróleo</b>	46%	32,8%	52,6%	36,3%
<b>Carbón</b>	24,6%	27,2%	22,6%	20,2%
<b>Gas natural</b>	16%	20,9%	18,9%	24,5%
<b>Biomasa y residuos</b>	10,6%	10,2%	2,3%	4,7%
<b>Nuclear</b>	0,9%	5,8%	1,3%	11%
<b>Hidroeléctrica</b>	1,8%	2,3%	2,1%	2,1%

<b>Geotérmica/solar/eólica</b>	0,1%	0,8%	0,2%	1,2%
<b>Total</b>	100%	100%	100%	100%
<b>En Mtep</b>	6,111%	12,150%	3,741%	5,413%

Fuente: elaboración propia tomado de (André et al., 2012)

El petróleo es el único que presenta una disminución en su uso entre los años comparados, las demás fuentes presentan aumentos porcentuales, aproximación en estabilidad y disminución en sus usos. Por ejemplo, la energía nuclear paso del 0,9% al 5,8%, las hidroeléctricas –para los países de la OCDE– muestran un 2,1% estable por 36 años, mientras el grupo de geotérmica/solar/eólico pasó del 0,1% al 0,8%, lo que representa gran uso en aplicaciones industriales para el año 2009 (André et al., 2012).

En contraste, el petróleo pasó de representar el 46% de las fuentes generadoras en 1973 al 32,8% en 2009, es decir que en 36 años disminuyó en un 13,2%, representando una disminución significativa en el uso de energías convencionales. Por otro lado, aumentó significativamente el uso de energía nuclear, hidroeléctricas y energías limpias. El carbón, gas natural y biomasa conservan datos similares entre los años analizados. La figura 9 representa los consumos energéticos entre los años 1973 y 2009 de los países conformados por la OCDE.

Para los países de OCDE el panorama es un tanto diferente. El uso del petróleo pasó de 36,3% a 52,6%, representando un aumento del 16,3% en el periodo estudiado. Por otro lado, el carbón, el gas natural, la biomasa y la hidroeléctrica conservan una estadística similar, al tiempo que la energía nuclear y el grupo de fuentes geotérmica/solar/eólica aumentan considerablemente.

Por otro lado, se tiene información en el consumo de energía primaria en todo el mundo, representando altos cifras en el uso del carbón, petróleo, gas natural, electricidad nuclear, generación neta de hidroelectricidad, generación neta de electricidad geotérmica, energía fotovoltaica y eólica, combustibles derivados de la madera, biomasa, etanol y biodiesel

medidos en BTU (convertidas a BTU utilizando el contenido de calor de electricidad de 3.412 BTU por Kilovatio-hora) como se observa en la tabla 3 (Knoema, 2017).

**Tabla 3.** Consumo de Energía primaria 2015-2017

<b>País</b>	<b>2017</b>	<b>2016</b>	<b>2015</b>
China	139,44	137,42	137,28
Estados Unidos	97,6	97,6	97,38
Rusia	32,83	31,16	31,41
India	30,48	29,48	28,38
Japón	19,6	19,65	19,69
Canadá	15,05	14,71	14,83
Alemania	14,01	13,84	13,72
Brasil	12,59	12,53	12,95
República de Corea	12,36	12,29	11,93
Irán	11,6	11,17	10,78
Arabia Saudita	11	10,46	10,65
Francia	10,32	10,31	10,44
Reino Unido	8,23	8,26	8,35
México	7,91	7,94	7,77
Indonesia	7,16	7,08	7,01
Italia	6,79	6,72	6,77
Turquía	6,43	5,97	5,75
Australia	6,08	5,92	5,75
España	5,73	5,74	5,6
Sudáfrica	5,68	5,63	5,63

Fuente: elaboración propia basado en (Knoema, 2017)

La figura 9, representa la distribución porcentual del consumo mundial de la energía primaria para el año 2018 de los países mencionados en la tabla 3, donde China representa el mayor porcentaje con un 23,6%, seguida de Estados Unidos con un porcentaje del 16,6%. Rusia e India tienen un 5,2% y 5,8% respectivamente.

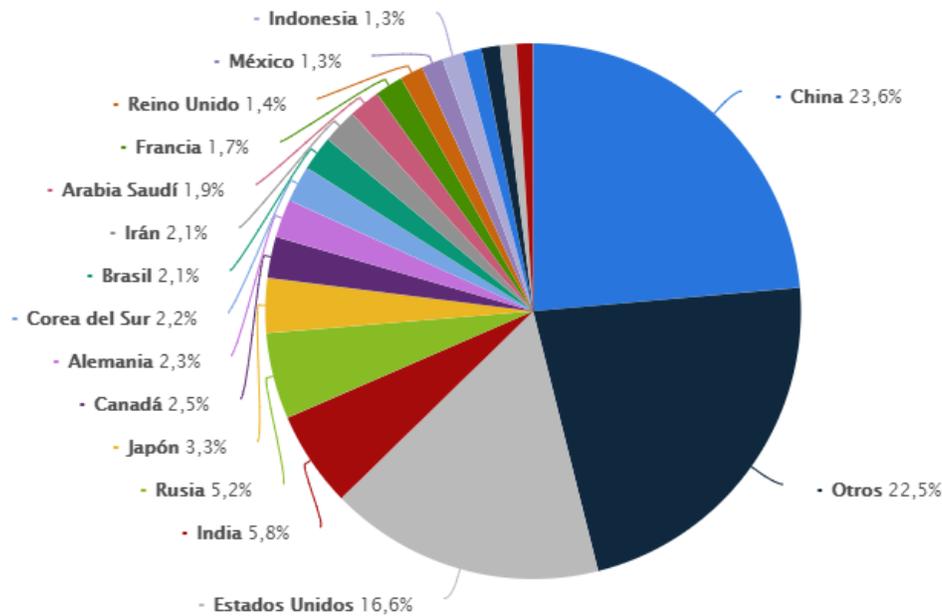


Figura 9. Distribución porcentual consumo mundial año 2018  
Fuente: tomado de (Statista, 2018)

### 2.3. Metodología

La metodología utilizada para el presente estudio bibliométrico se basó en un mapeo tecnológico a través de una ecuación de búsqueda construida en Scopus, sobre la cual se identificaron aspectos como indicadores de calidad, de cantidad y de estructura en relación con autores, revistas, universidades y centros de investigación. En este sentido, se presenta una descripción global del campo en sostenibilidad energética destacando la producción científica, por lo que se resalta lo más relevante en el tema y la importancia que se tiene frente a las publicaciones como fuentes fiables y de gran impacto en el conocimiento científico.

El análisis bibliométrico como metodología presenta una identificación cuantitativa de tendencias, evolución, comportamientos e indicadores en función de los parámetros más importantes que se pueden identificar en investigaciones de carácter científico y con relación a *papers*, artículos, revistas, autores, palabras claves, libros y capítulos de libros,

permitiendo la ocurrencia de avances tecnológicos hasta la actualidad y analizar detalladamente la estructuración cada uno de ellos a través del tiempo para gestionar la información en aspectos claves reportados en una bibliometría desde un enfoque científico (L. Ruiz, Valencia, Picón, & Villa, 2018).

La evolución del uso de energías ha tenido cambios significativos desde tiempo remotos, en donde se observa gran crecimiento de los procesos generadores de energía para usos residenciales e industriales. Entre los resultados se observa que el análisis bibliométrico acerca de la sostenibilidad energética ha dado como referente la ecuación de búsqueda en la base de datos de Scopus, construida a partir de palabras claves que se extraen de los tesauros tales como energía, sostenibilidad energética, tecnología, alternativas.

Posteriormente, se define una ecuación de búsqueda en la cual intervienen los factores de alternativas de sostenibilidad energética con palabras claves tales como *energy*, *sustainability* and *technologies*, términos que se adoptaron para encontrar campos en relación con títulos, palabras claves y referencias posteriores al 2007. Finalmente, la ecuación utilizada fue la siguiente: ***(TITLE (energ\* W/1 sustainabilit\*) OR KEY (energ\* W/1 sustainabilit\*) AND TITLE-ABS-KEY (technolog\*)) AND PUBYEAR > 2007*** cuya utilización reportó gran contenido científico en el ámbito de la sostenibilidad energética. Adicionalmente, se interpretaron los resultados de la ecuación en Excel, el desarrollo de un código en Python (ver Anexo A), CytoScape y DataAnalyzer.

Se evidencia un interés investigativo cada vez mayor y el cual ha ampliado el número de publicaciones, dando paso a la construcción de una bibliometría a través de una ecuación de búsqueda que permita la revisión sistemática de 334 artículos que exploran áreas del conocimiento tales como energías renovables, ingenierías, matemáticas, estadística, economía y finanzas, ciencias computacionales y ciencias naturales, tomando como referente la eficiencia energética, el desarrollo sostenible, los cambios climáticos, la energía solar, la energía eólica, los otros tipos de energías renovables, la gestión e innovación y la adopción tecnológica para analizar cuantitativamente el crecimiento de las tecnologías en

sostenibilidad energética que reduzcan el ritmo de contaminación que se tiene en todo el mundo (Aznar-Sánchez, Velasco-Muñoz, Belmonte-Ureña, & Manzano-Agugliaro, 2019).

En este contexto, la bibliometría se desarrollará en varias fases: (I) un contexto general que permite la visualización de la sostenibilidad energética a nivel mundial, la evolución de las tecnologías y sus usos; (II) la metodología, que aborda indicadores de calidad y cantidad; (III) los resultados de la ecuación analizando publicaciones, autores, universidades y revistas de manera cuantitativa; (IV) mapa topológico de red de autores entre los periodos 2008-2013 y 2008-2019 y; (V) una discusión sobre temáticas emergentes para fortalecer el tópico y que sea adoptado por regiones y países.

### **2.3.1. Indicadores de cantidad**

Sanho (1990) lo explica como un indicador básico y sencillo pero compacto a la hora de examinar datos estadísticos, además de ser considerado como un elemento fundamental en los análisis para la determinación de estudios bibliométricos y cuantitativos. Por otro lado, en el campo de las alternativas tecnológicas para la sostenibilidad energética, se transformó en un método que contabiliza la cantidad de documentos –en relación con autores, revistas y universidades adecuando los recursos disponibles en las bases de datos Scopus– que cubre información relevante –investigación científica– en el área de las energías renovables (Peralta, Frías, & Chaviano, 2015).

A continuación, se detallan cada uno de los resultados cuantitativos de los indicadores de cantidad en el tema de interés del presente estudio, los cuales tienen como base la ecuación de búsqueda utilizada y la literatura por ella proporcionada en los diferentes aspectos técnicos y científicos de la temática.

En la figura 10 se muestra el creciente interés desde el 2008 hasta el 2012, siendo este último el año productivo con un total de 37 artículos. En el año siguiente –2018– se observa un decrecimiento con 26 artículos, pero se estima un aproximado de 39 artículos para el año 2019. Resalta que la tendencia de la investigación se ha centrado en temáticas más

específicas, dentro de las cuales se encuentran las energías sostenibles, ciencias energéticas y ambientales, tecnología de biorecursos, materiales y tecnologías sostenibles y energías renovables sostenibles. Esta evaluación se ha basado en el uso de modelos cuantitativos de acuerdo con la teoría de la difusión de la Innovación, en la que se ha llevado a cabo una investigación sobre la validez de los factores de modelos y su pertinencia en la adopción exitosa de las alternativas de sostenibilidad energética. Así mismo, el indicador cumple con la condición matemática de tener una leve tendencia exponencial, asistiéndole razón a Cuevas (2009) quien plantea que la sostenibilidad energética es una temática joven y por explorar.

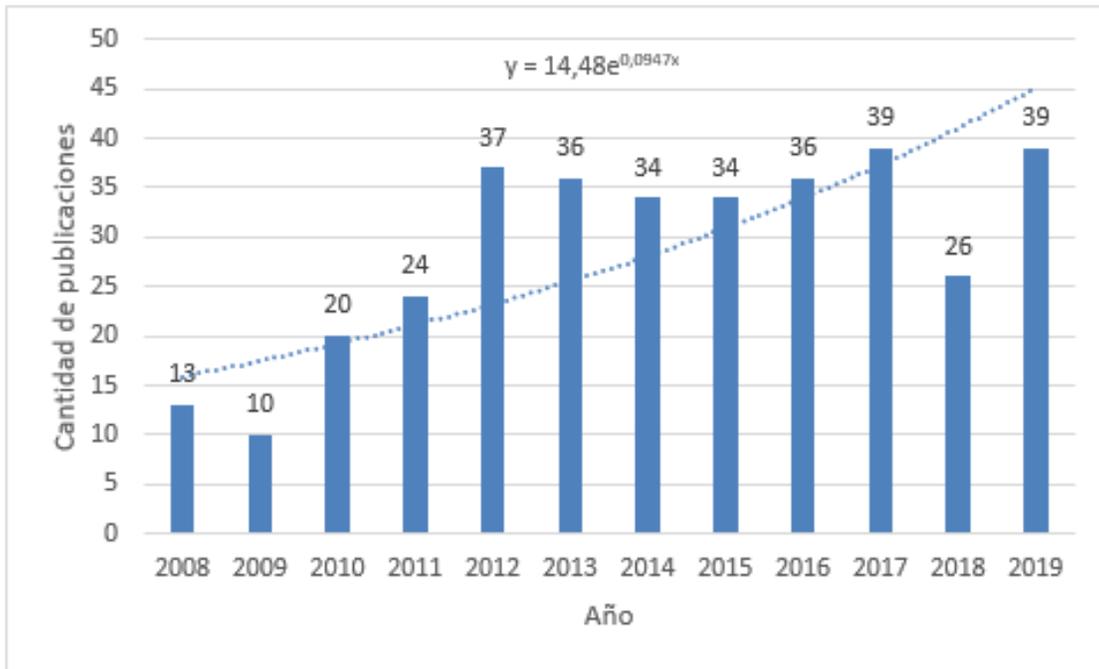
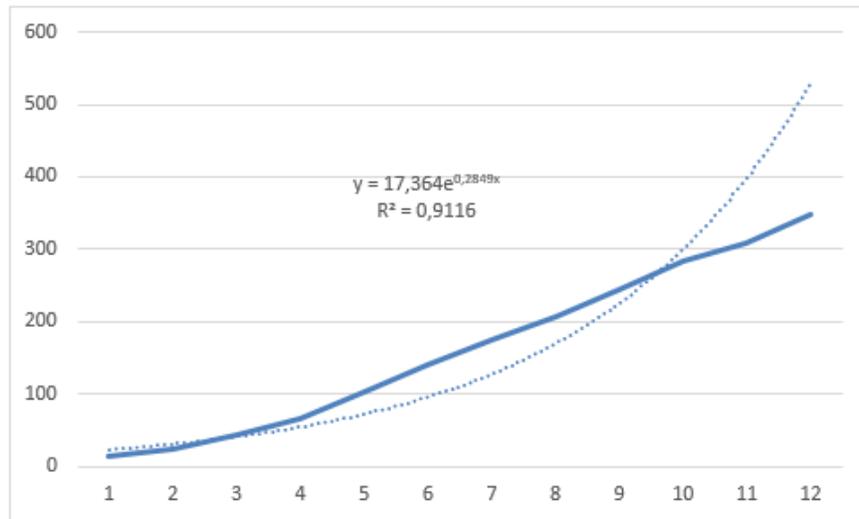


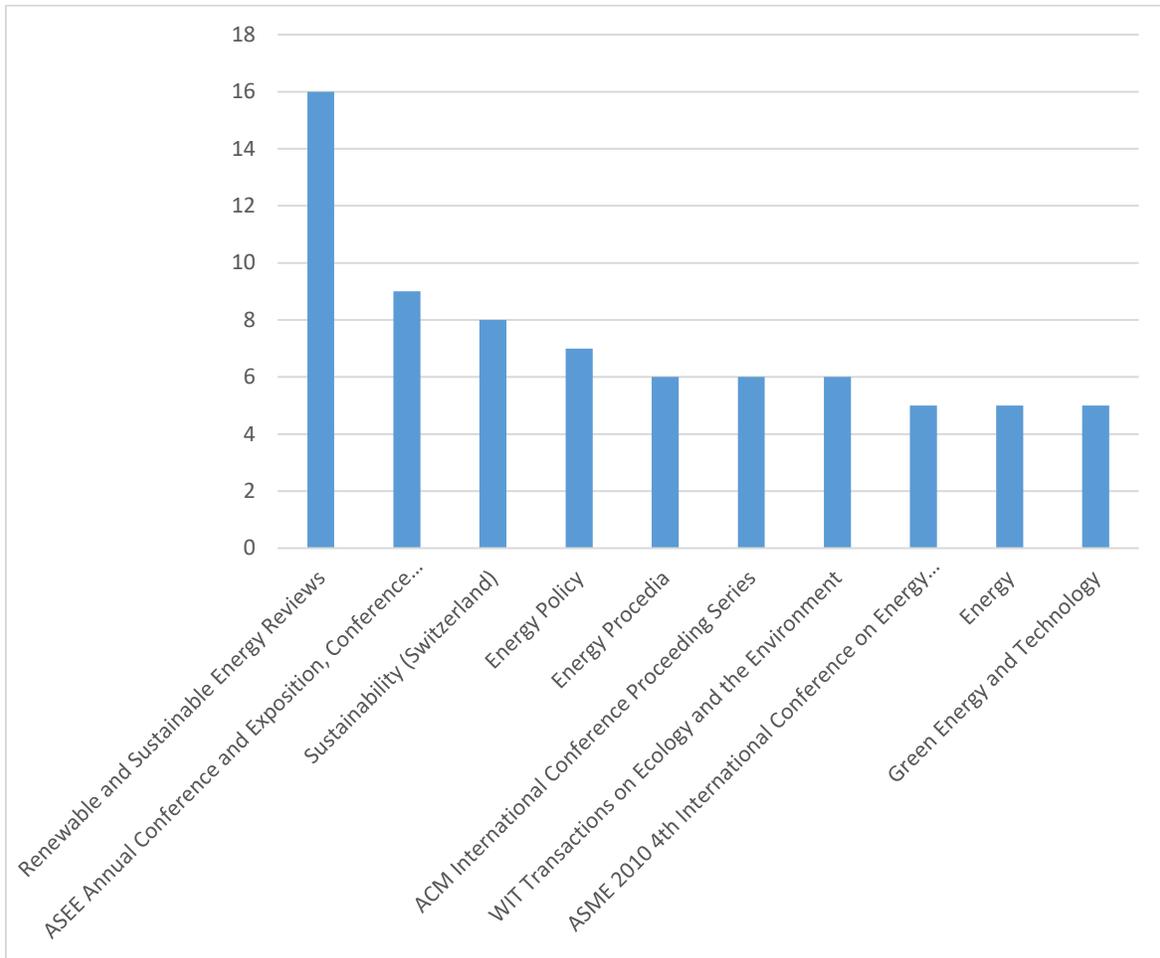
Figura 10. Publicaciones por años  
Fuente: elaboración propia

La figura 11 informa sobre la cantidad acumulada de publicaciones: una representación gráfica con un crecimiento exponencial sin puntos de saturación. Así mismo se muestra un coeficiente de determinación  $R^2$  con un valor alto  $0,9116$ , permitiendo afirmar que el modelo es mejor ya que puede incluir más variables, es decir, la sostenibilidad energética relaciona un indicador que nos permitirá conocer cómo se pueden predecir futuros resultados.



**Figura 11.** Cantidad acumulada de publicaciones  
Fuente: elaboración propia

Por otro lado, y respecto al análisis de indicadores de cantidad para revistas, la figura 12 representa las revistas que más publican en el tema de sostenibilidad energética. Por ejemplo, la revista «*Renewable And Sustainable Energy Reviews*» cuenta con 16 publicaciones, mientras las revistas «*ASEE Annual Conference And Exposition Conference Proceedings*» y «*Sustainability Switzerland*» cuentan cada una con 9 publicaciones. Las demás revistas cuentan con menos publicaciones, en un rango de 1 a 7 artículos publicados.

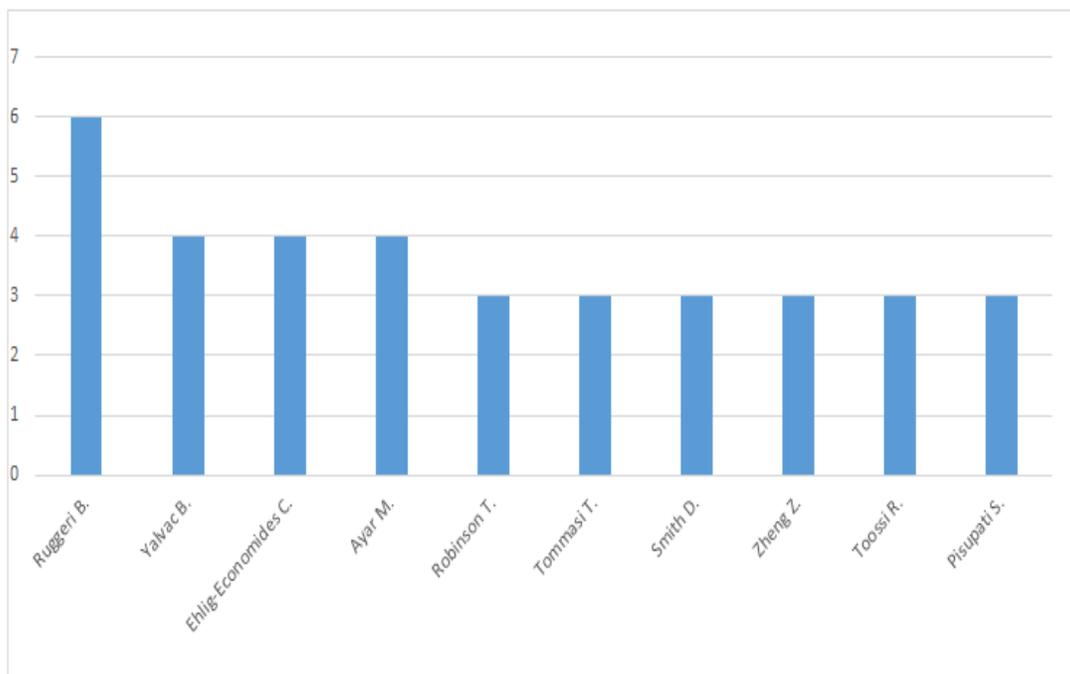


**Figura 12.** Cantidad de publicación de revistas por año  
**Fuente:** elaboración propia

Así las cosas, la revista que más publica es «*Renewable and Sustainable Energy Reviews* », siendo su artículo más citado «*A review of the development of Smart Grid technologies*» del año 2016 con un total de 145 citaciones, en donde se plantea un concepto acerca de sostenibilidad energética y el cuidado del medio ambiente como factor clave en las organizaciones en todo el mundo, ampliando la visión de que cada territorio y región debe adoptar nuevas tendencias sostenibles para mejorar considerablemente el consumo de energías convencionales e integrar sistemas que preserven la vida en el planeta (Tuballa & Abundo, 2016). En segundo lugar en citación, la publicación «*Progress in energy from microalgae: A review*» del 2013 con 139 citaciones, en dónde se ofrece un panorama acerca

microalgas como potencial de fuentes de combustibles renovables (Bahadar & Bilal Khan, 2013).

La figura 13 representa el top 10 de los autores que más publican en revistas indexadas en Scopus sobre la sostenibilidad energética. Ruggeri, B cuenta actualmente con 6 publicaciones; Yalvac, B., Ehlig-Economides, C. y Ayar M. cuentan con 4 publicaciones cada uno; los demás autores tienen entre 1 a 3 artículos publicados.



**Figura 13.** Top 10 autores que más publican  
**Fuente:** elaboración propia

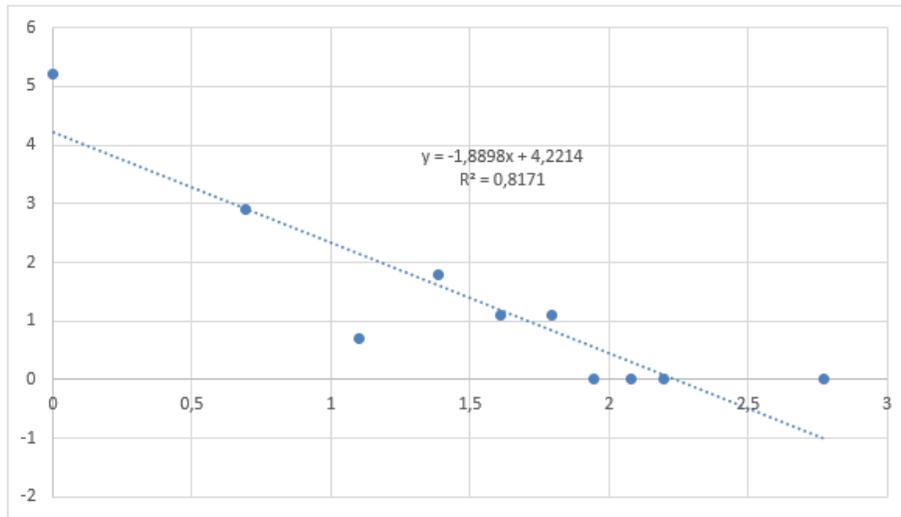
Ruggeri, B., el autor con más publicaciones, cuenta con los artículos «*LCA Analysis of different MSW treatment approaches in the light of energy and sustainability perspectives*» y «*Citrus waste as feedstock for bio-based products recovery: Review on limonene case study and energy valorization*» publicados en 2017 y 2016 respectivamente, detallando los avances tecnológicos que se tienen en el tema de interés. El primer artículo mencionado presenta una investigación teórica de la eliminación y valorización de los residuos, permitiendo analizar la composición de combustibles a partir de los desechos orgánicos e impactando considerablemente en la producción de energía eléctrica y térmica (Lombardelli, Pirone, & Ruggeri, 2017).

El segundo por su parte, informa sobre el uso de frutas cítricas potencializar procesos relacionados con los bioprocesos de la energía y generar alternativas energéticas a partir de los residuos cítricos (Negro, Mancini, Ruggeri, & Fino, 2016). Por otra parte, los autores Ehlig-Economides, C. y Yalvac, B. y Ayar, M. cuentan con el artículo «*Live energy: US faculty co-author an electronic textbook to deliver the most up-to-date and relevant content in energy and sustainability*» en donde se reporta, de manera general, como implementar contenido científico para colaborar con universidades locales en investigaciones de gran impacto y con relación a la sostenibilidad energética. Los demás autores en el precitado *top* cuentan con 1 y 3 publicaciones.

Para un primer análisis matemático se aplica la ley de Pareto (González, 2017) que indica, para las revistas en sostenibilidad energética, que un 70,78% publican el 80%: el 5,58% publican el 25% del total del contenido, que el 26,48% publican el 50%, y que el 63,47% publican el 75%. Para autores se tiene que el 67,88% publican el 80%, el 13,75% publican el 25%, el 38,79% publican el 50% y el 63,82% publican el 75% del contenido.

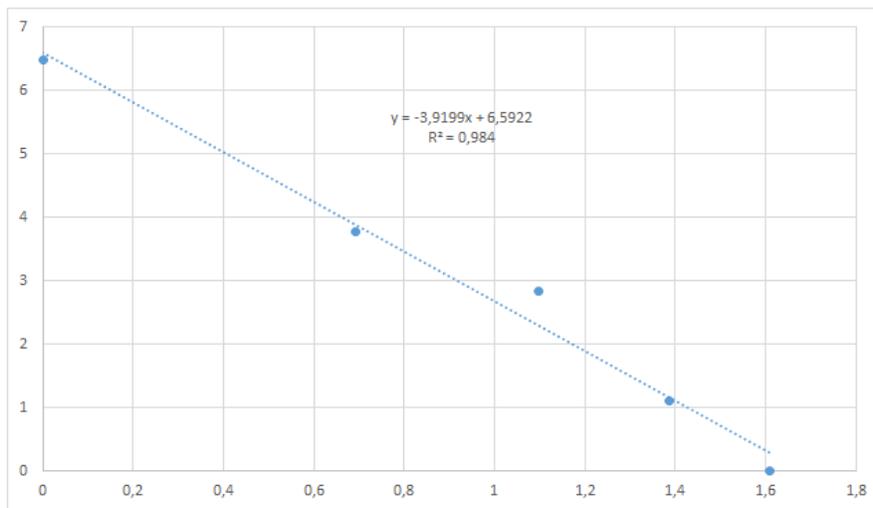
Un segundo análisis matemático se aplica mediante la ley de productividad. La cantidad de publicaciones está representada en el eje  $x$ , y la frecuencia está representada en el eje  $y$ . Mediante la técnica de logaritmo natural se obtiene los resultados de esta ley, tanto para revista como para autores. La figura 14, representa la ley de productividad en las revistas: esta ley postula que la productividad no sigue una distribución lineal, sino una distribución logarítmica (L. Ruiz et al., 2018).

Se puede inferir de la figura 14 que, cuando una revista tiene publicaciones científicas registradas, es más fácil producir y publicar. El análisis lleva entonces a determinar tres tipos de niveles de productividad, los pequeños que se representan con la expresión  $\text{Log } n = 0$ , los que tienen una productividad media que se representan con  $1 > \text{Log } n > 0$  y los de productividad alta que se representan como  $\text{Log } n > 1$ . La figura 14 muestra el valor cuadrado del coeficiente de regresión del ajuste en el número acumulado de artículos contra el logaritmo natural de los diarios, siendo mayor que 0,8, lo que demuestra un ajuste adecuado para el modelo propuesto en la productividad.



**Figura 14.** Ley de productividad en las revistas científicas  
**Fuente:** elaboración propia

También se verificó la ley de productividad para los autores en el campo. La figura 15 presenta los resultados obtenidos con respecto a esta ley, informando el gráfico de un coeficiente de determinación superior a 0,9 que confirma un ajuste adecuado para el modelo propuesto para la productividad.



**Figura 15.** Ley de productividad autores  
**Fuente:** elaboración propia

La figura 16, representa el top 10 de las universidades que trabajan el tema de sostenibilidad energética. El Politécnico di Torino es quien lidera con 8 publicaciones,

seguido por el Tecnológico de Monterrey con 6 publicaciones y las universidades de *Pennsylvania State University* y *Stanford University* con 5 publicaciones respectivamente.

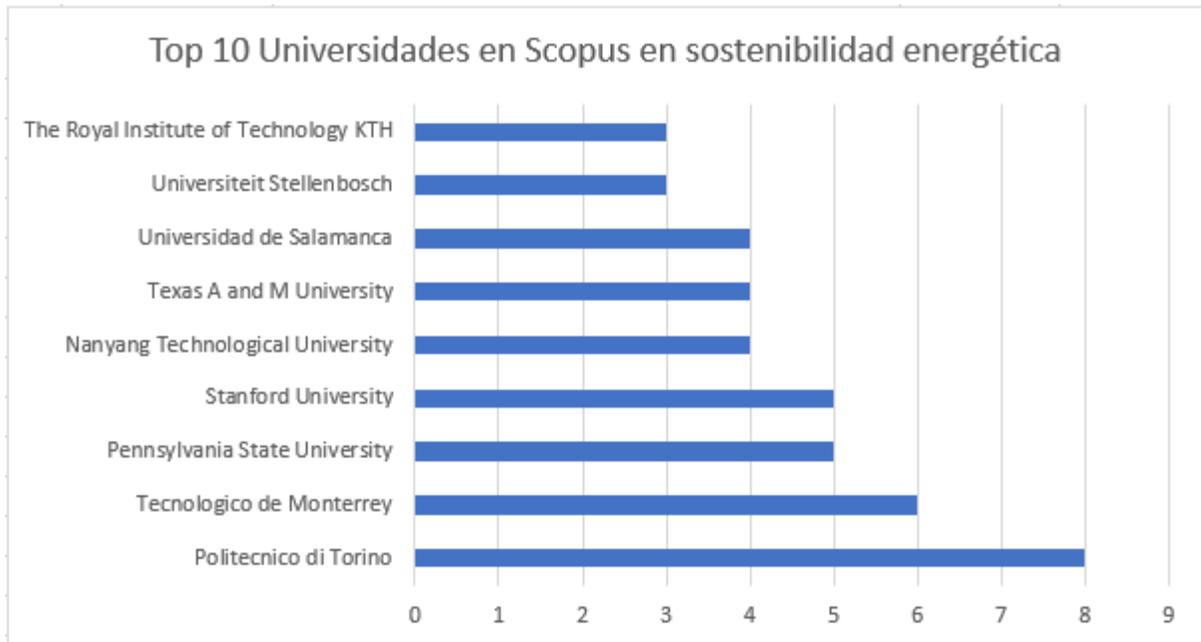


Figura 16. Top 10 Universidades en Scopus en sostenibilidad energética

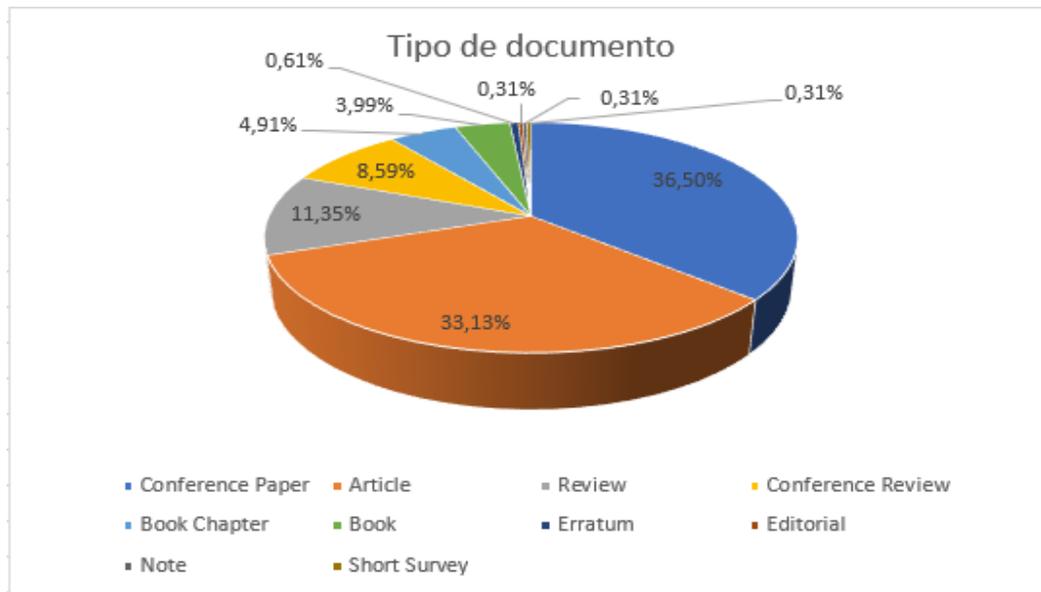
Fuente: elaboración propia con datos de (Elsevier, 2019)

El politécnico di Torino cuenta con la publicación «*Cost-risk analysis for supporting urban regeneration technological projects*» aborda tópicos como «*Green Energy and Technology*» y tiene por foco el proponer metodologías para apoyar proceso en generación y regeneración de energías en zonas urbanas, también cuenta con la publicación «*Citrus waste as feedstock for bio-based products recovery: Review on limonene case study and energy valorization*» ya mencionado anteriormente – resaltando el autor Ruggeri, B. como el autor que más publica—. La misma institución cuenta también con la publicación «*Reduction of primary energy needs in urban areas trough optimal planning of district heating and heat pump installations*» que centra la atención en los sistemas de calefacción a partir de bombas geotérmicas para mejorar considerablemente su productividad a base de eficiencia energética.

Por su parte, el Tecnológico de Monterrey cuenta con publicaciones tales como «*Open, interdisciplinary and collaborative educational innovation to train in energy sustainability*

through MOOC: perception of competency development» que habla sobre la creación de cursos de percepción del desarrollo de competencias para generar impacto desde lo social y cultural en sostenibilidad energética desde las organizaciones, creando nuevos espacios para mejores oportunidades en esta área. También cuenta con la publicación «*Validity and reliability of a survey to know the technological acceptance of an institutional repository: The case of resources on energy and sustainability*» que busca validez y confiabilidad en la aceptación tecnológica con los recursos de sostenibilidad energética. Finalmente, la Universidad de Pensilvania cuenta con el artículo «*Analysis of interactive solar energy web maps for urban energy sustainability*» detallando la información geográfica para tomar decisiones en los territorios sobre la alternativa energética más adecuada para la producción de energía basados en nuevas formas tecnológicas de sostenibilidad.

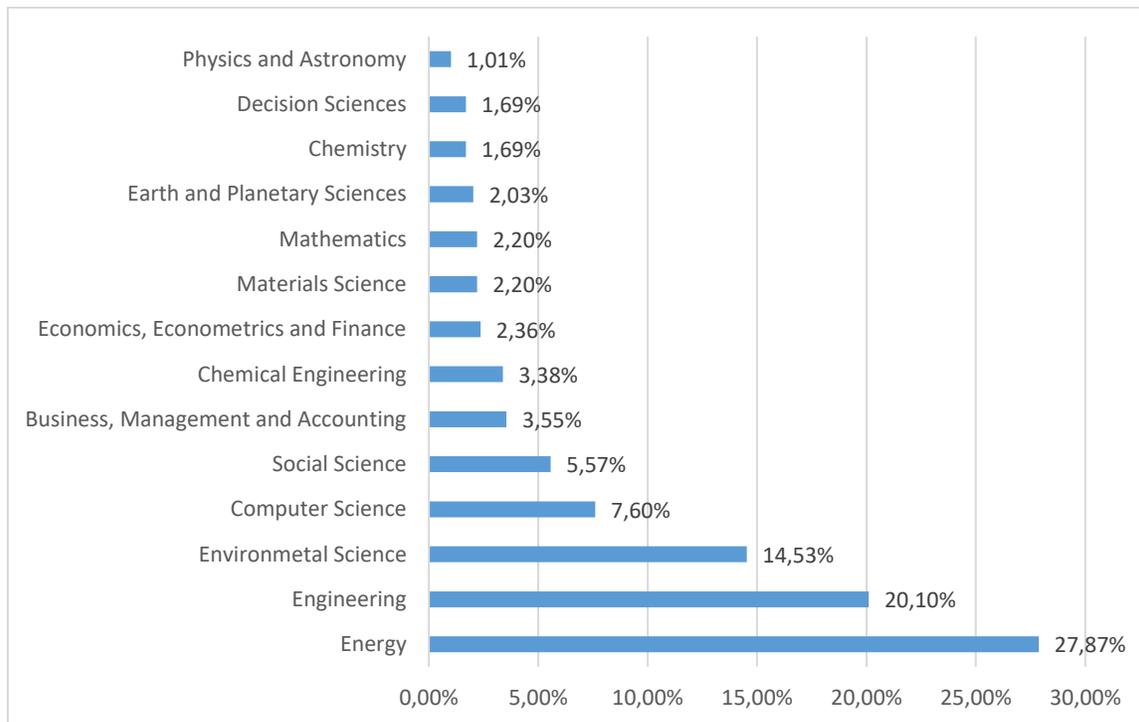
Sobre tipos de documentos que abordan la temática de sostenibilidad energética, en la figura 17 se muestran las diferentes fuentes que se indexan en Scopus y posteriormente se publican tal como “*Conference papers*”, “*Article*”, “*Review*”, “*Conference review*”, “*Book Chapter*”, “*Book*”, entre otros.



**Figura 17.** Tipos de documentos  
Fuente: elaboración propia con datos de (Elsevier, 2019)

El 36,3% representa documentos de conferencia, resaltando que es el mecanismo de difusión más usado al permitir permite una propagación más rápida del conocimiento, y representan la investigación en una fase temprana, ofreciendo una primicia actualizada, aunque se debe considerar que no pasan por un filtro riguroso. En este tipo de documentos se publican actas de congreso, monografías y ponencias de temáticas muy particulares (M. Ruiz, 2011). Seguido por el 33,2% representados por los artículos científicos del tema. Ocupa el segundo lugar debido a que la publicación de un artículo en Scopus puede tardar entre 12 y 18 meses. Se debe tener presente que esta tipología recoge los últimos avances de una investigación, los cuales pasan por revisiones rigurosas donde es vital comprobar su impacto sobre una temática determinada (M. Ruiz, 2011). Los demás, no representan más de 15%, debido a que son documentos originados por el trabajo interno de las instituciones y centros de investigación encargados de temas puntuales, sin embargo, estos son de gran utilidad a la hora de consultar y proponer trabajos científicos desde un marco general para un caso particular (M. Ruiz, 2011).

La figura 18 representa el área de estudio en el tema de sostenibilidad energética, concentrando las principales temáticas en «*Energy*», «*Environmental Science*», «*Social Sciences*», «*Chemical Engineering*», «*Materials Science*», «*Earth and Planetary Science*», «*Decision Sciences*», «*Engineering*», «*Computer Science*» entre otras.

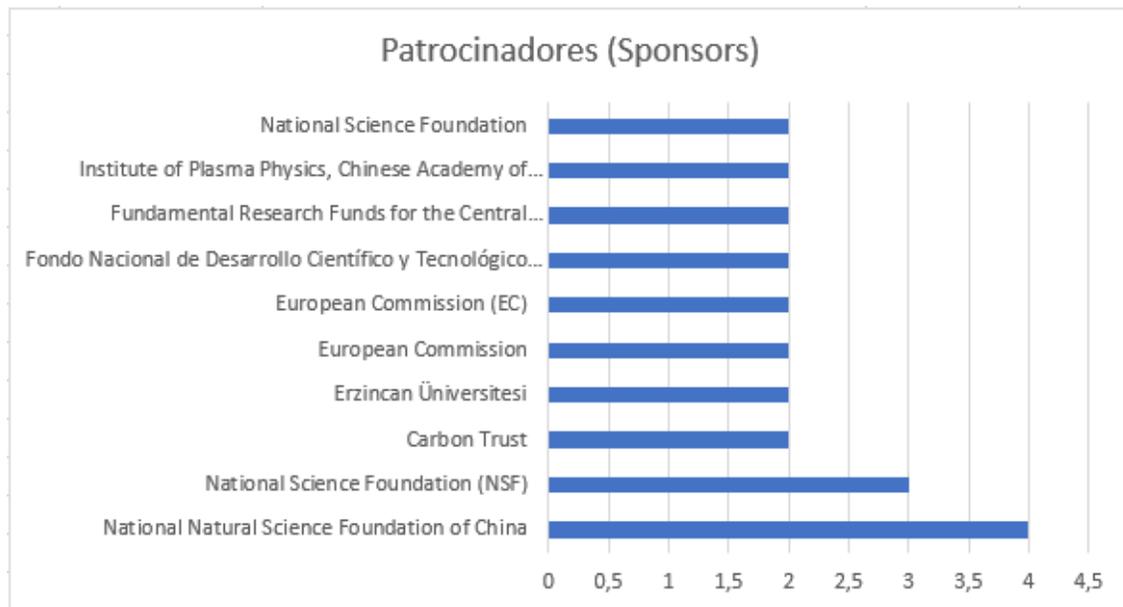


**Figura 18.** Área de estudio Sostenibilidad Energética  
**Fuente:** elaboración propia con datos de (Elsevier, 2019)

El 27,87% de las publicaciones aborda el estudio de la energía, con 170 productos, y en donde se relacionan los temas «*Green Energy and Technology*», «*Energy Reports*», «*Applied Energy*», «*Bioresource Technology*», «*Energy Procedia*», «*Sustainability (Switzerland)*», «*Solar Energy*», «*Energies*». El 20,1% le apunta a estudios en el campo de ingeniería y con relación a «*Applied Energy*», «*Advances in Intelligent Systems and Computing*», «*Studies in Systems, Decision and Control*». El 14,53% se encarga de la ciencia del medio ambiente abordando temáticas tales como «*Bioresource Technology*», «*Resources, Conservation and Recycling*», «*International Journal of Sustainable Development and World Ecology*». Las demás cuestiones no representan más de 10%, no obstante, tienen gran participación en la temática de interés. Estos resultados muestran que la sostenibilidad energética es una materia multidisciplinar, admitiendo la mezcla de varios campos de estudio y disciplinas como la física, la química, el medio ambiente, la ingeniería y las metodologías implementadas a partir de herramientas enfocadas a los sistemas energéticos. Es necesario mencionar que, pese a ser un tema abordable desde varias disciplinas, se evidencia un

enfoque particular hacia la idea de construir sistemas no centralizados que permitan agrupar técnicas para el desarrollo de sistemas novedosos alrededor del mundo.

La figura 19 muestra el top 10 de los patrocinadores –Sponsors– en sostenibilidad energética. Principalmente está la «*National Nature Science Foundation of China*» y «*National Science Foundation – NSF*». Los demás patrocinadores tienen una simétrica en términos de cantidad.



**Figura 19.** Top 10 Patrocinadores (Sponsors) en Sostenibilidad Energética  
**Fuente:** elaboración propia con datos de (Elsevier, 2019)

La mencionada «*National Natural Science Foundation*» es una fundación nacional para la ciencia que patrocina la investigación en temas relacionados con la ciencia, la ingeniería y la medicina (NSF, 2019) y representa la mayor cantidad de patrocinios en sostenibilidad energética. Su apoyo se concentra en fuentes tales como «*Science*», «*Progress in Polymer Science*», «*ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*», «*IEEE Wireless Communications and Networking Conference, CNC*» y «*IEEE Transactions on Energy Conversion*». La información del patrocinador detalla la elaboración de células solares de una película delgada a través de una composición química  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ , compuesta de una película delgada de 7,4% de eficiencia basada en la configuración Mo/CZTS/CdS/ZnO dopado con aluminio (Ge & Yan, 2018).

En Segundo lugar, la «*National Natural Science Foundation of China*» representa apoyo en fuentes como «*IEEE Vehicular Technology Conference*», «*Journal of Cleaner Production*», «*Applied Energy*», «*International Journal of Production Economics*» y «*IEEE Wireless Communications and Networking Conference, WCNC*». Es una fundación responsable con la creación, dirección y coordinación de proyectos que se basan en investigación básica y científica, promoviendo la ciencia, la tecnología y el desarrollo socioeconómico de una nación (NSFC, 2019).

### **2.3.2. Indicadores de calidad**

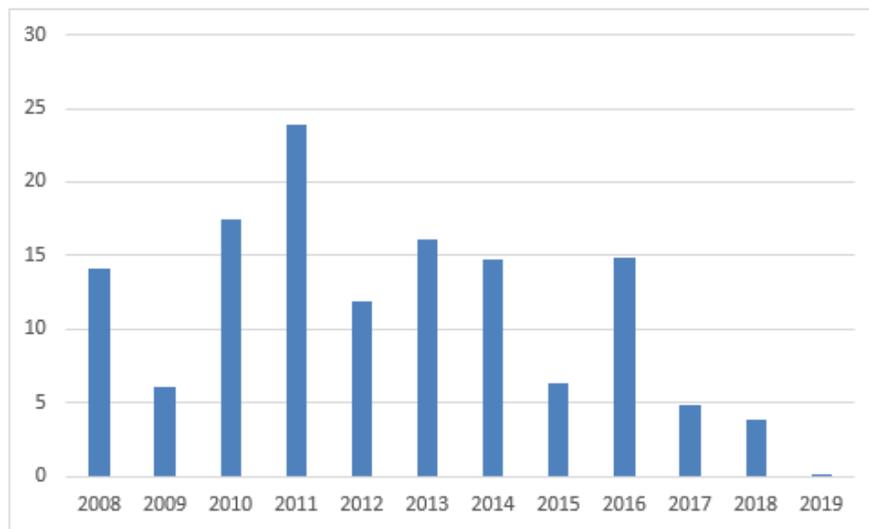
González (1997) explica que este tipo de indicador suele ser el más complejo de determinar ya que es subjetivo de acuerdo a la calidad del escrito – basado en una investigación– o la opinión de los pares expertos. A continuación, se detallan cada uno de los resultados que se obtuvieron en el análisis bibliométrico para los indicadores de calidad.

Los resultados del análisis bibliométrico que se presentan en este apartado se dan sobre la base de los indicadores de calidad propuestos en la metodología. La figura 20 indica que en el tema de interés del presente trabajo se viene popularizando desde el año 2008, con promedio de 14 citas por publicaciones, entre las cuales se destacan «*Towards sustainability of energy systems: A primer on how to apply the concept of energy services to identify necessary trends and policies*» con un total de 71 citas. El documento hace hincapié en los bienes y servicios que debe tener una sociedad moderna en temas energéticos e identifica la transición en sistemas sostenibles y la posibilidad de rutas que se pueden enmarcar sobre esta temática (Haas et al., 2008). También resalta «*Energy sustainable communities: Environmental psychological investigations*» con 79 citas, haciendo referencia al desarrollo de energía renovables y nuevas tecnologías que potencialicen la eficiencia energética en usuarios finales (Schweizer-Ries, 2008).

Para el año 2009 el tema tuvo una depreciación de 8 citas por publicación. Se destacan «*Application of Life Cycle Assessment (LCA) and extenics theory for building energy conservation assessment*» –un documento enfocado en la temática en la reducción de

energía y la contaminación ambiental (Zheng, Jing, Huang, Zhang, & Gao, 2009)– con 45 citas y el capítulo de libro «*Fuels - Hydrogen Production | Coal Gasification*» – en donde se informa del uso del hidrogeno como suministro natural de energía y alternativa del gas natural y petróleo (Rand & Dell, 2009)– con 10 citasiones .

En los años 2010 y 2011 la cantidad de citas por publicación aumentaron hasta alcanzar 17 y 23 citas respectivamente. El artículo con mayor número de citas es «*A review of hybrid renewable/alternative energy systems for electric power generation: Configurations, control, and applications*» se ubica en el año 2011 con un total de 385 citas: En él se detalla la revisión de sistemas híbridos para la generación de energías enfocado a la sostenibilidad para atacar problemas y desafíos alrededor del mundo desde el diseño, la implementación y la puesta en marcha (Nehir et al., 2011).

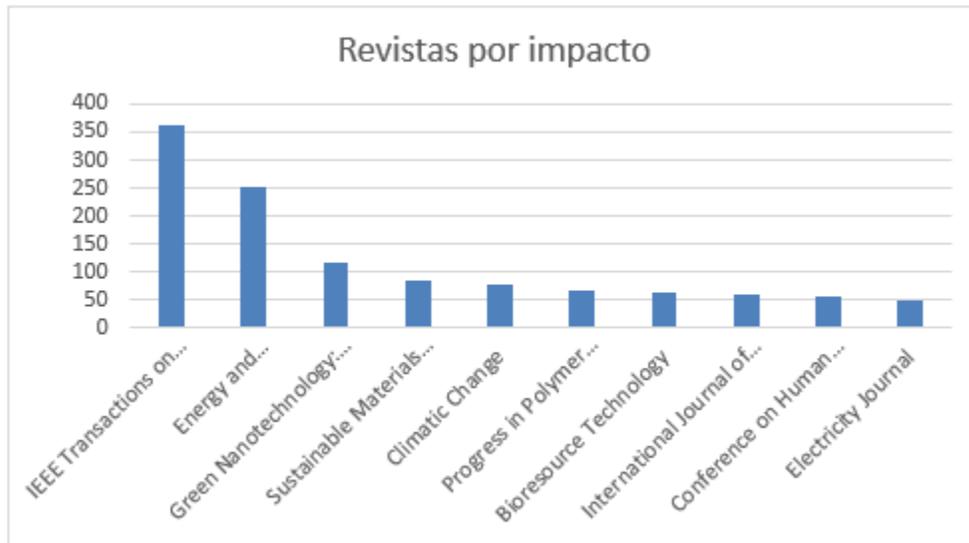


**Figura 20.** Temáticas en Sostenibilidad Energética  
Fuente: elaboración propia

El año con mejor índice de calidad por impacto en la cantidad de citas por publicación es el 2011 con un total de 23, el año 2012 registra un total de 12, el 2013 un total de 16, el 2014 un total de 14, el 2015 un total de 6 y el 2016 un total de 14. Estos datos son variantes en el tiempo, es decir, varían de acuerdo con el número de citas que realicen las nuevas investigaciones en alternativas tecnológicas de sostenibilidad energética. Es importante resaltar que, para el periodo comprendido entre 2015 y 2019, existe una alta probabilidad

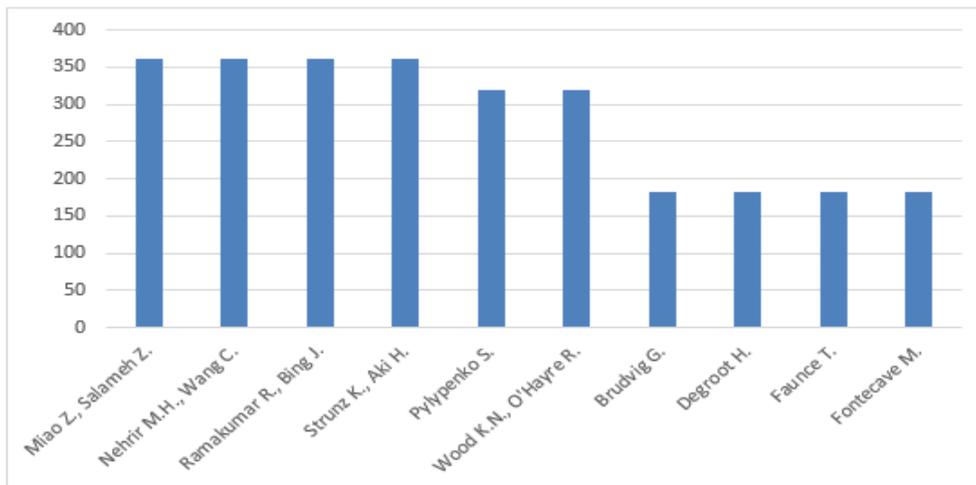
de que las publicaciones en Scopus aún no se conozcan a gran escala, lo que representa poca popularidad y pocas citaciones.

La 1 representa el top 10 de las revistas por impacto, es decir, las que tienen publicaciones con un número de citaciones representativas, siendo la más referida «*IEEE Transactions on Sustainable Energy*» la revista que publica temas relacionados con la generación de energía, transmisión de energía, distribución de energía y entrega final de energía, ella establece que las publicaciones sean revisadas por al menos por dos pares expertos en el tema. Su publicación más citada, según la información consignada en Scopus, es «*A review of hybrid renewable/alternative energy systems for electric power generation: Configurations, control, and applications*» con un total de 385 citas. La revista «*Energy And Environmental Science*» se ocupa de investigaciones que relacionen bioquímica, biofísica y disciplinas de la ingeniería química, Scopus reporta que la publicación serial cuenta con 2 artículos que relacionan las mencionadas temáticas desde donde se aborda la sostenibilidad energética: por un lado, la publicación «*Recent progress on nitrogen/carbon structures designed for use in energy and sustainability applications*» que habla de la transformación de un heteroátomo para la elaboración de materiales de carbono como aplicaciones que abarquen la producción y el almacenamiento de energía para aplicaciones en la medicina; por otro lado, la publicación «*Artificial photosynthesis as a frontier technology for energy sustainability*» abarcando nuevas tecnologías a partir de la fotosíntesis como generadoras de energía para aplicarlas en temas de sostenibilidad.



**Figura 21.** Top 10 revistas por impacto  
Fuente: elaboración propia

La figura 22 representa el top 10 de los autores más citados según la información reportada en Scopus. El primer puesto corresponde a Miao, Zhixin Lee, Nehrir, Mohammad Hashem, Ramakumar, Rama G. y Strunz, Kai., autores que publican en temas relacionado con ingeniería, energías, ciencias computacionales, matemáticas, negocios, gestión tecnológica, ciencias de la decisión y ciencias ambientales. La temática abordada representa la publicación más relevante en la temática de sostenibilidad energética.



**Figura 22.** Top 10 autores más citados  
Fuente: elaboración propia

### **2.3.3. Proyectos en sostenibilidad energética**

A continuación, se detallan los proyectos que permitirán guiar futuras investigaciones y suministrar recomendaciones sobre los factores más importantes a tenerse en cuenta en la adopción de tecnologías que impacten el uso de energías renovables para el cuidado del medio ambiente y la reducción de costos. Con base en la información presentada anteriormente, en la tabla 4 se exponen los elementos de alternativas de tecnológicas en sostenibilidad energética implementadas en diferentes regiones del mundo, de acuerdo con las condiciones geográficas de los territorios, y mediante el análisis de los artículos de la ecuación de búsqueda en la base de datos de Scopus. El título del artículo se ha incluido para proporcionar el enfoque y el contexto de la tecnología, al igual que, para identificar la implementación de cada alternativa de sostenibilidad energética, se incluye el autor y los aspectos más relevantes de la implementación.

**Tabla 4.** Top 10 de proyectos en el mundo en sostenibilidad energética

Autores	Titulo	Año	Tecnología implementada
(Razmjoo, Shirmohammadi, Davarpanah, Pourfayaz, & Aslani, 2019)	<i>Stand-alone hybrid energy systems for remote area power generation.</i>	2019	Zabol y Zahak –dos ciudades que están en el sureste de Irán– implementaron un sistema híbrido con capacidad de recolectar energía fotovoltaica y eólica. Se registra un promedio de 9 y 9,1 en radiación solar y velocidades de 5,35 m/s y 4,7 m/s, lo que hace de la ciudad un excelente candidato para generar energías renovables mediante un sistema híbrido con altas capacidades de almacenamiento impactando el sector económico y tecnológico de la región.  Se espera una producción de 1700 kWh/año (Zabol) y 1669 kWh/año (Zahak). De acuerdo con los autores, se justifica económicamente este proyecto.
(Lan, Chen, & Cai, 2019).  (Jahid, Monju, Hossain, & Hossain, 2019)	<i>Wireless Powered Buffer-Aided Communication over K-User Interference Channel.</i>  <i>Hybrid power supply solutions for off-grid green wireless networks</i>	2019	Las tecnologías inalámbricas son bastante comunes en el mundo, en especial las redes celulares en todo el mundo. Esta tecnología impulsa sus usos, características y facilidades de adaptación. Estos artículos, propone sistemas robustos de comunicación que están alimentados por sistemas de energías renovables aprovechando los lugares de instalación de las antenas, generadores y sistemas de transmisión. Un sistema de información adaptativo frente a los cambios climáticos que se presentan alrededor del mundo.
(Mutani, Casalengo, & Ramassotto, 2019)	<i>The effect of roof-integrated solar technologies on the energy performance of public buildings the case study of the City of Turin (IT)</i>	2019	Turín –capital de la región de Piamonte– implementó un plan de acción de energía sostenible para la producción de energías a partir de fuentes renovables, particularmente, tecnologías solares debido que se tiene un registro de 375.000 MWh/año, consumo muy elevado para todo el territorio, se interesó en sistemas no centralizados e instalaciones de celdas y lograr la reducción de 2% a 7% en calefacciones y del 5% a 15% en consumos de electricidad, lo que se considera una estrategia efectiva y proyectan mejorar los sistemas para obtener mejores beneficios ambientales y económicos.
(Cheng, Chang, Yen, & Chen, 2018)	<i>Creating a low-carbon campus in Chaoyang University of Technology (CYUT)</i>	2018	La Universidad tecnológica de Chaoyang ubicada en Taichung Taiwán presentó una propuesta de sostenibilidad energética que consistía en promover la sostenibilidad energética en el campus a partir de una red inteligente en el 2009. En el 2012, otras entidades se unieron a la causa para promover el cuidado el medio ambiente y la reducción de costos de la energía, por lo que se incluyó dentro de sus políticas actividades y entornos

			ecológicos para mejorar la eficiencia de los campus y la ciudad. Para el año 2017, ya se tenía una disminución del 7,59% y 14% en el uso de gasolina y Diesel respectivamente empleando fuentes renovables para la movilidad y el sector industrial.
(Hariastuti & Marlena, 2018)	<i>Bioenergy Potential Based on Vinasse from Ethanol Industrial Waste to Green Energy Sustainability</i>	2018	El artículo presenta el desarrollo de un reactor que tiene como objetivo expandir el sustrato y microbiano en la acumulación del gas para producir bioenergía con CH <sub>4</sub> –Metano– e integrarse en equipos como calderas en la generación de energía térmica para procesos industriales y disminuir en este caso, el uso del gas y del carbón.
(Kang, Jang, Park, Choi, & Park, 2018)	<i>Energy storage system control algorithm by operating target power to improve energy sustainability of smart home</i>	2018	Otro sector tecnológico que impacta la industria es el computacional orientado a la programación. El artículo propone un novedoso sistema que interactúa con hogares inteligentes a partir de energías renovables, para impactar el medio ambiente y costo final del usuario. La principal ventaja, es que el sistema opera con energía constante lo que hace del sistema un operador eficiente con grandes beneficios para la comunidad.
(González-Ramírez, Hernández-Robles, & Barrios-Piña, 2017)	<i>Wave energy potential in Mexico's coastal nodes. Part 1: Energy estimation</i>	2017	México, es uno de los países que le apunta al tema de energía renovables. El artículo detalla el desarrollo de la primera etapa desarrolla del oleaje en aguas costeras proporcionando un sistema generador de energías a partir del movimiento de las olas del mar. Este proyecto tecnológico genera energía, cuida el medio ambiente, aprovecha los recursos costeros del país.
(K. Li, Zhang, & Liu, 2016)	<i>The energy rebound effects across China's industrial sectors: An output distance function approach</i>	2016	China desarrolló un prototipo que permite ahorrar energía mediante un «efecto rebote» generado por el mismo consumo en el sector industrial. Este proyecto permitió recuperar un 88,42% de la energía que se perdía en los consumos diarios. Lo anterior, ha impulsado significativamente el país en términos de economía y espera integrar a este diseño un híbrido que conecte fuentes no centralizadas para generar más energía en pro del cuidado ambiental y el costo que se paga al interior del país.
(Catapano, Di Iorio, Magno, Sementa, & Vaglieco, 2015)	<i>A comprehensive analysis of the effect of ethanol, methane and methane-hydrogen blend on the combustion process in a PFI (port fuel injection) engine</i>	2015	Esta investigación dio como resultado mejorar las características convencionales de un motor proporcionando combustión más completa y con reducción en las emisiones de gases. Adicionalmente, se llegó al resultado que la funcionalidad del motor tiene las mismas características físicas que el anterior con combustibles convencionales. Finalmente, las investigaciones experimentales se llevaron a

			cabo en un pequeño motor de cuatro tiempos, de encendido por chispa, de un solo cilindro y con acceso óptico, equipado con la culata de un motor comercial de inyección de combustible de 244 cc, además, fue alimentado con gasolina, etanol, metano y una mezcla de hidrógeno en metano.
(Mathu, 2014)	<i>Towards energy sustainability in south Africa.</i>	2014	El carbón es uno de los combustibles fósiles más usados en el mundo para la generación de energía, caso Suráfrica, que produce alrededor del 88% de la electricidad. La producción de carbón en el mundo está orientada a mantener el suministro de energía incluso con la creciente demanda y el costo de la energía derivados del aumento de la población mundial y la industrialización. Dada la situación, el país se vio obligado a cambiar su sistema de energía e intensificar el uso de energías renovables. En el año 2013, se hicieron pruebas alcanzando un 95% ciento en emisiones de carbono en la atmosfera, por lo que se implementó un plan de ahorro e iniciaron un proyecto de torres de energía con sistemas renovables para minimizar los impactos y el uso de recursos naturales para minimizar las emisiones de CO <sub>2</sub> .

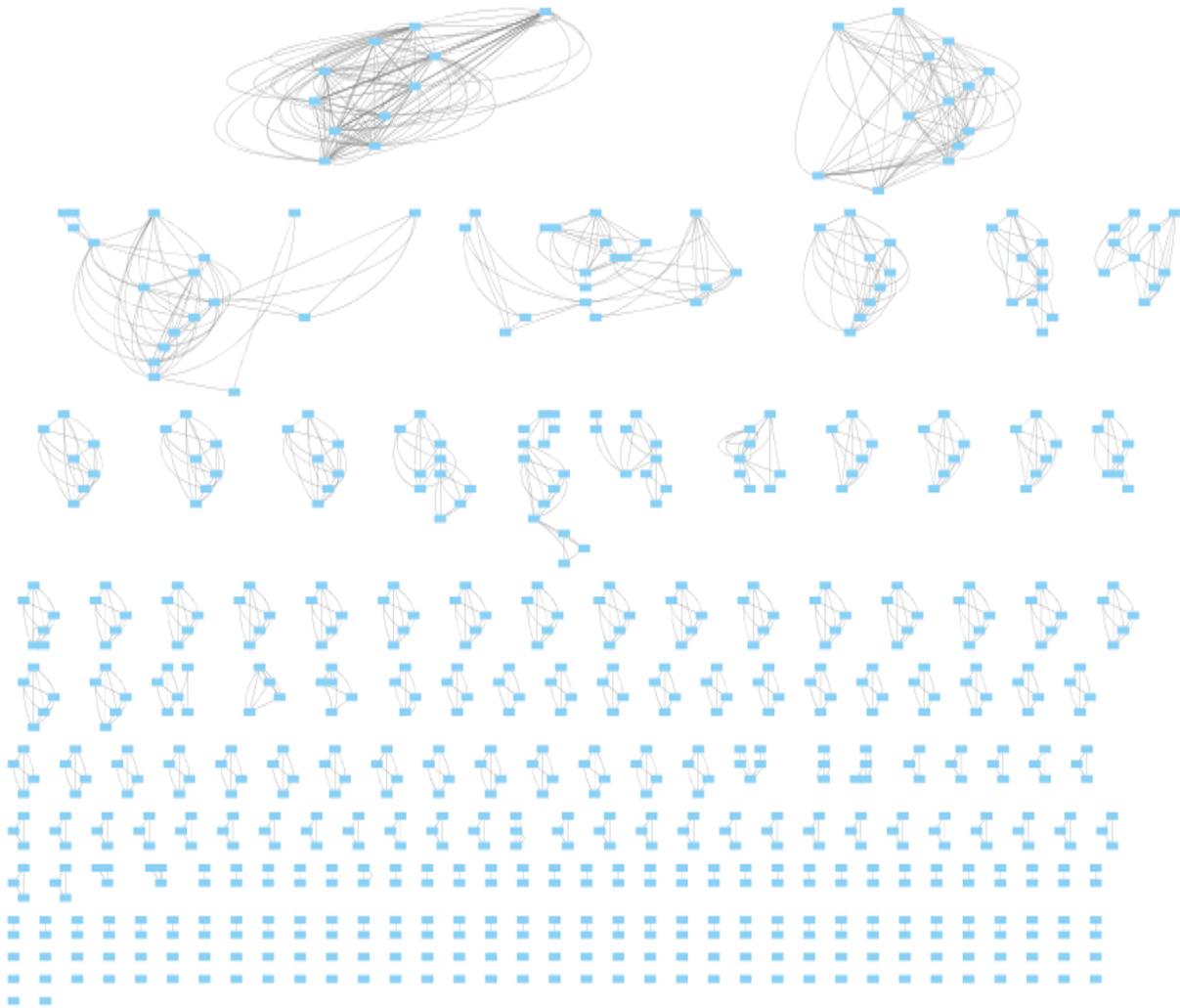
Fuente: elaboración propia

## 2.4. Mapa topológico de autores

La innovación, el desarrollo y los nuevos enfoques tecnológicos representan grandes desafíos para la actual sociedad, Pineda-Ospina (2018) afirma que realizar un análisis bibliométrico permite identificar redes entre los múltiples autores que vinculan áreas del conocimiento, y con ello trazar una línea sobre el estado de las investigaciones y sus tendencias investigativas, además, es posible identificar una clara relación entre la gestión del conocimiento, gestión de la innovación para enriquecer nuevos conceptos y elementos que se enlazan a la sostenibilidad industrial.

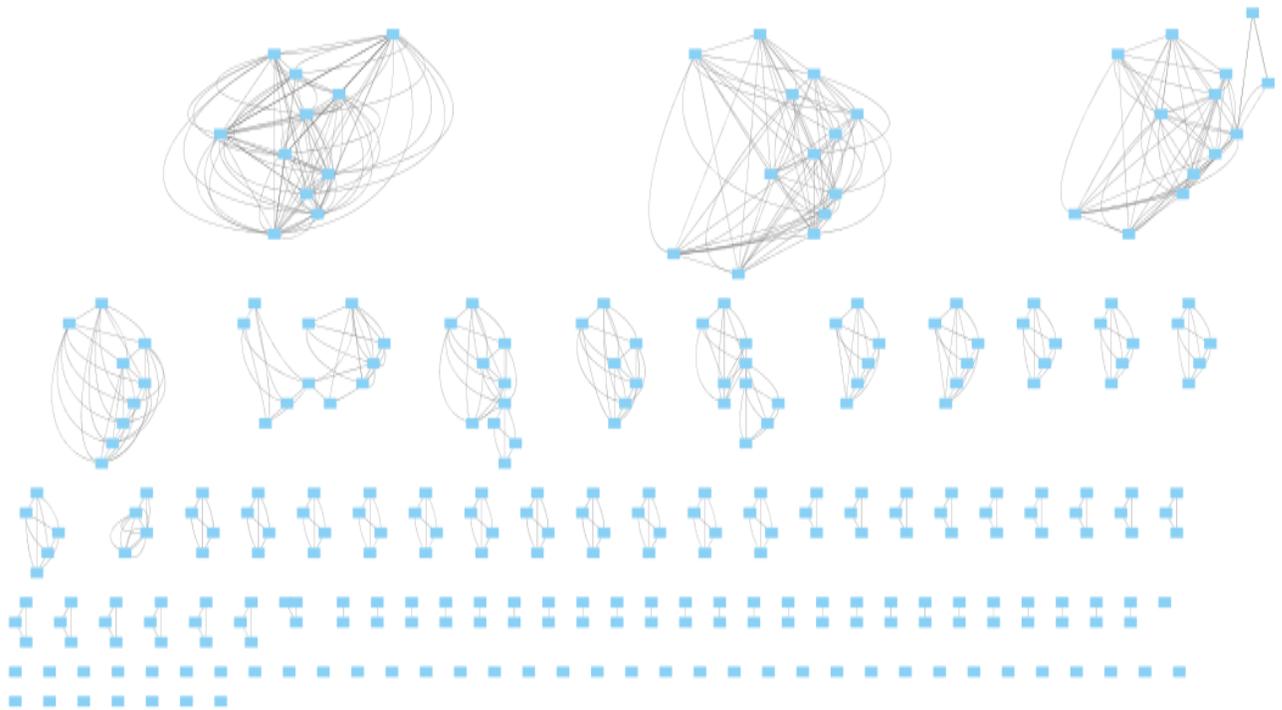
A continuación, se presenta una serie de imágenes elaboradas en el software CytoScape, en donde se relaciona un mapa topológico entre autores que colaboran en el tema de sostenibilidad energética, los cuales se relacionan con los 325 artículos científicos de la base de datos de Scopus.

La figura 23 se muestra la red global de los autores directamente relacionados con los 334 artículos científicos indexados en la base de datos Scopus entre los años 2008 y 2019, como indica la ecuación de búsqueda.



**Figura 23.** Red global de autores sostenibilidad energética 2008-2019  
**Fuente:** elaboración propia en el software CytoScape

La figura 24 representa la red topológica de los autores entre los años 2008 y 2013 en sostenibilidad energética, estableciendo las coautorías que existen entre los diferentes ejes temáticos alrededor del mundo por medio del software CytoScape.

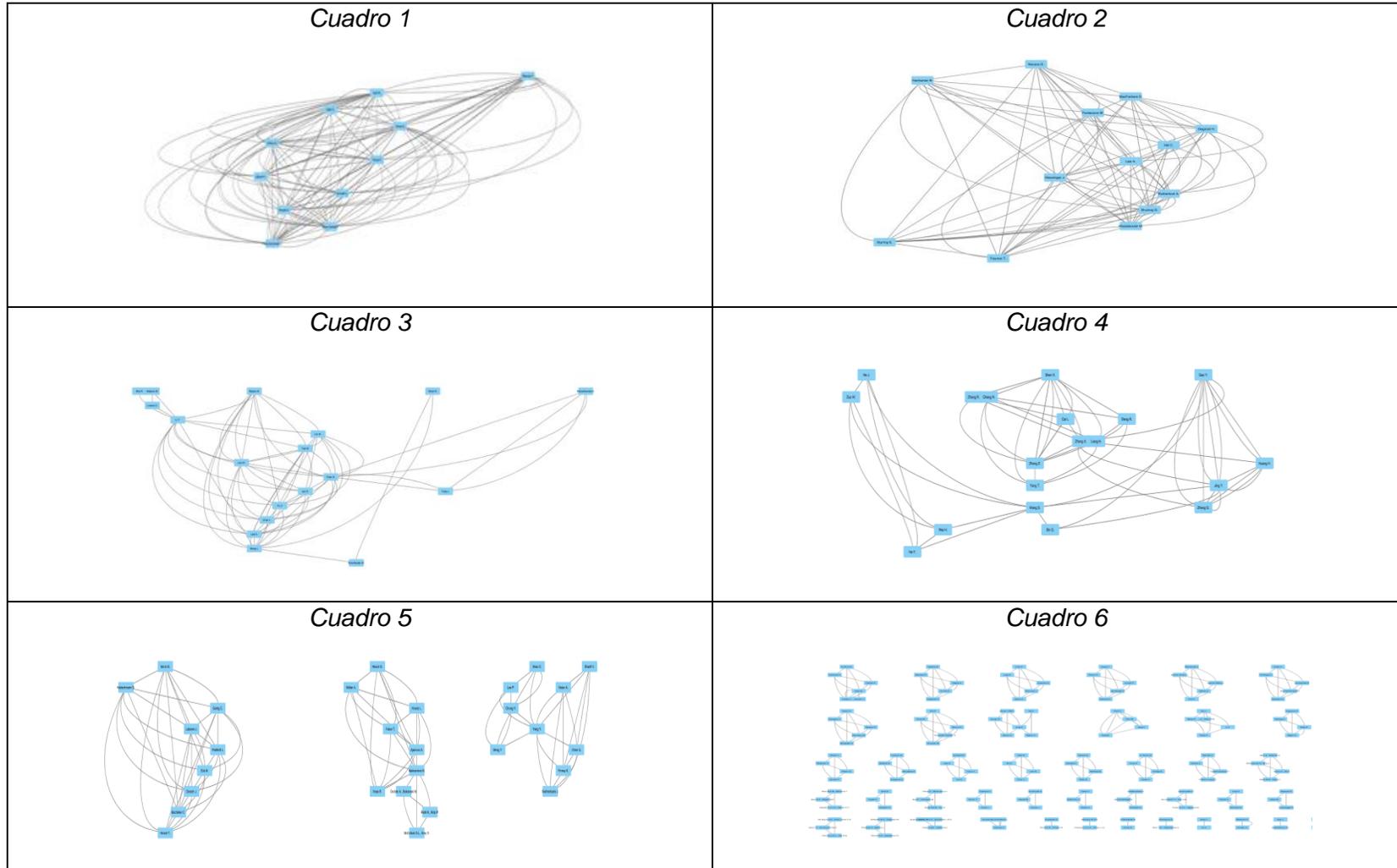


**Figura 24.** Red global de autores sostenibilidad energética 2008-2013  
**Fuente:** elaboración propia en el software CytoScape

Las figuras 23 y 24 reportan un crecimiento científico en el contexto de la sostenibilidad energética, donde se evidencia un aumento de investigadores interesados en la temática expuesta, además, de que el tema de energías renovables permite dar solución a muchos campos relacionados con proyectos de innovación en beneficio de las empresas y las regiones de todo mundo, también, es importante notar que la red neuronal muestra una expansión en relación con los años analizados, es decir, entre el 2008 y el 2019.

En la tabla 5 se detallan algunas de las porciones de la red neuronal de autores en sostenibilidad energética entre los años 2008 y 2019. Cada cuadro representa un trabajo colaborativo en uno o varios temas específicos, por ejemplo, los autores que trabajan en sistemas que integren energías renovables y convencionales o aquellos que trabajan el tema de energía en lugares donde se marca fuertemente la presencia del sol.

**Tabla 5.** Red neuronal autores



Fuente: elaboración propia en CytoScape

El cuadro 1 de la tabla 5 revela una red neuronal de 11 autores, los cuales están concentrados en publicar en «*ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*» bajo la temática de «*Live energy*» con concentración de publicación entre los años 2012 y 2015.

En el cuadro 2 los autores se concentran en publicar en «*Energy and Environmental Science*» de la cual su artículo más popular es «*Artificial photosynthesis as a frontier technology for energy sustainability*» publicado en 2013 y con un total de 186 citas. En el cuadro 3 se relacionan los autores que concentran sus publicaciones en la «*Energy Technology 2012: Carbon Dioxide Management and Other Technologies*» y «*TMS Annual Meeting*» siendo su publicación más popular «*Sustainability, energy efficiency and CO<sub>2</sub> elimination in concentrate drying*» del año 2012 y un total de 0 citas.

El cuadro 4 representa los autores que publican capítulos en libros, especialmente en «*International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*», siendo el capítulo más destacado «*Assessment and prediction model of China's energy assurance sustainability*» del año 2008 reportando un total de 5 citas. El cuadro 5 y 6 revela coautorías de menor peso. Se estima que, en aproximadamente 10 años, el tema en sostenibilidad energética represente un crecimiento exponencial en investigaciones, proyectos y trabajo colaborativo (Álvarez, 2016).

Los indicadores de estructura miden la conexión entre diferentes autores, publicaciones, años y áreas de conocimiento. A continuación, se realiza un análisis del periodo comprendido entre los años 2008-2013 y 2003-2019, obteniendo los resultados que se reportan en la tabla 6.

**Tabla 6.** Resultados Red neuronal autores

<b>Indicador</b>	<b>2008-2013</b>	<b>2008-2019</b>
Número de nodos	303	716
Densidad red	0,012	0,004
Diámetro de red	3	5
Distancia característica esperada	1	1
Número de componentes conectados	109	242
Número promedio de vecinos	3,551	3,061
Grado de agrupamiento de la red (Clusterización)	0,681	0,687
Centralización de la red	0,028	0,014
Heterogeneidad de la red	0,923	0,829
Número de nodos aislados	43	72
Componentes conectados por nodos	109	242

Fuente: elaboración propia

Los resultados de los indicadores de estructura de la red de autores del campo energético se presentan en la tabla 6, en donde se reseña la existencia de 716 autores de este campo, además, se puede observar que cada autor, en promedio, ha publicado mínimo con otros 2 autores. Por otra parte, las subredes que forman la agrupación entre los nodos de los autores son representativos, ya que, cuentan con un grado de agrupamiento de 0,687. En la tabla 6 también se presentan los indicadores de estructura en dos períodos de tiempo de manera acumulativa –2008 a 2013 y 2008 a 2019 – con el propósito de realizar un análisis del adelanto de los autores en el transcurso de estos años reportados. Se aprecia un incremento en el número de autores –número de nodos –, por lo que la curvatura de una red define la propiedad de incluir los mejores caminos que se relacionan directamente con el tema de investigación (Valencia-arias & Marulanda-Valencia, 2019).

Otra característica que destaca Valencia-Arias (2019) es la evidencia de la red de autores, y para este caso en particular existe solo un enlace del camino más corto que conecta a todos los nodos – 1– y que, a su vez, la máxima distancia entre cualquier par de nodos de la red

es igual a  $-5$ , lo cual corresponde a una tipología de redes de gestión de conocimiento interno, utilizada para maximizar la aplicación del conocimiento individual a los objetivos de la entidad. El autor destaca que «estas redes evolucionan a través del mapeo temático de la experiencia dentro de la organización, y de ambientes propicios para compartir el conocimiento» (Valencia-arias & Marulanda-Valencia, 2019).

## **2.5. Mapa Discusión de los temas emergentes: evolución de la sostenibilidad energética en el mundo**

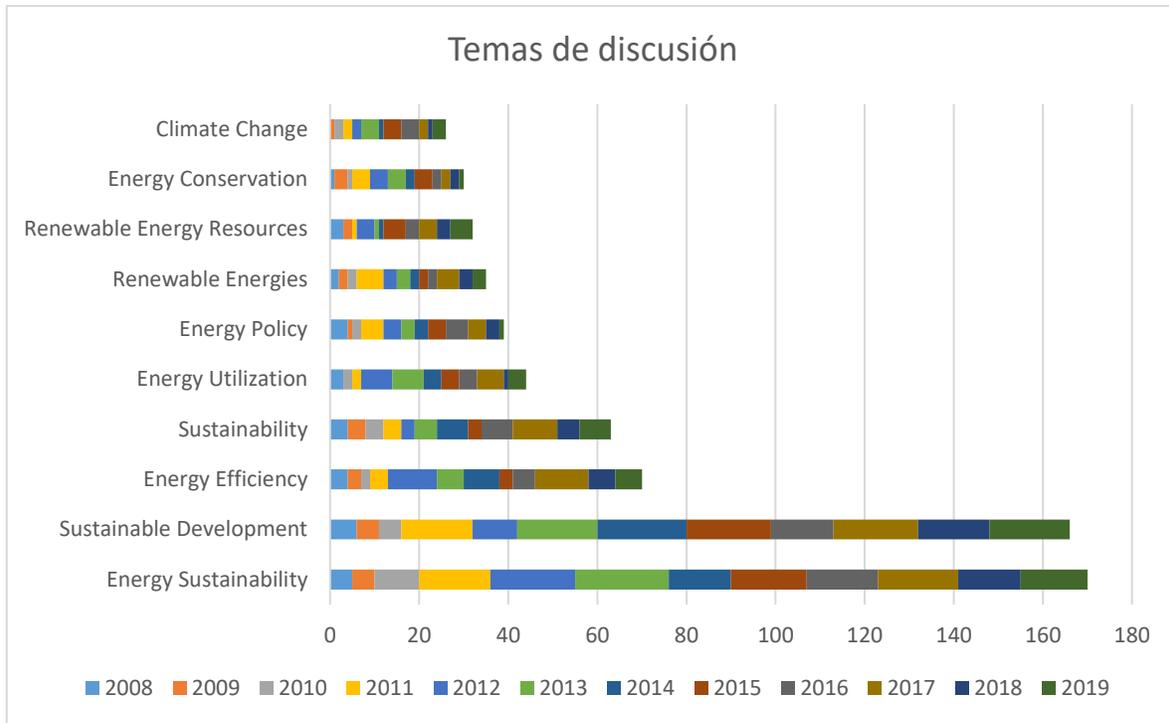
A mayor población, mayor consumo de energía. La demanda energética en el mundo lleva un ritmo vertiginoso con un aumento exponencial en la capacidad de instalación de servicios básicos – agua, electricidad y gas– en todo el planeta (Ahmed, Hashaikeh, & Hilal, 2019). Ahmed (2019) pugna por la reducción de la huella de carbono en los procesos industriales a nivel global a través de la formulación de estrategias de adopción para satisfacer las necesidades de las regiones que cuentan con pocos recursos convencionales –petróleo, carbón y gas– pero son ricos en fuentes renovables, tales como largos periodos de exposición a la luz solar y altas velocidades en el viento. Adicionalmente, Ahmed (2019) destaca los importantes avances tecnológicos disponibles en la actualidad –dispositivos capaces de generar eficiencia energética de tipo térmica y eléctrica– destacando la perspectiva tecnológica en los procesos híbridos que ayuden a la sostenibilidad y uso de energías limpias en pro de la conservación del planeta.

China, quien posee el 19% de la población mundial (Population.City, 2019b), muestra un avance en sectores claves de la economía, además, representa una fuerte eficiencia ambiental en el sector industrial que ha alcanzado niveles críticos entre los años 2007 y 2016 en más de 30 provincias del país. Los desarrollos territoriales de la nación asiática se enfocan en la mejora de los estándares ambientales y la reducción a gran escala del impacto de factores altamente contaminantes, haciendo que el Estado alienta a las entidades a promover el uso de las tecnologías energéticas para mejorar eficiencias y contribuir con el desarrollo del país (Yang & Li, 2019).

Por otro lado, Chayutthanabun (2019) destaca que el medio ambiente en todo el mundo está amenazado por las actividades humanas, incrementando desmesuradamente el uso y la explotación de recursos naturales. Anota que en países como Tailandia se adoptaron modelos en los cuales se relacionaron más de 30 estudios en sectores de alta prioridad para el desarrollo de la economía en el país. El estudio arrojó resultados con factores que impactan el capital, la responsabilidad social y el ahorro de energía para la disminución de dióxido de carbono.

El acceso a la energía se ha considerado uno de los factores más relevantes en sostenibilidad (Razmjoo et al., 2019), es así como los desarrollos tecnológicos en el sector energético comprometen el cuidado medio ambiente y a los constantes crecimientos económicos, sociales y demográficos. Singh (2017) describe las situaciones económicas que han cambiado el panorama mundial del consumo energético, tales y como el almacenamiento de carga, distribución de corrientes y las redes de transmisión y distribución, permitiendo a empresas migrar hacia nuevas tecnologías como soluciones eficientes para contrarrestar cada uno de los problemas –ambientales, económicos, sistemas centralizados– que se presentan. La reducción de emisiones debe lograrse inicialmente mediante políticas internas de cada país, las cuales deben estar bien orientadas, establecer estándares e incentivos realistas, flexibles y sujetos a los proyectos de innovación que respondan activamente a la prevención del desgaste ambiental, adoptando nuevas tendencias y alternativas tecnológicas del sector energético (Yuksel, Arman, & Demirel, 2018).

La figura 25 permite evidenciar los temas de discusión más relevantes en el campo de la sostenibilidad energética, relacionando las 10 palabras clave más importantes, así como las de mayor impacto, la intensidad de uso en las publicaciones y el detalle de los años donde es empleada con más frecuencia.



**Figura 25.** Temas de discusión en Sostenibilidad Energético  
**Fuente:** elaboración propia

La «eficiencia» energética y la «sostenibilidad» han permitido, desde la academia introducir, nuevos conceptos que mejoren significativamente los avances tecnológicos que se tienen en relación con el tema de interés, dando paso a integrar procesos innovadores alrededor del mundo a partir de teorías científicas que se desarrollan en la investigación. Es así como Kluczek (2019) resalta la importancia de la eficiencia en la industria para perfeccionar significativamente procesos energéticos, los cuales se vinculan a metodologías de investigación basadas en sistemas de producción. Además, el autor afirma que «Los resultados generales en términos de sostenibilidad muestran que mejorar la eficiencia energética de los sistemas de producción contribuye significativamente a la sostenibilidad energética».

Por otro lado, el término «utilización» hace hincapié a todo tipo de investigación que aprovecha al máximo cualidades en relación con características físicas –ambientes con presencia de recursos naturales– y desarrollos metodológicos. Sharifzadeh (2015) detalla la importancia de utilizar los derivados de la biomasa para aportar eficiencia a las regiones con escasos recursos, y así solventar la problemática de energía. Adicionalmente,

informa que la integración de este tipo de tecnologías ayuda a disminuir las emisiones de carbono al emplear el CO<sub>2</sub> en futuras biorrefinerías, aumentando su combustible entre 55% a un 73%. Concluye el autor que «la biomasa en comparación con el petróleo, y las tecnologías de conversión de biomasa producen una gran cantidad de subproducto de dióxido de carbono».

## **2.6. Agenda de investigación**

Con base en la tabla 4 se plantea un programa de investigación que brinda recomendaciones sobre los factores que deben tenerse presentes en la sostenibilidad energética. A continuación, se presenta una guía de futuras investigaciones.

En un primer momento, se tiene que la clave está en la implementación de energías renovables contempladas en los instrumentos de planeación territorial de cada una de las regiones del mundo. Cabe resaltar que existe una relación directa entre la inversión económica y el beneficio que se obtendrá en el territorio, de acuerdo con la ejecución de los proyectos de carácter investigativo, facilitando la adopción de nuevas tecnologías que beneficien a la comunidad.

Uno de los principales problemas es el uso inadecuado de las fuentes de energías fósiles que destruyen el ecosistema ambiental, provocando altas concentraciones de CO<sub>2</sub> y una elevada temperatura causando el calentamiento generalizado del planeta. Lo anterior, permite incluir en la discusión otras alternativas energéticas que se plantean desde modelos innovadores, tal como herramientas que se catalogan como «menos contaminantes», sin embargo, se incluye el debate de los efectos secundarios que tienen, a partir de posturas científicas.

Algunos resultados señalan la importancia de considerar, al momento de determinar el tipo de tecnología a implementar, las experiencias adquiridas a partir de propuestas de investigación ejecutadas en países con ideas innovadoras en cambios tecnológicos, puntualmente en los desarrollos del sector energético. En este sentido, el uso de nuevas tecnologías debe fundarse en elementos científicos y herramientas tecnológicas que

amplifiquen el empleo de nuevos componentes, impactando positivamente en los sectores que se conectan al sector energético. Así mismo, cabe resaltar la importancia que existe acerca del uso de la tecnología de acuerdo con el lugar geográfico y sus condiciones ambientales, en aras de usar adecuadamente la tecnología.

En cuanto a las metodologías para analizar el sector energético, la *Technology Readline Level* (TRL) permite examinar cada una de las fases de acuerdo con el nivel de madurez en relación con la investigación, el desarrollo y la innovación a partir del uso de una tecnología. Así mismo, el *Analytic Hierarchy Process* (AHP), el cual se basa en la evaluación de criterios en el uso de una nueva tecnología. El método tiene características cualitativas –de acuerdo con las decisiones personales– y cuantitativas –de acuerdo con el planteamiento de ecuaciones diferenciales de procesos muy complejos–. Por último, los procesos de decisión (TDI) y *Technology-Organization-Environment* (TOE) indican beneficios positivos al interior de las entidades para la adopción de nuevas tecnologías, las cuales se ajustan a los procesos organizacionales y se alinean con los niveles de maduración de las tecnologías.

Hablar hoy de sostenibilidad energética atañe a un concepto muy amplio en la sociedad, ya que existe una relación muy estrecha entre el uso de combustibles, las variaciones en los precios, el agotamiento de recursos, y las consecuencias en el ambiente, lo que implica controlar cada una de las variables. De ahí que las entidades en el mundo adopten nuevas tecnologías a partir de programas estructurados enfocados en el sector energético, los cuales son incorporados al interior de los Planes de Desarrollo Territorial con base en estudios científicos que informan de resultados metodológicos en investigación energética, y de acuerdo con las características cualitativas y cuantitativas que se tengan disponibles.

Finalmente, desde esta investigación se propone un modelo tecnológico adecuado a las regiones y territorios, de acuerdo con sus condiciones geográficas, las características de las tecnologías, responsabilidad social y ambiental y los recursos económicos disponibles, basados en la recopilación de información en el campo de la investigación.

## **2.7. Conclusiones capítulo II**

La energía es un tema que le compete a todo el mundo, desde la explotación de hidrocarburos hasta el adecuado uso de los recursos naturales. Ello convoca –desde un enfoque científico y con un rigor investigativo– a todas las entidades públicas y privadas para explorar nuevas fuentes energéticas a partir de alternativas tecnológicas que contribuyan a contrarrestar los efectos negativos que se vienen presentando alrededor del mundo, así también a disminuir los altos consumos de energías convencionales más usados por las organizaciones –Petróleo, gas y carbón –.

El calentamiento global es una problemática mundial que se genera a partir del consumo excesivo de energía, evidenciando –entre otros resultados– la carbonización de la atmósfera, con las derivaciones desfavorables para el mundo.

La energía es un recurso que proviene principalmente de efectos naturales, es decir, de la quema de madera, la fuerza de los vientos, las corrientes de agua y los rayos del sol. Sin embargo, al producirse la revolución industrial, las fuentes fósiles proporcionaron recursos abundantes para generar energías, pero cuya explotación desmedida ha ocasionado daños colaterales en el planeta, obligando a replantear nuevas estrategias de sostenibilidad a partir de investigaciones científicas que le apunten al cuidado del medio ambiente.

Las alternativas de sostenibilidad energética han mostrado un avance significativo en sus fases preliminares, es así como el campo de las ciencias administrativas muestra gran interés en el desarrollo y la creación de nuevos modelos en innovación, permitiendo visualizar de manera global aspectos técnicos, productivos, investigativos y novedosos en procesos energéticos, tales como la hidráulica, la geotérmica, la solar, la mareomotriz, la eólica, la nuclear, la de hidrogeno en celdas de combustible y la biomasa.

La sostenibilidad energética es un tema joven y debe ser explorado desde diferentes perspectivas. El uso de nuevas alternativas tecnológicas está directamente relacionado con

el territorio en donde se implemente, por ejemplo, Brasil (2018) es un país que genera un 25% de su energía a través de Biomásas, lo que implica un gran aporte al cuidado del medio ambiente y la biodiversidad en temas tecnológicos, permitiendo incorporar nuevas estrategias para adoptar tecnologías en pro de la población.

### **3. CONDICIONES ENERGÉTICAS ACTUALES DE CINCO ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL MUNICIPIO DE BELLO**

#### **3.1. Introducción**

En el capítulo 2 se presentaron los principales indicadores de un análisis bibliométrico que registran los estudios en sostenibilidad energética alrededor del mundo, los cuales se concentran principalmente en países con alto índice de desarrollo. Para ello se reseñaron los avances más relevantes, las tecnologías empleadas, las metodologías abordadas y las brechas que existen en la actualidad, al tiempo que se resaltó la calidad en los procesos generadores de conocimiento y los impactos alrededor de la temática en energías renovables. En este sentido, se observa una falta de resultados de acuerdo con las condiciones físicas disponibles en proyectos de energías renovables en algunas entidades del municipio de Bello, lo cual se observa en el Plan de Desarrollo Territorial, contextualizando proyectos de innovación, pero sin registro de ejecución de estos. Por lo anterior, como tema de investigación, se presenta un estudio de las condiciones energéticas –que se abordará inicialmente en el presente capítulo– a partir de conceptos muy específicos de las redes y componentes esenciales para la operabilidad de los procesos – productos y servicios –.

Este capítulo tiene como propósito establecer las condiciones energéticas actuales en algunas entidades públicas y privadas del municipio de Bello, lo cual posibilita el hallazgo actual de los escenarios energéticos de cinco entidades del ente territorial (Colegio JEGA, Colegio Andrés Bello, Colegio Betsabé, Planta Mitsubishi y Mercados y carnes OR), resaltando el estado físico, la distribución de cargas en las redes, los consumos mensuales y la propuesta metodológica para mejorar los sistemas actuales. Bajo ese escenario, se posibilita el análisis de las diferentes temáticas en el campo de la investigación y la ciencia.

En principio se plantea una metodología para llevar a cabo procesos de revisión literaria, mediante la definición de preguntas de investigación para conocer el cómo se establecen las condiciones energéticas en las organizaciones a nivel mundial. Posteriormente, se presenta el análisis de resultados, detallando las características más relevantes en los procesos energéticos y las estrategias que se adopten y se adapten a las cinco entidades públicas y privadas del municipio de Bello. Por último, se presentan las condiciones actuales de las cinco entidades públicas y privadas del municipio acordes a las plantas físicas, criterios de los empleados, disponibilidad de equipos y distribución eléctrica.

### **3.2. Metodología: revisión literaria**

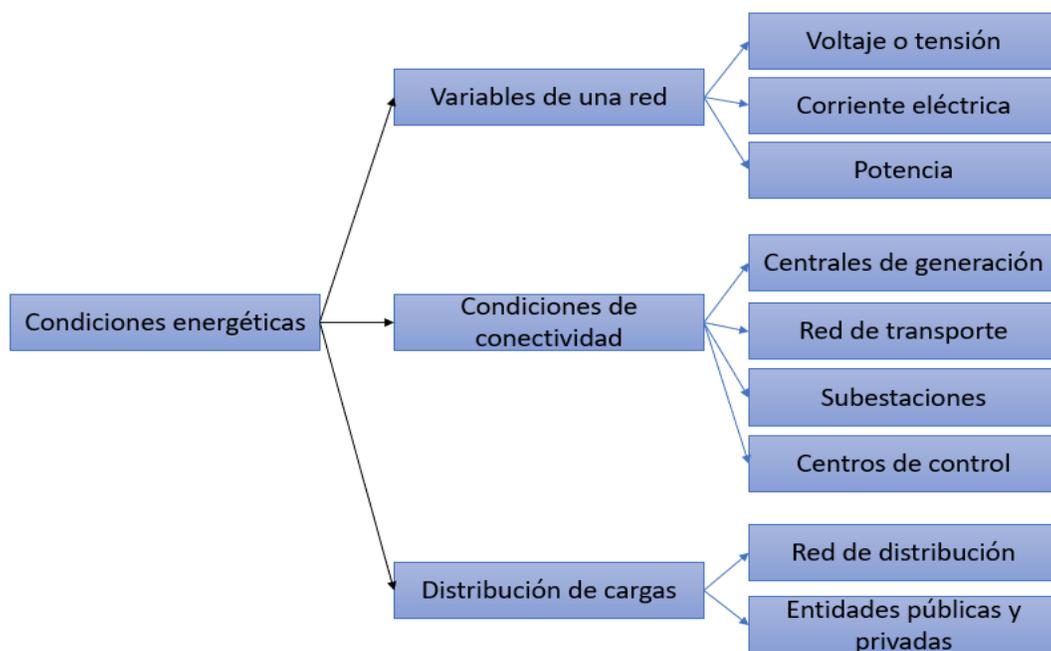
La literatura alrededor del tema en sostenibilidad energética es cada vez más amplia, identificando un notable incremento en las diferentes alternativas tecnológicas que se manejan alrededor del mundo. Bourcet (2020) plantea que gran parte de las emisiones de CO<sub>2</sub> se son atribuibles al sector energético y propone que para combatir el calentamiento global es importante establecer condiciones de carácter político en las entidades públicas y privadas que promuevan la investigación para impactar los ecosistemas y tener resultados en los sectores de carácter económico, social y ambiental.

Las fuentes de energías renovables han sido un tema de investigación en todo el mundo, en búsqueda de la preservación de la vida en el planeta y la generación de energía eléctrica de manera más eficiente, contrarrestando los efectos negativos evidenciados a diario en las grandes ciudades del mundo. Expertos en energía plantean procesos que involucran técnicas renovables como el biogás, el cual beneficia ambientalmente las regiones, siendo opción para la producción de energía eléctrica con procesos más limpios, económicos y relativamente sencillos (Salvador et al., 2019).

Por otra parte, es necesario definir claramente cuáles son las condiciones energéticas para las cinco entidades públicas y privadas en el municipio de Bello de la presente investigación. Para ello, las preguntas de investigación están orientadas a los procesos de búsquedas en

sostenibilidad energética en el mundo y a detectar estudios de alto impacto, presentando variables relevantes que intervengan en procesos energéticos y se extraigan contenidos que aporten sustancialmente a la investigación (Valencia-Arias, 2012). Lo anterior permite plantear las siguientes preguntas de investigación, abordadas y que se representan mediante un proceso energético (ver figura 26) desde la revisión literaria en condiciones energéticas para las entidades:

- ¿Cuáles son las variables más representativas en una red eléctrica?
- ¿Cuáles son las condiciones de conectividad eléctrica en una entidad?
- ¿Cuáles son los factores más relevantes en la distribución de cargas de una red eléctrica?



**Figura 26.** Estructura de las condiciones energéticas en el municipio de Bello  
**Fuente:** elaboración propia

### 3.2.1. Variables representativas de una red eléctrica

En física, la energía se define como la capacidad de un cuerpo para realizar un trabajo (Aguilera, 2012). En esta línea, la energía se centra en un recurso natural que es aprovechado para realizar una acción, permitiendo efectuar un sin número de tareas que se requieren en la industria, a nivel tecnológico, operacional y funcional (Energía y sociedad, 2019). Así, la electricidad es una de las muchas formas de interpretar y modelar la energía de acuerdo con las características de la naturaleza, compuesta por cargas eléctricas positivas y negativas que interactúan mediante fuerzas de atracción y repulsión, generando entre ellas fuerzas electrostáticas por la composición de su estructura física, permitiendo que exista movimiento de las cargas a velocidades extremas y la formación de campos magnéticos alrededor de los materiales que la conducen (Sears, Zemansky, Young, & Freedman, 1999).

De acuerdo con las claves del sector energético (2019), los parámetros básicos para cuantificar la energía en una entidad son la tensión o voltaje –que se miden en voltios–, la corriente eléctrica –que se mide en amperios–, la potencia eléctrica –que se mide en vatios– y la energía eléctrica producida sobre consumida –que se mide en vatio/hora–. Los referidos son garantes necesarios para establecer los consumos reales de las entidades, así mismo, como característica de la electricidad, se puede afirmar que es de naturaleza limpia, no genera olores siempre y cuando se cumpla con las normas de instalación (CIDET, 2005) y no es detectable por el oído humano.

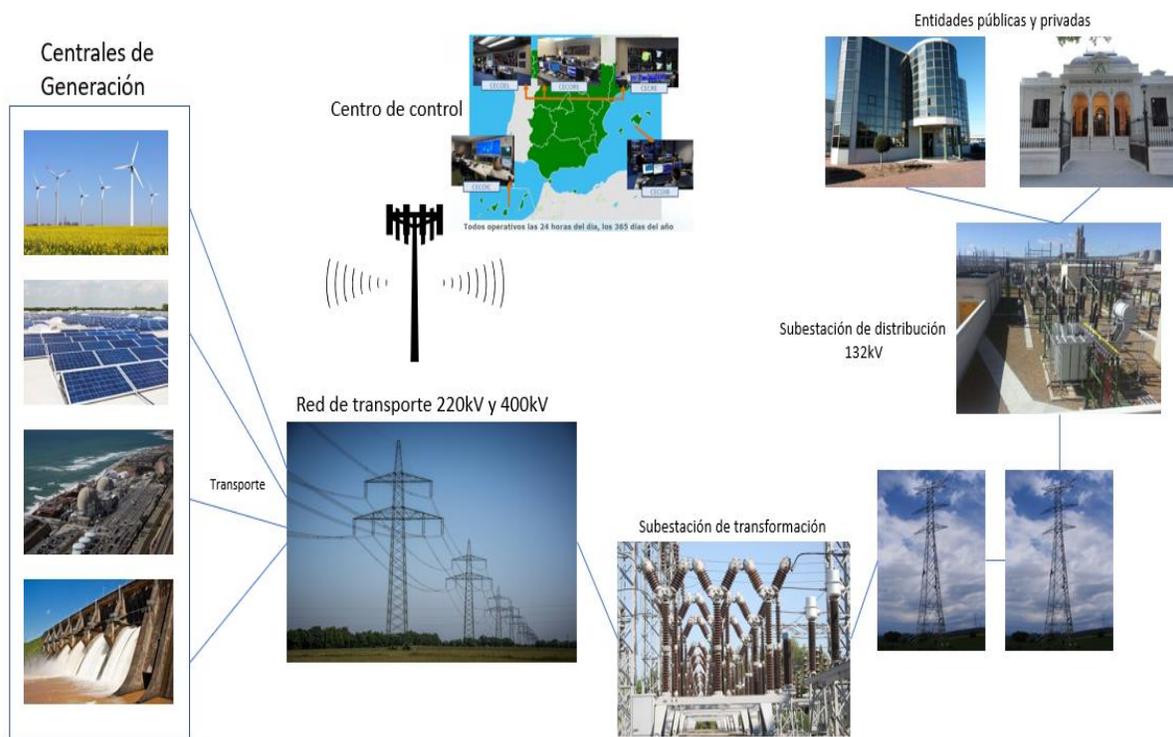
La energía eléctrica representa uno de los elementos más importantes del desarrollo industrial. Val-Roman (2019) plantea, desde la cuarta revolución industrial, parámetros de innovación que apuntan a la contribución desde soluciones inteligentes, innovadoras, tecnológicas, y a elementos claves que representan proyectos de gran envergadura que impactan en todos los sectores y áreas del conocimiento, particularmente, en los sectores tecnológicos. En este contexto, la energía eléctrica representa matemáticamente una continuidad en el tiempo, derivada de la composición de un circuito con elementos

resistivos, inductivos, capacitivos y de última generación en el campo de la electrónica que sostienen el nivel de complejidad de las nuevas tecnologías y establece conectividad segura a todas las entidades, para el desarrollo de los productos y servicios en pro del desarrollo territorial de las regiones en todo el mundo (Deloitte, 2019).

### **3.2.2. Condiciones de conectividad eléctrica de una entidad.**

Uno de los retos más relevantes para los países en el mundo es afrontar los picos de crecimiento en la población y suministrar energía suficiente para garantizar el desarrollo tecnológico en los diferentes territorios de todo el mundo, sin embargo, cabe resaltar la falta de abastecimiento eléctrico que evidencia en el planeta, afectando zonas residenciales, hospitalarias, y entidades de carácter público y privado, las cuales son catalogadas como de alta prioridad para el desarrollo económico, social y cultural, demandando soluciones que impacten positivamente el medio ambiente y la seguridad energética, así como un compromiso a escala mundial en todas las regiones del planeta (IEA, 2018). Agregando a lo anterior, se plantea desde las entidades en todo el mundo la suma de esfuerzos para limitar el aumento de temperatura global para evitar alcanzar un incremento de 2°C, procurando un incremento máximo de 1,5°C. Adicionalmente se espera que, para el año 2030, se tenga un registro del 40% menos de contaminación de la registrada en el año de 1990 (Deloitte, 2019).

Ahora bien, la necesidad de generar energía eléctrica requiere de esquemas básicos que se asocian a procesos de ingeniería, resaltando particularidades en cada una de las etapas, ya sea por ubicación geográfica, demanda de consumo, características técnicas de los equipos de instalación, cálculos de pérdidas en las líneas de transmisión, impacto económico y viabilidad ambiental acordes al desarrollo de la planta (ECSIM, 2013). En este orden de ideas, la figura 27 representa un esquema básico de un sistema eléctrico, especificando cada una de las etapas del proceso para garantizar que exista flujo de energía a través de una red eléctrica.



**Figura 27.** Componentes básicos de una red eléctrica  
**Fuente:** elaboración propia

La amplitud de conceptos de cada una de las etapas de la red eléctrica se considera de gran tamaño, por tanto, se presenta una breve descripción de las etapas que se representan en la figura 27, en la distribución y generación de energía alrededor de todo el mundo.

*Centrales de generación:* La energía eléctrica se obtiene a partir de diferentes fuentes generadoras, entre ellas, las fuentes primarias que mediante un proceso físico realizan una transformación permitiendo que millones de partículas muy pequeñas viajen a velocidades muy altas (Dubrovsky, Di, Naval, & Contreras, 2019). En este sentido, Yin (2020) subraya la necesidad de resolver, desde los nuevos diseños de plantas generadoras, el problema energético de la producción intermitente a través de energías renovables, reduciendo la emisión gases de efecto invernadero –principal ventaja de estas tecnologías–, no obstante señala que en actualidad estas tecnologías son poco flexibles debido a su carácter intermitente. Por otro lado, Wu (2019) plantea que las plantas generadoras de energía

disminuyen su rendimiento a causa de los calentamientos provocados por componentes electrónicos y sistemas propios de la red, resaltando la importancia de mantener tanques de almacenamiento para una máxima producción y eficiencia térmica en las plantas generadoras de energía.

*Estaciones transformadoras:* se ubican en la parte final de las centrales de generación y su tarea es la de aumentar la tensión de salida de las centrales generadoras para garantizar continuidad en el potencial eléctrico que debe transportarse a través de las líneas (Tosatado, 2008).

*Redes de transporte:* son líneas elevadas que se encargan de transportar la energía de un lugar a otro (S. Ramírez, 2009). En España, por ejemplo, se transporta a tensiones entre 200 y 400 kV (Red Eléctrica de España, 2019). En Colombia se tienen diferentes niveles de tensión que van desde 1 kV, 1 kV – 30 kV, 30 kV – 57,5 kV y los 57,5 kV – 220 kV denominado conexión regional (Comisión de Regulación de Comunicaciones, 2019), por otro lado, se tiene el sistema de conexión nacional que incluye interconexiones internacionales transportando energía desde las plantas generadoras hasta el consumidor final con niveles de tensión que están en el rango de 220 kV-500 kV (XM, 2019). Lo anterior, ha permitido interconectar ciudades y países, generando mercados eléctricos a nivel nacional e internacional (Deloitte, 2019).

*Subestaciones transformadoras:* se caracterizan por tener todas las líneas interconectadas en los centros de operación, además, son los centros de transformación, donde se alimentan las líneas de distribución que llegan hasta el consumo. El equipo más representativo es el transformador, encargado de reducir la tensión a valores adecuados para la distribución de cargas y consumos acordes a las características propias de los componentes electrónicos (UPME, 2019).

*Red de distribución:* son consideradas líneas de transmisión que interconectan ciudades con centros de distribución. Se caracterizan por llegar a los núcleos urbanos e industrializados. Es una red que posee muchos kilómetros de distancia –mayor a una red de transporte–, catalogada por su alta vulnerabilidad a razón de los desastres naturales- El desarrollo en tecnologías de micro redes ha permitido mejorar los sistemas de transmisión en relación con la proporción en la distribución y prevención de fallas a nivel global (Mousavizadeh, Bolandi, Haghifam, Moghimi, & Lu, 2020).

*Centros de transformación:* transforman valores de media tensión para uso residencial o comercial. Tiene como característica alta variación en el tiempo, es decir, está muy relacionado con las horas pico donde más se consume –días y meses– que demandan mayor gasto energético (ENDESA, 2019). Sobre ellos, es necesario ejecutar un modelo que permita reducir pérdidas en cada una de sus etapas de generación de energía eléctrica –generación, transporte, distribución y consumo– garantizando los niveles de seguridad y continuidad de suministro eléctrico (Deloitte, 2019).

Finalmente, las redes eléctricas son diseñadas para efectuar condiciones prácticas en el desarrollo de proyectos de gestión e innovación que impacten los sectores más representativos de una región, logrando alcanzar el requerimiento de ser catalogada como una red inteligente, además de cumplir con las necesidades de los clientes a nivel industrial y residencial. Por otro lado, buscar la manera de minimizar las pérdidas en transmisión para extraer la mayor productividad del servicio, garantizando alta confiabilidad en los procesos de automatización y control en las entidades gubernamentales y de carácter privado que requieran constantemente el flujo eléctrico (Hassanien, 2019).

### **3.2.3. Distribución de cargas de una red eléctrica**

El mundo constantemente necesita de la energía eléctrica para satisfacer necesidades de operabilidad y funcionalidad, por ejemplo, el servicio básico de energía en los hogares, la maquinaria en las industrias, el sector transporte, el sector educativo y muchos más. No es

imaginable pensar el planeta sin este servicio básico que mueve al mundo, tal como lo plantea Jiang (2018), al informar sobre experimentos con cargas reactivas y resistivas que simulan un suministro controlado para una red inteligente de energía aplicable a edificios, entidades y países enteros, controlando la distribución de las cargas para evitar accidentes tanto técnicos como catastróficos – incendios– y consumir la energía necesaria en una actividad determinada, ya sea un producto, proceso o servicio (Arciniegas-Ortiz & Ramirez-Lopez, 2018).

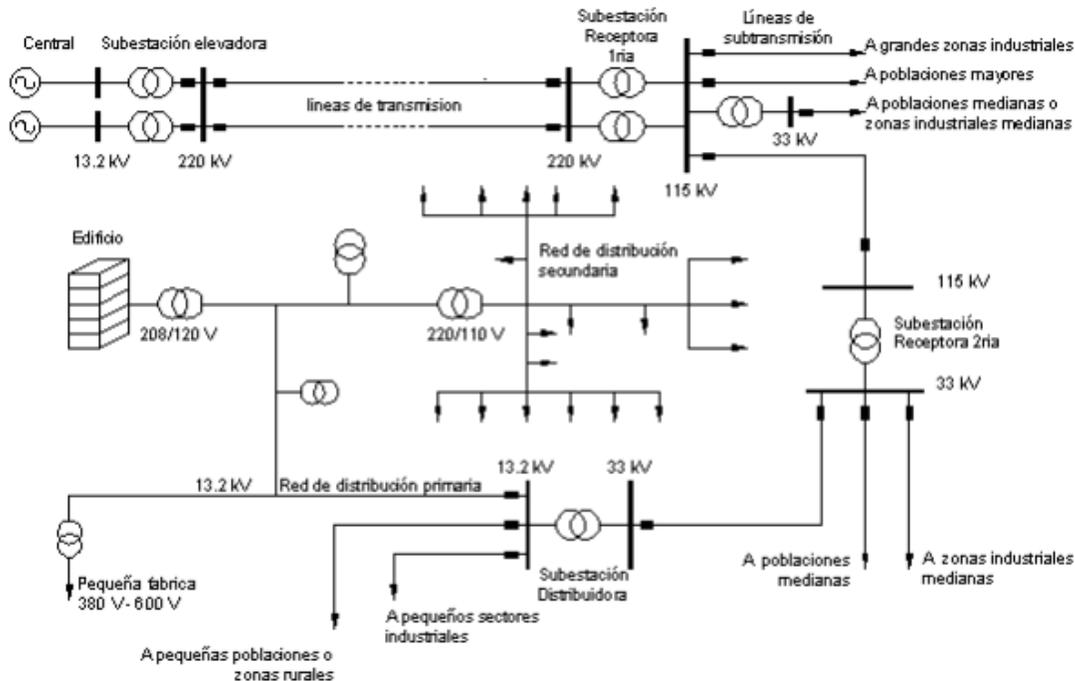
Por otro lado, Haidar (2016) plantea que, en el futuro, dispositivos de alta tecnología se encargaran de realizar una adecuada distribución de cargas para evitar sobrecargar las redes, garantizando el correcto funcionamiento de los sistemas, aumentando la ganancia en los sistemas de conectividad y disminuyendo las perdidas en todo aspecto. Resalta que este tipo de procesos tendrán aplicabilidad en otro tipo de productos, como lo es la industria automotora que representa altos consumos por parte de los usuarios.

Un sistema eléctrico básico está compuesto por etapas de generación, transmisión, distribución y uso de la energía, haciendo parte del proceso las líneas de transmisión y transformadores que permiten que llegue el flujo eléctrico en los valores correspondientes a los dispositivos electrónicos domésticos e industriales, cabe resaltar que dos tercios de un sistema de potencia están dedicados a la parte de distribución –externo –, por lo que el diseño y la distribución de componentes eléctricos y electrónicos deben estar acompañado de un trabajo riguroso y cuidadoso para garantizar un adecuado servicio (S. Ramírez, 2009).

La figura 28 representa un sistema de distribución de cargas, donde la energía eléctrica es un proceso que relaciona variables y componentes que conllevan un mecanismo riguroso de control y distribución de acuerdo con las reglamentaciones de cada territorio. en pro de procesos tecnológicos que permitan la continuidad en el desarrollo de productos y procesos para suplir las necesidades de una región (UPME, 2019).

Así, la figura 28 marca una tendencia de cómo deben estar conectados los sistemas eléctricos en relación con las entidades, las zonas urbanas y demás servicios públicos que se prestan en una comunidad, así mismo, resulta valioso resaltar la importancia de estas

temáticas en los territorios para un adecuado uso y un mantenimiento preventivo y correctivo, con personal idóneo, para ejecutar este tipo de actividades.



**Figura 28.** Sistema de distribución  
**Fuente:** tomado de (S. Ramírez, 2009)

En este orden de ideas, los sistemas de distribución eléctrica deben cumplir unos requisitos mínimos de instalación, como lo es la norma RETIE para las redes en Colombia, así también garantizar la seguridad de los equipos y personal de instalación, la simplicidad en la construcción de los edificios para asegurar una rápida operación, la facilidad en los sistemas de potencia en la interconexión, la adquisición de repuestos, la generación de una adecuada resistencia mecánica, la confiabilidad de componentes, la continuidad en el servicio eléctrico, la verificación de los niveles de tensión, generar pocas pérdidas en la transmisión –evitar el sobrecalentamiento de componentes– y garantizar el servicio constantemente sin interrupciones (Ministerio de minas y energía, 2013).

Las cargas de distribución en una entidad, además de cumplir lo anterior, deben tener un comportamiento frente al sistema y satisfacer unas condiciones básicas en relación con la carga eléctrica que debe soportar ciertos mecanismos electrónicos para un adecuado

funcionamiento, es decir, la base es la carga que a su vez interactúa con los sistemas de distribución –subestaciones, cables, transformadores, baterías de respaldo (UPS), equipo de protección–, conexión a las líneas de transmisión y concentrados en un sistema de generación (S. Ramírez, 2009).

Otro aspecto para resaltar es la densidad de la carga y que se establece de dos formas: la primera, que la densidad de la carga es igual a la carga instalada sobre la zona de consumo, es decir, mediante una expresión matemática, la ecuación para este comportamiento es la que se señala en la ecuación 1; la segunda, establece la carga como la cantidad de kilovatio por cada cien metros de línea para suministrar el servicio de electricidad.

$$densidad = \frac{Carga [kWh]}{Área [km^2]} \quad (1)$$

La demanda es otro aspecto para considerar. Esta se refiere al consumo establecido en un determinado tiempo, y por lo que deben instalarse equipos de control –como los fusibles– que regulen estos intervalos y garanticen la efectividad del sistema (S. Ramírez, 2009). Así mismo, la demanda permite establecer el consumo en amperios, para determinar los consumos de cargas y equilibrar los equipos que se instalan en la red eléctrica. Resulta práctico establecer condiciones energéticas acordes a las especificaciones técnicas de los equipos y determinar si son o no adecuados para la red, garantizando óptimas condiciones de funcionalidad en el sistema (Val-Román, 2019). Para conocer a detalle la demanda, es indispensable operar con unidades de medición tales como kilovoltio Amperio (kVA), kilovatio (kW), kilovoltio Amperio Reactivo (kVAR) y Amperios (A).

### 3.3. La gestión pública en el desarrollo de proyectos

El desarrollo de nuevos proyectos en el municipio de Bello involucra profesionales en todas las áreas del conocimiento en pro de mejorar procesos e involucrar variables que permitan el crecimiento de la ciudad. En este sentido, es importante revisar cómo se desempeñan las entidades gubernamentales en el escenario que plantean, el cómo lo abordan y que resultados producen, como el caso de Pacheco (2019) quien plantea la elaboración de un

proyecto en energías renovables involucrando profesionales del área de ingeniería, profesores investigadores de la Universidad de Girona en España y la participación directa con entidades públicas y privadas del país, para impactar en el desarrollo sostenible de la región y establecer vínculos de aprendizaje entre todos los sectores, es decir, que los proyectos de investigación no solo se queden en la universidad, sino que puedan ser ejecutados en los territorios a través de alianzas que se establezcan entre el Estado-universidad-entidades.

La investigación que se proyecta desde la universidad de Girona tiene el objetivo de desarrollar y promover las energías renovables, resaltando que los sistemas de energía basados en energías convencionales tienen repercusiones negativas en el medio ambiente, por lo que conectar entidades del gobierno que se interesen por este tipo de proyectos es todo un desafío (Pacheco et al., 2019). Sin embargo, Otero (2015) plantea una metodología para las entidades públicas y privadas de acuerdo a la efectividad que se tiene con el uso de la tecnología, presentando resultados a través de internet sobre el cómo se ejecutan los proyectos, que resultados se generan y las estrategias que se abordan para tener efectividad e innovación en lo que se elabore.

Colombia es un Estado en el cual las organizaciones o entidades tienen la posibilidad de participar y aprovechar oportunidades de desarrollo a nivel individual y colectivo, por lo que ha reglamentado condiciones para adecuar, de manera formal, proyectos que mejoren la infraestructura, cuiden el medio ambiente y/o potencialicen la ciudadanía en todos los campos del saber (Bastidas & Ramos, 2009). De conformidad a la Ley 80 de 1993, son entidades públicas y privadas aquellas a las cuales la Nación, el departamento, el municipio y las Áreas Metropolitanas otorgan capacidades para celebrar contratos de acuerdo con las necesidades estatales, de la sociedad y del bien común (Chavarro, 1993).

Resulta necesario precisar que el término Entidad Pública se aplica a las organizaciones públicas. Sus principales características son que el Estado controla sus funciones en términos gubernamentales, a nivel nacional o descentralizado territorialmente, es decir, en el nivel departamental, distrital o municipal. Así mismo, existen Empresas Industriales y

Comerciales del Estado cuya características son el capital público y el aplicar el Código Sustantivo del Trabajo, en diferencia de las Entidades, las cuales aplican el régimen de vinculación con el Estado , regido por la carrera administrativa, ambas organizaciones se diferencian de las entidades privadas, las cuales tienen un capital privado e iniciativas o ánimo de lucro para integrar de manera individual o colectivo (Hoyos, 2018).

### **3.3.1. Entidades públicas y privadas del municipio de Bello**

Para fortalecer los Planes de Desarrollo Territorial en el municipio de Bello, se plantea desde la administración la incorporación de programas estratégicos que desarrollen iniciativas innovadoras por parte de las entidades públicas y privadas del municipio, orientadas al mejoramiento geográfico de la región en temas relacionados con gestión tecnológica, medio ambiente, cultura, espacio público y alternativas energéticas identificando las variables más importantes para dar seguimiento a las decisiones municipales en relación con características técnicas, cobertura y planeación en cada uno de los proyectos que se plantean en los Planes de Desarrollo del municipio de Bello, con cobertura del año 2011 hasta el año 2021 (Area Metropolitana, 2004).

El congreso de la república de Colombia (1997) mediante el Artículo 1° de la Ley 388 se establecieron los mecanismos que permiten a los municipios gozar de autonomía en el deber ser de su ejercicio, así también se trazaron los objetivos de promover el ordenamiento territorial haciendo buen uso del suelo, la preservación del patrimonio ecológico y la prevención de desastres ambientales por medio acciones urbanísticas eficientes a través de actos sociales, proyectos y estrategias que ayuden de manera eficiente a los impactos – económico, social y ambiental– de la región. Los procesos propuestos para el desarrollo del país, entre los años 2002 y 2020, han venido siendo asumidos desde el municipio, los cuales responden a los requerimientos del gobierno central y departamental. (Alcaldía de Bello, 2018). Por su parte, la Ley 99 de 1993 establece que el Ministerio del Medio Ambiente reordena el sector público para la conservación y el

cuidado del medio ambiente, recursos naturales a través del Sistema Nacional Ambiental – SINA–.

El plan de ordenamiento territorial del municipio de Bello se establece en virtud de la ley 388 de 1997, fijando procesos administrativos que articulen de manera adecuada los objetivos y estrategias para intervenir concertadamente a la población Bellanita ubicada al Norte del departamento de Antioquia (Alcaldía de Bello, 2009). Se propone ser una ciudad sostenible y segura donde existan desarrollos que impacten el cuidado del medio ambiente, mitigando cualquier forma de contaminación que eleven los índices del efecto invernadero en el municipio, priorizando las actividades que den prevención y control, además, que minimicen eventos y todo tipo de situaciones a nivel industrial que atenten y pongan en riesgo la naturaleza y la población Bellanita (Alcaldía Bello, 2019).

El municipio de Bello a través del POT –Plan de Ordenamiento Territorial– en el año 2009 identificó 63 escenarios de riesgo. En el 2014, en atención a lo establecido por el decreto Nacional 1807 en artículos 7° y 8°, estableció requerimientos para realizar actividades territoriales en el cuidado de la flora y la fauna, el cuidado del agua, el cuidado del suelo, el cuidado del aire, la disminución del efecto invernadero – emisiones de CO<sub>2</sub>– en población urbana y rural, además, busca invertir en el componente de la educación ambiental a la población implementando técnicas de transferencia tecnológica y prospectiva para garantizar desarrollos innovadores como el uso de sistemas que generen energía limpias beneficiando el medio ambiente y la economía de la ciudad (Alcaldía Bello, 2019).

Por otro lado, la UPME (2017) ha realizado análisis técnicos y económicos en Colombia resaltando promedios de irradiación solar Wh/m<sup>2</sup> durante todo el día con presencia del sol en todo el territorio entre 6-18 horas caracterizado desde el municipio de Bello en una de las estaciones del metro de Medellín, la figura 29 representa la irradiación solar en el territorio departamental que incluye el municipio de Bello.

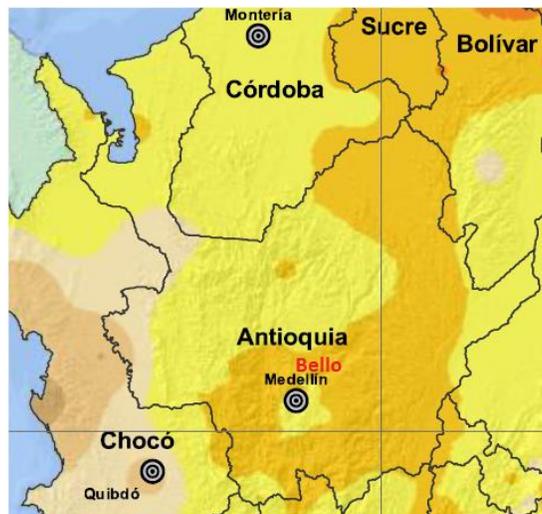


Figura 29. Irradiación horizontal en Antioquia

Fuente: tomado de (UPME, 2017)

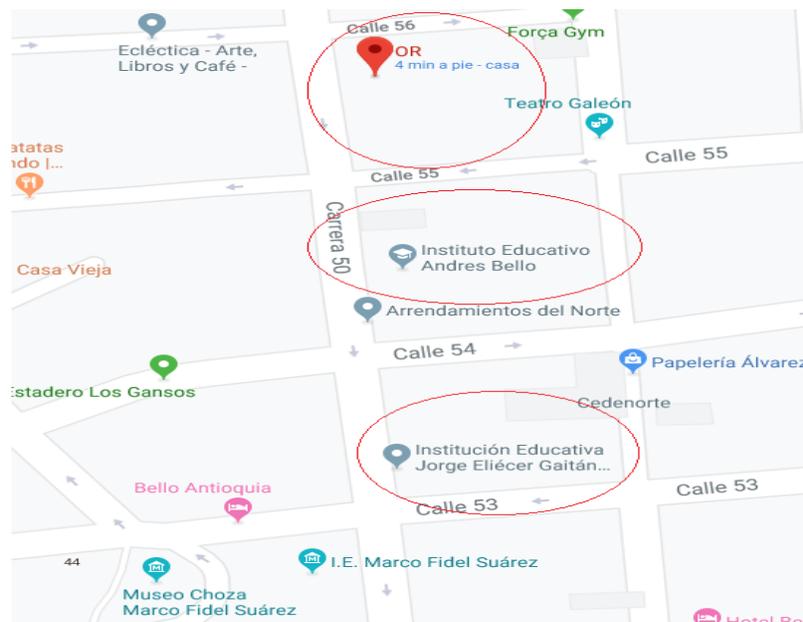
Desde esta perspectiva, la secretaria general municipal de Bello, en su Plan de Desarrollo acoge un banco de proyectos para el crecimiento regional, en este sentido y de acuerdo con los criterios de evaluación, en las dependencias se encuentra el registro de proyectos ambientales, donde el 59% de la información es manejada por la Unidad de Planificación de Desarrollo y ordenamiento territorial; en el municipio de Bello todas las operaciones (registros) se encuentran en un 80% de la información, además, las ejecuciones de los proyectos no son oportunas y no están disponibles para los habitantes lo que implica que el nivel de confiabilidad en el municipio es bajo (Alcaldía de Bello, 2018).

En el Plan de Desarrollo Municipal (2016-2019) de Bello, fue apropiado incluir un panorama en relación con requisitos técnicos aplicados a los sistemas eléctricos actuales en la generación de energía, e incluir estrategias para caracterizar sistemas energéticos que integren tecnologías renovables como lo es la fotovoltaica y eólica a gran escala, teniendo como antecedente el éxito en países como Alemania, España, Italia, Francia, USA, Japón México, Chile y Argentina. Además, en el instrumento se podrían establecer los requisitos técnicos que deben cumplir las plantas de generación al sistema eléctrico, garantizando con su cumplimiento condiciones de operación en calidad, confiabilidad, seguridad y cuidado ambiental de acuerdo con las regulaciones vigentes. Por último, realizar las recomendaciones técnicas para Colombia de acuerdo con el sistema eléctrico y tecnologías

que se tengan disponibles en el mercado y poder llevarla a territorios como lo es el municipio de Bello (UPME, 2017).

Se identifican inicialmente cinco entidades propias del municipio que, a partir de sus objetivos institucionales, adoptan la iniciativa de integrar proyectos de innovación tecnológica acordes a los lineamientos proporcionados por el Ente territorial para fortalecer e iniciar una ruta tecnológica en el campo de la energías renovables, además de vincular los planes de desarrollo territorial con uno de los 63 escenarios que se identificaron en los documentos del municipio de Bello y que se rigen en la actual administración.

En este sentido, las cinco entidades previamente identificadas son el colegio Jorge Eliecer Gaitán Ayala –JEGA–, el colegio Andrés Bello, el Mercados y carnes OR, Mitsubishi y el colegio Betsabé Ayala, entidades que se ubican en el municipio de Bello y localizadas en zonas del municipio con gran flujo vehicular, comercial y turístico. Adicionalmente cuentan con gran reconocimiento municipal por sus aportes a la comunidad, jugando como referentes para los ciudadanos. La figura 30 muestra la ubicación de tres entidades públicas y privadas sobre la calle 50, cercana al parque principal de Bello y a la Choza Marco Fidel Suárez, patrimonio nacional en honor al presidente nacido en la localidad.



**Figura 30.** Geo-referenciación entidades públicas y privadas  
Fuente: tomada de Google Maps

Para conocer las condiciones energéticas iniciales de las cinco entidades públicas y privadas mencionadas del municipio de Bello, se realizan visitas en el periodo 2019-2 a las instalaciones, en las cuales se realizó tomas fotográficas y cortas entrevistas a funcionarios con una vinculación mayor a 5 años. Para ellas se establecieron cuatro preguntas que abordan la temática desde una perspectiva general y conceptual, aplicadas a profesionales ajenos al tema y un técnico especializado para tener una idea de las fortalezas o deficiencias en materia energética de las cinco entidades.

Las preguntas genéricas son:

- *¿Cuáles son las condiciones energéticas actuales de la entidad?*
- *¿Si se integran alternativas sostenibles en la entidad que impactos considera usted que se tendría para el medio ambiente y la comunidad Bellanita?*
- *¿Qué impactos de productividad y competitividad se tendrían en la entidad?*
- *¿Qué otros beneficios se podrían tener al incluir alternativas sostenibles?*

La pregunta específica es:

- *¿Por qué su empresa considera alternativas tecnológicas en sostenibilidad energéticas?*

Desde una perspectiva en innovación y resaltando la importancia de la temática y la opinión de empleados de las cinco entidades del municipio de Bello se detallan a continuación las respuestas que se lograron en la empresa Mitsubishi de Bello en relación con la opinión de expertos en la temática de energías, las demás entrevistas pueden ser examinadas en el Anexo B.

### **3.3.2. Planta Mitsubishi Bello**

Mitsubishi Electric de Colombia trabaja desde hace 50 años para marcar la diferencia en seguridad y calidad en los mercados de transporte vertical, de sistemas de aire acondicionado y otros equipos. Desde esta perspectiva, el personal se destaca por el servicio, compromiso, honestidad y respeto, ofreciendo productos y servicios a los clientes de alta calidad, por lo que la planta busca sostenibilidad, y para lograrlo contribuye con el

desarrollo de las próximas generaciones, como entidad, damos respuesta a las necesidades sociales en los campos de bienestar social y preservamos el medio ambiente, finalmente, este es el motor que mueve día a día la planta para sorprender a Colombia, Suramérica y el Caribe con los productos desarrollados al interior de la entidad (Ramirez, 2019).

En el año de 1964 vendió el primer ascensor para el edificio administrativo de Bavaria, ubicado en la ciudad de Bogotá. En 1985 comienza a operar desde la ciudad de Medellín, y cuatro años más tarde, se abre la planta en el municipio de Bello, cuyo principal producto es la elaboración de ascensores para el mercado nacional y suramericano. En ese mismo año, la planta de Bello realiza su primera entrega internacional a la Universidad Católica de Quito en Ecuador, y posteriormente, inicia una exportación considerable a otros países tales como Perú, República Dominicana, Chile, entre otros. En 1998, la casa matriz en Japón fortalece la entidad con aumento de capital gracias al trabajo de Colombia, por ser competitivos y productivos en la región, pasando de 500 millones a 5.000 millones (COP). Más tarde, en el 2001 la planta fue certificada con la norma ISO 9002 –versión de 1994–. Para finales del 2005 se inaugura en el municipio de Bello la torre de pruebas de ascensores, sirviendo como centro de capacitación, entrenamiento y puesta en marcha de personal técnico y administrativo a nivel nacional e internacional. En el mencionado año la planta logró 5.000 ascensores producidos e instalados localmente. En el presente año, Mitsubishi celebra 50 años de presencia en Colombia con su lema «Juntos construimos mejor».

Desde los sistemas de energía y eléctricos se tienen procesos que apuntan a los desarrollos en generadores de turbinas, generadores de turbinas hidráulicas, equipamientos para plantas de energía nuclear, motores, transformadores, equipos de electrónica de potencia, interruptores, conmutadores aislados en gas, dispositivos de control de interruptores, control del sistemas de vigilancia y control de sistemas de seguridad, dispositivos de pantalla grande, equipos eléctricos para locomotoras y material rodante, ascensores, escaleras eléctricas, sistemas de seguridad de edificios, sistemas de administración de edificios (Ramirez, 2019), La tabla 7 marca las instalaciones del lugar.

**Tabla 7.** Planta Mitsubishi-Bello



**Fuente:** elaboración propia

En visita se realizaron entrevistas a los empleados de Mitsubishi-Bello de acuerdo con las condiciones energéticas actuales de la compañía, contextualizando en la problemática actual que se tiene en la entidad acerca del uso de alternativas sostenibles, además, de conocer una primera opinión de integrar a Mitsubishi proyectos que involucren tecnologías renovables ayudando a las problemáticas actuales del municipio de Bello.

La empresa Mitsubishi cuenta con una planta física de gran tamaño. Ubicada en el barrio Bellavista del municipio de Bello, tiene un consumo de energía bastante elevado debido a las máquinas y los procesos industriales que se desarrollan al interior de la instalación. Se observa luces encendidas en el día al interior de los pasillos y oficinas, con independencia de la presencia de personas. En la tabla 8 se muestran algunas zonas de la planta.

**Tabla 8.** Instalaciones físicas planta Mitsubishi-Bello





Fuente: elaboración propia

**Wilton Gabriel Grisales Jaramillo, Ingeniero electromecánico del ITM, Ingeniero de planta-Mitsubishi**

**¿Cuáles son las condiciones energéticas de la planta Mitsubishi de Bello?**

*Actualmente la planta se encuentra en niveles ajustados de energía, no se tiene ni facturación ni consumos por energía reactiva, por tanto, estamos en un punto de equilibrio, además, contamos con ajustes en los mantenimientos preventivo de todos los equipos lo que nos ha llevado a estar en ese nivel.*

**¿Si se integran alternativas de sostenibilidad energética en Mitsubishi que impactos considera usted que se tendría para el medio ambiente y la comunidad Bellanita?**

*Actualmente Mitsubishi factura energía renovable desde EPM, por ese lado estamos haciendo una contribución importante al tema de medio ambiente y comunidad, sin embargo, somos susceptibles en estos momentos de implementar mejoras como por ejemplo iluminación, energía solar, cambio de tecnología a nivel de motores de mayor*

*eficiencia, actualmente se trabaja con motores con un factor de potencia entre el 85% y 90%, sabemos que existen motores mucho más eficientes pero requieren un estudio para integrarlos a los procesos productivos acordes a las necesidades de la empresa en relación con el factor de innovación.*

**¿Qué impactos de productividad y competitividad se tendrían en Mitsubishi?**

*Básicamente disminuiría el costo de nuestro producto, ya se deben mirar otros aspectos en la compañía, pero al menos nosotros como área de producción podemos impactar en los costos de la empresa y en disminuir la huella de carbono en el ambiente.*

**¿Qué otros beneficios se podrían tener al incluir este tipo de tecnologías?**

*Por un lado, tener cambios de tecnologías, ser una planta con mayor innovación. A los anterior les estamos apuntando para ser pioneros en Bello y el punto fuerte es explorar e incorporar todo el tema de alternativas energéticas para mejorar la calidad en los procesos industriales de Mitsubishi.*

**Mauricio Alberto Velásquez Velásquez, Diseñador industrial de la Universidad San Buenaventura, Especialista en formulación y evaluación de proyectos del ITM, Gerente de mano factura y logista.**

**¿Por qué su empresa considera alternativas tecnológicas en sostenibilidad energética?**

*Son necesarias para el impacto del medio ambiente principalmente, pero adicionalmente el impacto a la reducción de costos a nivel planta, además, de que es una política corporativa de Mitsubishi a nivel mundial el control de los procesos para la mejora ambiental y la integración de modelos innovadores que impacten en el mercado.*

### **3.4. Análisis de resultados**

Un primer acercamiento permite evaluar la percepción de los empleados en una entidad frente a las necesidades de la organización, opinión que representa una oportunidad para el municipio de Bello para integrar alternativas tecnológicas en materia de sostenibilidad

energética. De las respuestas suministradas por los entrevistados se observa que tienden a considerar como necesidades las siguientes:

- *Sostenibilidad*: características de desarrollo que buscan mejorar procesos de productividad asociadas al medio ambiente y nuevas tecnologías a través de la innovación.
- *Ambiente*: abarca aspectos que relacionan la vida de los seres vivos en función de estructuras innovadoras que beneficie los entornos de un territorio, promoviendo la transformación de proyectos para mejorar los espacios y cuidar la naturaleza.
- *Comunidad*: grupo de personas que buscan un beneficio común, en este contexto, se busca que las entidades públicas y privadas del municipio de Bello integren sostenibilidad energética a la región, mejorando procesos de productividad y competitividad garantizando estabilizar la economía, integrar la cultura ambiental y ser pioneros en Antioquia en gestión tecnológica y adopción de nuevos procesos científicos.
- *Territorio*: se denomina área geográfica que permite integrar una serie de parámetros para mejorar sustancialmente los entornos donde se ejecutan los planes de ordenamiento territorial, adicionalmente, permite el desarrollo por zonas y la contribución a nuevos proyectos que beneficien cada uno de los territorios del municipio, a nivel público y privado.
- *Alternativas*: posibilita tener opciones de sostenibilidad energética en una región, para el municipio de Bello, un primer concepto está en el uso de la energía solar, la energía eólica y posiblemente la energía en biogás; conceptos tecnológicos que se descubren a partir de las condiciones geográficas del territorio en pro de sus características físicas.
- *Tecnología*: es la ciencia que se aplica para la solución de problemas, en este sentido, se busca integrar tecnología en el municipio de Bello que ayude a minimizar los impactos ambientales y económicos de las entidades públicas y privadas, además,

de convertir a Bello en un territorio innovador en pro de mejorar procesos de la región.

- *Energía*: tiene diversas formas de acuerdo con las definiciones desde la física, sin embargo, para el contexto del municipio de Bello, se pretende transformar la energía de la naturaleza en eléctrica y que impacte las entidades públicas y privadas en relación con el ambiente y los procesos económicos beneficiando el territorio, la población y gestión tecnológica en el municipio.

Este trabajo investigativo propone integrar proyectos de innovación tecnológica en el municipio de Bello, los cuales beneficien a la comunidad y comporten una linealidad con la evolución que tiene el mundo actual. La figura 31 y figura 32 resalta el resultado de las entrevistas, marcando las palabras más utilizadas por los empleados de las cinco entidades de Bello, en función de conceptualizar las condiciones energéticas actuales de las organizaciones, además, se hace un comparativo en función de los entrevistados que no son expertos en la temática de energías y los que si son expertos en la temática dentro de la entidad. A saber, se infiere que las palabras que resaltan en las entrevistas de los funcionarios públicos no expertos son energía, institución, sostenibilidad, Bello, comunidad, cuidado, territorio, estudiantes, ambiente, entre otras, que marcan la importancia de implementar proyectos de sostenibilidad energética para contribuir con el medio ambiente y solventar las necesidades actuales de las cinco entidades públicas y privadas, en función de la adopción de nuevas tecnologías y ubicarse a la vanguardia de las grandes ciudades en el mundo que contribuyen al desarrollo social, político, económico y cultural en relación con proyectos de innovación y retos de ingeniería.

Por otro lado, la opinión de los expertos propios de las entidades marca una gran diferencia con respecto a lo anterior, resaltando palabras como energía, consumos, sostenible, tecnología, renovables, proyectos, costos, innovación, desarrollo, solar, eólica, entre otras marcando una diferencia notable en el uso de lenguaje técnico y perspectiva de la actual situación que representan las entidades en el contexto municipal.

Finalmente, es una constante en los funcionarios de las entidades del territorio el querer la incorporación de proyectos innovadores, los cuales deben estar asociados a los Planes de Ordenamiento y Desarrollo Territorial, buscando mejorar el contexto empresarial del municipio, permitiendo crear impactos sociales en el uso de nuevas herramientas tecnológicas, específicamente, en el campo de la energía y ayudar a los procesos propios del municipio de Bello proyectando nuevas estrategias en gestión, cooperación y desarrollo regional, en este sentido, la tabla 9 categoriza algunos hallazgos representativos del colegio JEGA, las demás entidades que hacen parte de este estudio pueden ser detalladas en el Anexo E.

**Tabla 9.** Categorización de hallazgos en el JEGA

Entidad	Colegio JEGA	
	CUMPLE	NO CUMPLE
Accidente		X
Acometida	X	
Acometida Fraudulenta	X	
Acometida Primaria	X	
Acometida Secundaria		X
Acometida Subterránea	X	
Aviso de seguridad	X	
Cable		X
Capacidad instalada		X
Carga		X
Contratista	X	
Control de calidad		X
Distancia de seguridad	X	
Falla		X
Gabinete		X



generación de energía –mecanismos dentro de los cuales debe involucrarse a los pobladores– orientados principalmente a atender los daños ambientales causados por el mal manejo de recursos y los elevados gastos mensuales en energía eléctrica. Así mismo deberán consolidarse indicadores para llevar el registro de consumo en la Entidad, al tiempo que deberá incluir en los Planes de Ordenamiento Territorial –POT– programas de diagnóstico, auditorías, seguimientos y evaluaciones para mejorar las condiciones físicas y la productividad eléctrica en la región.

Contar con el diagnóstico de las condiciones energéticas actuales de las cinco entidades públicas y privadas del municipio de Bello permitirá formular e integrar un conjunto de recomendaciones a nivel técnico y administrativo que conduzcan a mejorar los consumos mensuales a partir de estrategias con impacto en los sistemas eléctricos de acuerdo con las normas actuales en Colombia, además, de poder incluir proyectos en los procesos administrativos que estén alineadas con alternativas tecnológicas en sostenibilidad energética, permitiendo el desarrollo de procesos de acuerdo con metodologías debidamente formuladas desde los componente científicos e investigativos.

Durante los últimos años, las entidades a nivel mundial han identificado que los procesos energéticos han dejado de ser irrelevantes (Prias & Montaña, 2014). Se ha demostrado que, con el incremento energético, se obtienen beneficios económicos a nivel empresarial y a nivel país, permitiendo la alta productividad y competitividad en los mercados actuales, en ese sentido, la importancia de integrar sistemas renovables a los sistemas eléctricos para fortalecer el crecimiento económico se traduce en grandes avances al campo de la investigación, abarcando procesos innovadores, además, de cumplir reglamentariamente las políticas internas de cada territorio y empresa-entidad (Karhan, 2019).

En América latina, al igual que en otras regiones del mundo, se ha evolucionado en temas relacionados con las políticas ambientales, buscando el fortalecimiento de la institucionalidad. Sin embargo, estudios demuestran que muchas de las regiones continúan haciendo las cosas de la misma manera, es decir, continúan con la destrucción masiva del planeta y no adoptan formas de aportar positivamente al cuidado del mismo, por lo que

innovar y adoptar modelos tecnológicos se quedan en los planes de desarrollo y no se ejecutan durante los periodos de gobernabilidad (CEPAL, 2014).

En esta misma línea, de acuerdo con la falta de ejecución de proyectos de innovación en el municipio de Bello se evidencia la falta de iniciativa de las entidades públicas y privadas principalmente en adoptar nuevos retos tecnológicos orientados a la sostenibilidad energética enfocado la solución de problemas en el ahorro del recursos, el cuidado del medio ambiente y el desarrollo de nuevos retos, por otro lado, no se cuenta con una cultura por parte de las entidades del municipio en acceder a los incentivos otorgados por el gobierno nacional en la adopción de tecnologías que impacten la sostenibilidad energética de las regiones de Colombia.

### **3.4.2. Condiciones energéticas de las cinco entidades públicas y privadas del municipio de Bello**

A continuación, se establecen las condiciones energéticas de las cinco entidades públicas y privadas analizadas, relacionando algunas de las características más importantes en el tema de sostenibilidad energética, con miras a generar cambios significativos de los sectores impactando en lo social, científico/tecnológico, económico/productivo y ambiental, por lo anterior, se detallan las condiciones energéticas de las entidades del municipio de Bello que hacen parte de este trabajo investigativo.

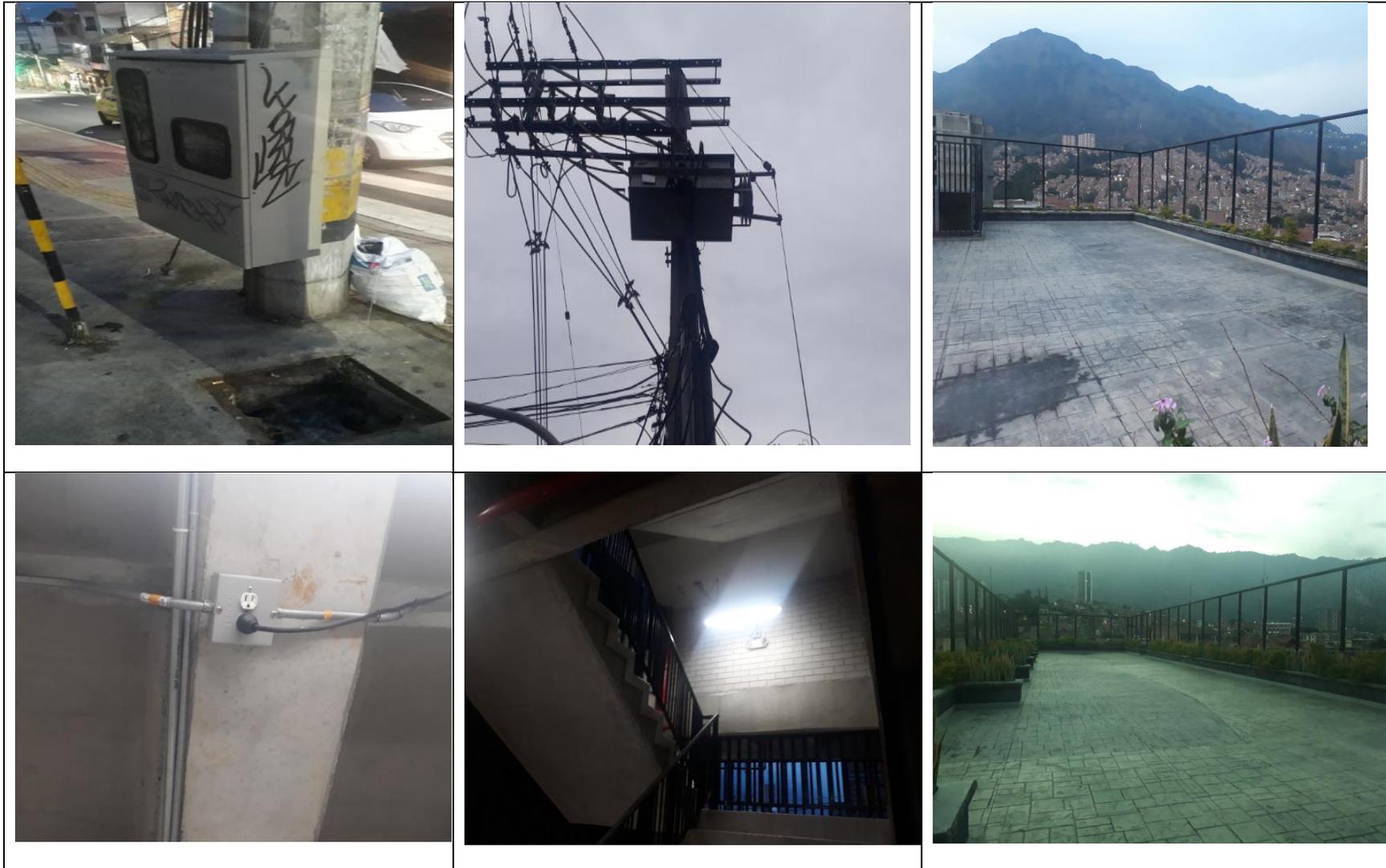
#### **Colegio Jorge Eliecer Gaitán Ayala**

- En la visita a la entidad se observa que la distribución de cables en algunas zonas no es adecuada, se debe tener una distribución ordenada para identificar el cableado. Tienen zonas con filtraciones de agua, lo que podría ocasionar cortos circuitos en el establecimiento.

- Las lámparas de zonas comunes –pasillos– constantemente están encendidas. No tienen un sistema de control que permita hacer el apagado automático que permita la disminución de la cantidad de energía utilizada.
- Todas las lámparas de las zonas comunes – pasillos– tienen disponible un interruptor, el cual podría utilizarse para instalar un sistema de sensores que automáticamente enciendan cuando se detecta presencia de personas en la zona, sería un control de encendido o apagado en las luces, considerando un diferenciador de dicha condición con una fotocelda.
- Los salones de clase conservan las luces encendidas aún en ausencia del personal – estudiantes y docentes–.
- Los aires acondicionados y los tomacorrientes para conectar equipos de cómputo, video beam, celulares y equipos electrónicos genéricos presentan caídas de voltaje en la institución. Muchas veces los interruptores se disparan por tan altos consumos, ya sea en un solo piso o en todo el plantel –depende de los eventos que ocurren en la institución–.
- El colegio no cumple con la norma RETIE y no tiene una adecuada estructura en el diseño de la red, sin embargo, para ser un colegio recién remodelado tiene una red eléctrica (cableado) muy desgastadas.
- La parte superior del colegio es una zona amplia y totalmente libre donde se evidencia la presencia del sol y del viento desde las 6:00 am hasta las 6:00 pm – jornada continua–.
- Cuando la institución presenta fallas eléctricas, un funcionario del colegio –no experto en energía y sin certificados válidos de operación– debe salir a la calle y manipular una caja de interruptores para restaurar el flujo eléctrico.
- Los aires acondicionados constantemente están encendidos (durante las jornadas académicas y eventos), debido al calor que se produce en las aulas y en las zonas de la institución.

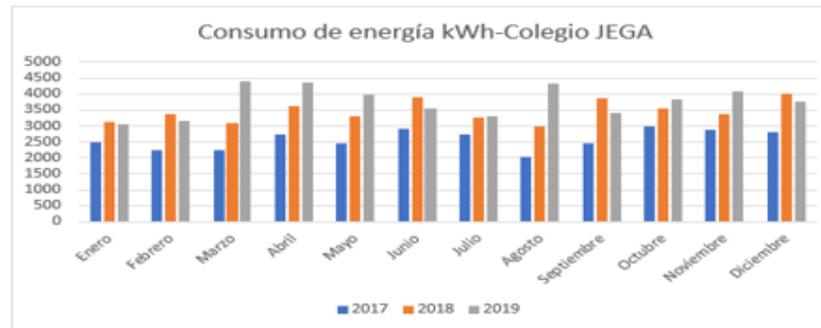
La tabla 10 muestra algunas imágenes que revelan el estado de la institución. Se resalta la caja de conexión exterior, la cual –muchas veces– debe ser manipulada por el funcionario del colegio para restaurar la energía debido a la sobrecarga detectada en el sistema. El transformador principal cumple con las normas RETIE y no presenta inconsistencias en el funcionamiento. Se cuenta con conexión de 110 voltios en las lámparas ubicadas en los corredores de los pasillos. La luz encendida en los pasillos durante periodos continuos, aún en el día sin motivo alguno –sin sistemas de control –. La terraza que es un lugar adecuado para instalar nuevas tecnologías en energías y mitigar el consumo de la institución de acuerdo con los objetivos institucionales en pro de mejorar las condiciones energéticas del colegio. Adicionalmente, la figura 33 muestra un resumen de cómo ha sido el consumo energético en kWh y pesos colombianos –COP– del JEGA en los años 2017, 2018 y 2019.

Tabla 10. Condiciones eléctricas JEGA



Fuente: elaboración propia

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
2017	2488	2250	2229	2726	2461	2912	2738	2017	2446	2981	2891	2807	2579
2018	3121	3367	3080	3617	3304	3888	3266	2980	3858	3549	3361	3998	3449
2019	3070	3150	4398	4370	3962	3537	3312	4313	3403	3816	4065	3763	3763



Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
2017	\$ 1.912.172	\$ 2.059.065	\$ 2.224.267	\$ 1.918.487	\$ 1.986.981	\$ 1.995.884	\$ 2.039.060	\$ 1.937.823	\$ 2.175.298	\$ 1.854.211	\$ 2.207.689	\$ 2.058.452	\$ 2.030.782
2018	\$ 2.285.213	\$ 2.139.870	\$ 2.107.936	\$ 2.226.245	\$ 2.261.123	\$ 2.101.658	\$ 2.335.433	\$ 2.217.289	\$ 2.104.175	\$ 2.326.411	\$ 2.183.340	\$ 2.200.143	\$ 2.207.403
2019	\$ 2.256.003	\$ 2.257.465	\$ 2.449.303	\$ 2.392.811	\$ 2.445.357	\$ 2.494.539	\$ 2.358.219	\$ 2.449.657	\$ 2.320.764	\$ 2.371.250	\$ 2.379.773	\$ 2.307.644	\$ 2.373.565

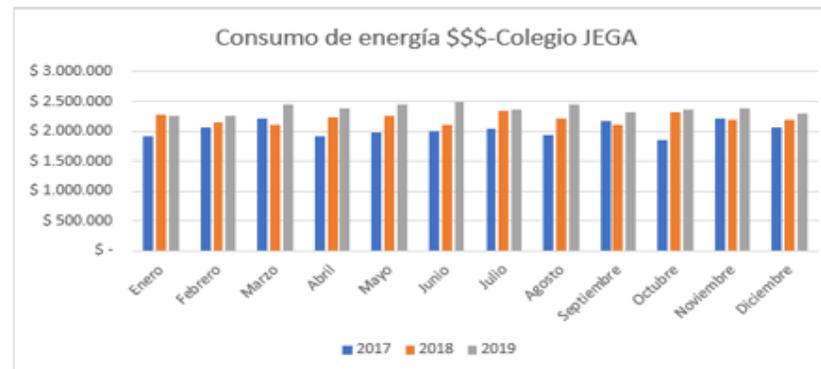


Figura 33. Consumos eléctricos colegio JEGA en kWh y \$\$\$ entre los años 2017-2019  
Fuente: elaboración propia

### El colegio Andrés Bello

- La caja de distribución se encuentra ubicada dentro de un salón (bilingüismo) y no cuenta con seguridad –candado– lo que implica que cualquier persona puede abrir y manipular el sistema de manera directa, lo que representa un peligro para el personal académico.
- El cableado de la red eléctrica está muy deteriorado. Se evidencia que nunca ha sido reemplazado debido a las condiciones físicas.
- Las lámparas en los pasillos tienen tomacorrientes de 110 voltios disponibles.
- La red de datos y la red eléctrica no conservan una distancia prudente. En algunos tramos no hay separación de tuberías y se cruzan de manera irregular.
- Las lámparas de los pasillos están encendidas en el transcurso del día.
- Las lámparas de los salones permanecen encendidas aún en ausencia del personal estudiantil y docente en el día.
- La institución tiene un techo de gran tamaño, libre de edificios alrededor siendo idóneo para la implementación de tecnologías energéticas que favorezcan el colegio.
- El colegio no tiene un sistema electrónico en los pasillos que detecten el movimiento para controlar el sistema el encendido o apagado de las lámparas.
- En algunos salones se conserva el calor debido al mal uso de las luminarias, ya que constantemente se encuentran encendidas.

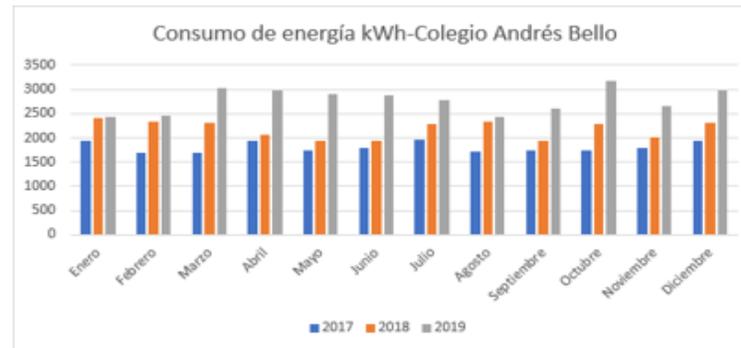
En la tabla 11 ilustra algunas de las condiciones energéticas del lugar. Se resalta la importancia de tener aislada la caja de distribución, como se puede observar se encuentra al interior de un salón, representando un peligro potencial para el personal de la institución, especialmente, los estudiantes quienes por naturaleza son más curiosos (Klimavicius, 2018). Por otra parte, los pasillos cuentan con conexiones de 110 voltios, pero son fácilmente manipulables debido a que están al alcance de cualquier persona con una estatura promedio de 1,65 m. Los techos de la institución son adecuados para implementar nuevas tecnologías basadas en paneles solares y aerogeneradores. Por su parte, la figura 34 muestra un resumen de cómo ha sido el consumo energético en kWh y pesos colombianos –COP– de la institución educativa Andrés Bello en los años 2017, 2018 y 2019.

Tabla 11. Condiciones eléctricas Andrés Bello

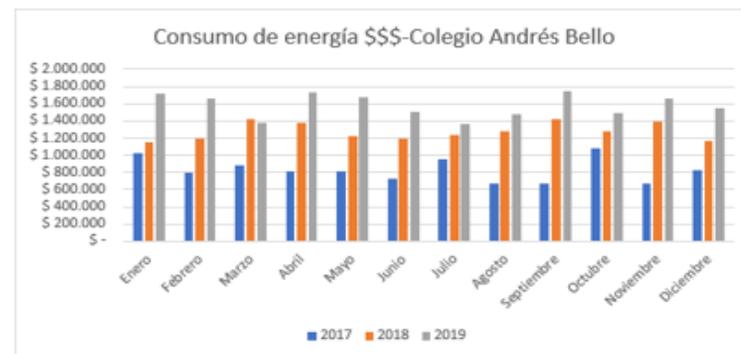


Fuente: elaboración propia

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
2017	1932	1691	1700	1932	1751	1792	1973	1717	1730	1746	1803	1932	1808
2018	2402	2330	2306	2063	1937	1939	2275	2344	1936	2282	2015	2318	2179
2019	2437	2457	3028	2981	2912	2880	2786	2428	2612	3180	2652	2981	2778



Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
2017	\$ 1.026.036	\$ 792.736	\$ 876.767	\$ 807.537	\$ 817.545	\$ 730.593	\$ 955.256	\$ 666.041	\$ 673.972	\$ 1.081.301	\$ 674.754	\$ 820.580	\$ 826.927
2018	\$ 1.152.449	\$ 1.196.075	\$ 1.422.111	\$ 1.378.430	\$ 1.223.747	\$ 1.189.358	\$ 1.231.709	\$ 1.282.765	\$ 1.423.811	\$ 1.275.491	\$ 1.397.419	\$ 1.160.200	\$ 1.277.797
2019	\$ 1.714.407	\$ 1.660.663	\$ 1.370.726	\$ 1.728.485	\$ 1.679.359	\$ 1.509.611	\$ 1.367.572	\$ 1.471.596	\$ 1.739.378	\$ 1.492.951	\$ 1.662.662	\$ 1.545.395	\$ 1.578.567



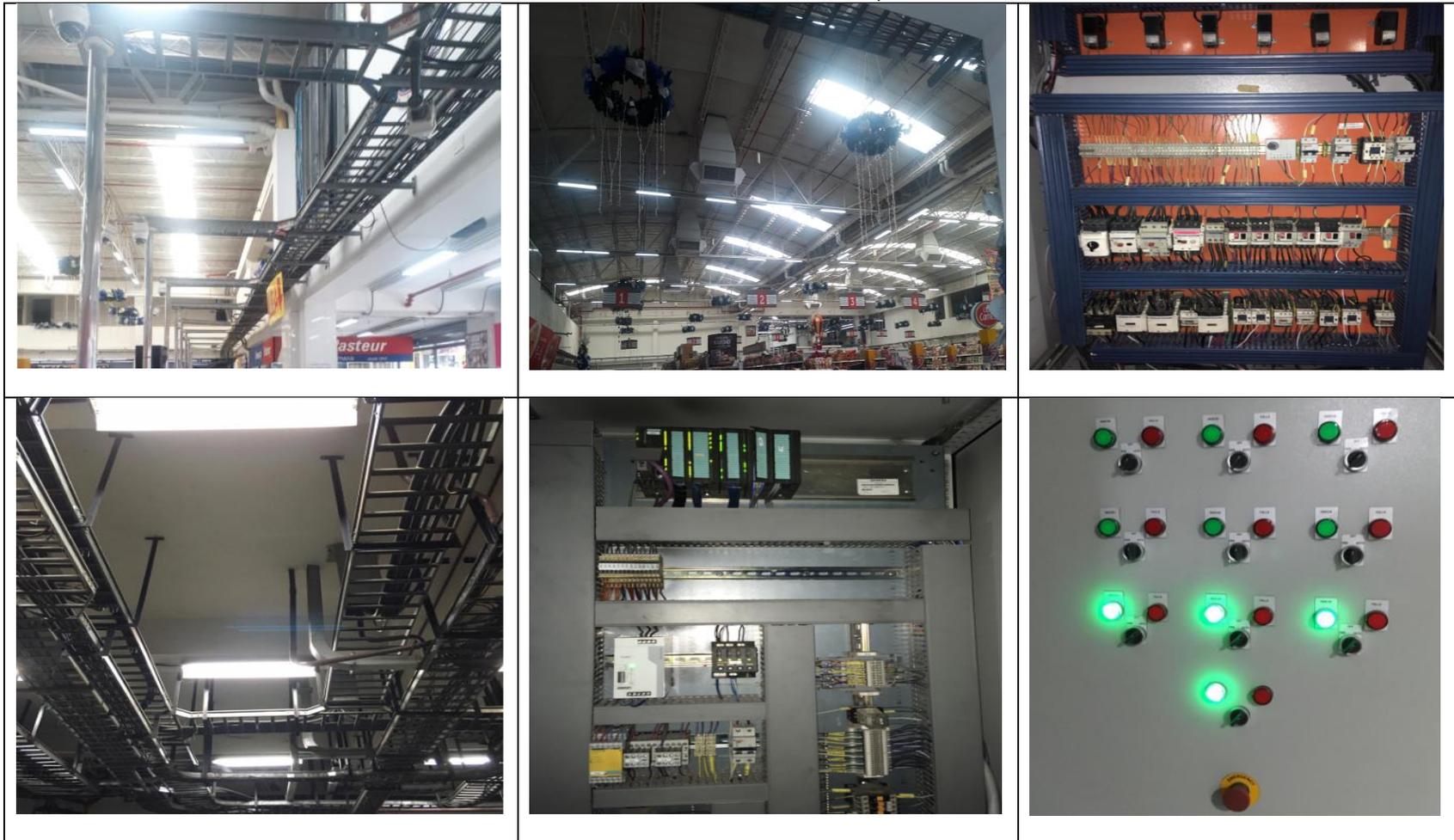
**Figura 34.** Consumos eléctricos colegio Andrés Bello en kWh y \$\$\$ entre los años 2017-2019  
Fuente: elaboración propia

## Mercados y carnes OR

- Adecuada distribución de cables en la red eléctrica. Tiene las distancias exigidas por la RETIE.
- La red eléctrica y la red de datos están distribuidas adecuadamente, garantizando calidad en los servicios de telecomunicaciones y servicios de potencia para los equipos especializados en conservación de alimentos.
- Lámparas encendidas de día y de noche –alrededor de unas 30 lámparas en todo el lugar–.
- Refrigeradores iluminados durante todo el turno.
- Refrigeradores conectados los 365 días del año.
- Elevada cantidad de refrigeradores eléctricos conectados para la conservación de lácteos y carnes.
- Extractores conectados en los distribuidores al interior de la instalación física.
- Aires acondicionados en las oficinas del segundo piso.
- Altos consumos energéticos durante el mes.
- Los tableros electrónicos marcados y organizados.
- Techos adecuados para integrar alternativas sostenibles.

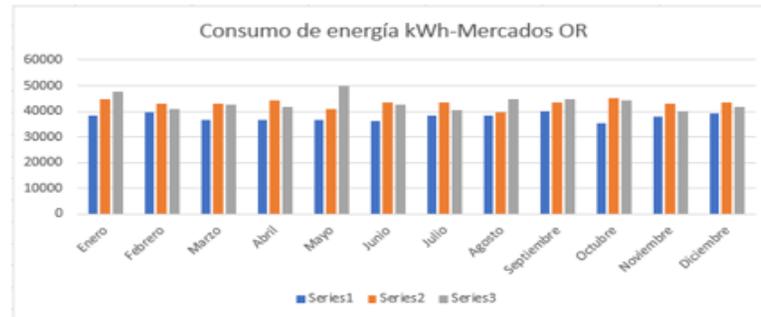
La tabla 12 representa algunas de las condiciones energéticas del lugar, donde se evidencia una correcta distribución de cableado, sistemas de control para cada una de las zonas del supermercado, interruptores que prenden y apagan equipos en determinadas zonas, una red de incendios, cámaras de seguridad ubicadas estratégicamente lo que representa un buen uso de la norma RETIE. Mercados y carnes OR cuenta con un espacio suficientemente amplio para implementar tecnologías en sostenibilidad energética, además, de contar con los recursos económicos para impactar desde la responsabilidad social y ambiental en proyectos de energías renovables. La figura 35 muestra un resumen de cómo ha sido el consumo energético en kWh y pesos colombianos –COP– del Mercados y carnes OR en los años 2017, 2018 y 2019.

Tabla 12. Condiciones eléctricas Mercados y carnes OR

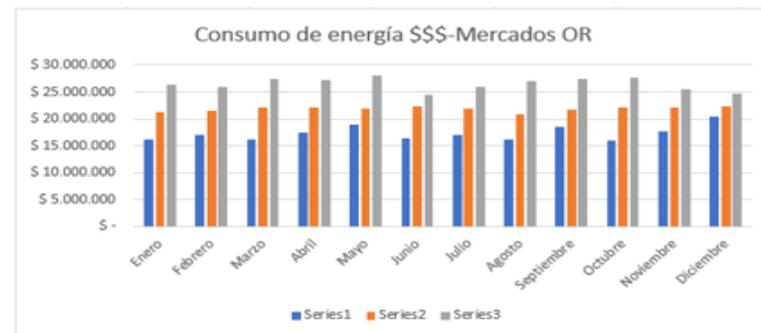


Fuente: elaboración propia

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
2017	38438	39811	36674	36631	36747	36400	38370	38205	39985	35404	37981	39380	37836
2018	44898	42851	43030	44125	41030	43295	43564	39474	43222	44980	42980	43549	43083
2019	47674	40991	42661	41692	49748	42570	40413	44724	44814	44306	40165	41755	43459



Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
2017	\$ 16.170.304	\$ 16.947.414	\$ 16.288.207	\$ 17.535.993	\$ 19.009.506	\$ 16.343.294	\$ 17.100.171	\$ 16.226.214	\$ 18.556.582	\$ 15.936.415	\$ 17.696.438	\$ 20.343.509	\$ 17.346.171
2018	\$ 21.229.965	\$ 21.442.023	\$ 22.052.086	\$ 22.119.890	\$ 21.937.515	\$ 22.316.189	\$ 21.896.036	\$ 20.944.487	\$ 21.657.280	\$ 22.173.792	\$ 22.231.510	\$ 22.248.475	\$ 21.854.104
2019	\$ 26.329.783	\$ 25.993.474	\$ 27.537.617	\$ 27.300.644	\$ 28.067.372	\$ 24.557.046	\$ 26.018.947	\$ 26.951.898	\$ 27.451.684	\$ 27.705.344	\$ 25.555.477	\$ 24.698.786	\$ 26.514.006



**Figura 35.** Consumos eléctricos Mercados y carnes OR en kWh y \$\$\$ entre los años 2017-2019  
 Fuente: elaboración propia

### La planta Mitsubishi

- Tableros eléctricos debidamente marcados.
- Lámparas estratégicamente instaladas.
- Las instalaciones de Mitsubishi-Bello pertenecen a la empresa textil de Fabricato, por lo que no es posible hacerle modificaciones al edificio (planta física) ya que es considerado patrimonio cultural del municipio de Bello, en este orden de ideas, la entidad modifica levemente (sin dañar la estructura original) un poco los techos para que la luz del día ingrese y se disminuya el consumo por lámparas, sin embargo, esta modificación hizo que el calor aumentara en las zonas de producción, lo que llevo a la entidad a instalar unos 20-25 ventiladores que trabajan a 440 voltios entre 1,5 y 3 caballos de fuerza para reducir el calor y evitar problemas a los operarios, técnicos e ingenieros que constantemente operan al interior de las plantas.
- Los ventiladores anteriormente mencionados consumen grandes cantidades de energía en turnos de 8 horas (normalmente en el turno de 6 am a 2 pm).
- Las oficinas de la entidad operan en horarios de 7 am a 5 pm con aire acondicionado.
- No hay sistemas de control que operen las lámparas de las oficinas, en ocasiones, salen (el personal administrativo) y quedan encendidas.

La tabla 13 muestra algunas condiciones energéticas de la planta donde se evidencia un buen uso de elementos eléctricos, tableros debidamente marcados, zonas que se identifican visualmente, señales de seguridad para evitar contactos con ciertos elementos, circuitos debidamente distribuidos para la manipulación de ciertas zonas lo que representa una empresa con una adecuada operabilidad en la parte energética y cumple con la norma RETIE, por otro lado, cuenta con un espacio suficientemente amplio para integrar equipos que beneficien la parte energética desde tecnología solar e incluso tecnología eólica. La figura 36 muestra un resumen de cómo ha sido el consumo energético en kWh y pesos colombianos –COP– de la planta Mitsubishi–Bello en los años 2017, 2018 y 2019.

Tabla 13. Condiciones eléctricas planta Mitsubishi Bello



Fuente: elaboración propia

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
2017	65170	64325	64951	68352	62108	54632	67378	71375	67112	71155	71086	57300	65412
2018	76086	76821	86150	70358	83477	71016	79211	81314	83966	80326	82468	60958	77679
2019	65888	68588	70149	60964	72000	57920	78362	74793	75285	78023	68437	73230	70303



Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
2017	\$ 29.465.158	\$ 29.083.110	\$ 29.366.142	\$ 30.903.828	\$ 28.080.743	\$ 24.700.637	\$ 30.463.456	\$ 32.270.610	\$ 30.343.190	\$ 32.171.142	\$ 32.139.945	\$ 25.906.913	\$ 29.574.573
2018	\$ 30.664.645	\$ 30.960.870	\$ 34.720.700	\$ 28.356.112	\$ 33.643.411	\$ 28.621.303	\$ 31.924.102	\$ 32.771.666	\$ 33.840.491	\$ 32.373.476	\$ 33.236.758	\$ 24.567.666	\$ 31.306.767
2019	\$ 33.612.210	\$ 34.989.592	\$ 35.785.923	\$ 31.100.273	\$ 36.730.196	\$ 29.547.402	\$ 39.975.716	\$ 38.155.021	\$ 38.406.011	\$ 39.802.778	\$ 34.912.561	\$ 37.357.670	\$ 35.864.613



Figura 36. Consumos eléctricos planta Mitsubishi Bello en kWh y \$\$\$ entre los años 2017-2019

Fuente: elaboración propia

### El colegio Betsabé

- Tableros eléctricos debidamente marcados, sin embargo, la marcación es con cinta de enmascarar y lapicero, lo que hace propenso a que se borre y se dificulte identificar zonas.
- La caja principal de interruptores está aislada en un cuarto, sin embargo, este cuarto está disponible para guardar elementos estudiantiles tales como carteleras, pupitres y otros objetos.
- El cuarto principal de interruptores es fácil de abrir y no presenta una seguridad adecuada.
- Se evidencia lámparas encendidas durante el día.
- Las lámparas de la institución cuentan con un tomacorriente de 110 voltios para instalar equipos de detección o seguridad.
- La institución cuenta con una estructura física adecuada para instalar tecnologías en sostenibilidad energética.
- Se evidencia salones con las luces encendidas.
- La institución cuenta con video beam en cada aula y sonido para eventos informativos.
- La caja secundaria de breques está en la oficina de la secretaria, es un espacio muy reducido y se siente el calor de la red eléctrica, además, de la lámpara que constantemente está encendida para atender a los estudiantes y padres de familia.

La tabla 14 muestra algunas condiciones energéticas del lugar, es quizás el lugar más adecuado para implementar aerogeneradores de baja velocidad (Agudelo, 2013), y esta afirmación se apoya en que está muy cerca al cerro quitasol donde se evidencia buenas velocidad en los vientos con zonas ampliamente despejadas, por otra parte, las condiciones energéticas no cumplen con la RETIE, los sistemas eléctricos detallan desgastes, corrosión y mala ubicación de componentes eléctricos. Por su parte, la figura 37 muestra un resumen de cómo ha sido el consumo energético en kWh y pesos colombianos – COP– del colegio Betsabé en los años 2017, 2018 y 2019.

**Tabla 14.** Condiciones eléctricas colegio Betsabé Niquía Bello



Fuente: elaboración propia



**Figura 37.** Consumos eléctricos colegio Betsabé Niquía en kWh y \$\$\$ entre los años 2017-2019  
 Fuente: elaboración propia

### **3.5. Discusión de las condiciones energéticas municipio de Bello**

El análisis bibliométrico del capítulo 2 permitió determinar un panorama global de estado de desarrollo de las tecnologías en sostenibilidad energética alrededor del mundo, así mismo, proporcionó un panorama del consumo energético en las grandes ciudades con relación a la demanda energética. En el mismo sentido, el estudio de la literatura permitió establecer que el consumo de energía va en aumento exponencial a causa del crecimiento poblacional, que año tras año revela datos numéricos de mayor impacto en el planeta, convirtiendo la sostenibilidad en una prioridad que demanda, en atención a la problemática, la implementación de alternativas de sostenibilidad energética que minimicen el impacto ambiental, generen mayores recursos y sostengan sistemas eléctricos de gran envergadura a causa de los equipos electrónicos que operan 24/7 durante los 356 días del año en las entidades, además, de los millones de hogares que existen en todo el mundo.

Pereira (2015) expone que la eficiencia energética de las entidades enfatiza en el menor impacto ambiental y el uso racional de la energía de acuerdo con las necesidades de los procesos industriales, permitiendo aprovechar de manera adecuada la eficiencia energética. El mencionado autor plantea que incluir en los proyectos el uso de energías limpias que ayuden a reducir significativamente los consumos a través de buenas prácticas, entre ellas, el uso eficiente de los combustibles, la implementación de alternativas de sostenibilidad energética y diseños de ingeniería eléctrica para la distribución de cargas en un sistema.

La eficiencia energética debe trazar ciclos que permitan establecer panoramas de acuerdo con las necesidades en el desarrollo de productos y servicios en una línea de tiempo, como la consolidación de un grupo específico de trabajo que constantemente verifique el estado de la eficiencia a través de indicadores y traces metas para alcanzar objetivos que impacten las necesidades actuales. Para el referido proceso es necesario desarrollar marcas

reguladoras que propicien medidas de eficiencia energética, es decir, establecer la eficiencia como una necesidad a partir de una política cuya observación sea de estricto cumplimiento. El equipo debe gozar de una certificación y libertad en las actividades desarrolladas para tener este indicativo como prioridad en los procesos de innovación y desarrollo (OEA, 2015).

Así mismo, la OEA (2015) propone mejorar las practicas a nivel local, estatal y nacional de las entidades públicas y privadas estableciendo diseños y programas de ejecución para mejorar las condiciones energéticas a través de un uso adecuado. Así mismo se propone la adopción de sistemas electrónicos que minimicen los gastos, interconexión de alternativas tecnológicas que se integren en los sistemas eléctricos en torno a la creación de capacidades técnicas, y de acuerdo con las normas actuales, acoplados al modelo de negocio de las entidades, además, que al interior de esta existan campañas de sensibilización en pro de mejorar eficiencias y conservación de la energía.

De manera global, la energía es un elemento clave para el progreso de las entidades a nivel económico, político y social que involucra procesos y servicios en un contexto nacional e internacional. Involucra además temáticas que giran alrededor de las alternativas energéticas –como alternativas claves para la conservación de la vida en el planeta– y la constante exponencial de tener más población año tras año, lo que implica aumentar los consumos reflejados en el deterioro constante que sufre el mundo (Cubillos & Estenssoro, 2011).

Bello es un municipio que se encuentra ubicado en el norte del Valle de Aburrá en el departamento de Antioquia, Colombia. Cuenta con entidades públicas y privadas en diferentes sectores como el textil, agrario, tecnológico, financiero, transporte, salud, alimentos, constructor y pequeñas entidades de distribución de productos asociados al sector farmacéutico. Para esta tesis de investigación se visitaron cinco entidades de carácter público y/o privado: 3 de ellas colegios representativos para la región y 2 entidades fuertes en la industria tecnológica y el sector de alimentos. Dentro de las políticas administrativas, solo dos de ellas incorporan indicadores de energía para establecer las condiciones actuales

e impactar positivamente en los gastos mensuales que la entidad asume por el consumo energético.

Mitsubishi tiene un indicador de consumo de energía mes a mes para determinar la productividad y calidad de los equipos de la planta, es decir, existe un análisis interno para determinar las condiciones en las que opera un equipo y que tanto influye en los gastos mensuales. Sin embargo, no se tiene controladores de energía que le permitan establecer, con mayor precisión, gasto energético de manera sectorizada, lo que ha llevado a la empresa a implementar mejoras en la instalación medidores eléctricos en ciertas zonas de la compañía y validar los consumos. En este sentido, el gerente Mauricio Velázquez indica que «si una máquina no está en producción, debe reflejarse en el gasto energético mensual», no obstante, si se detalla la figura 36 no es claro determinar este tipo de eventos. En este sentido, la empresa tiene un gasto promedio de 70.303 kWh mensual, lo que representa un costo promedio mensual de \$35'864.613 en pesos colombianos, valor que representa una suma alta de dinero en expensas por gasto energético. Así mismo ocurre en el Mercados y carnes OR, que se cataloga como una entidad prestadora de servicios en el sector alimentos y sus gastos energéticos son constantes y elevados. Esta situación se debe a la cantidad de elementos eléctricos necesarios para conservar el estado de los alimentos, aunado a que se asienta en un lugar muy amplio que necesita iluminación durante su operación. El gasto mensual para Mercados y carnes OR oscila entre los 43.459 kWh promedio, que representan \$26'514.006 pesos colombianos.

Sobre el gasto promedio de las entidades, el mayor consumo lo realiza el Mega Colegio – JEGA– tanto por su tamaño y como por los múltiples servicios que presta: dos jornadas académicas –mañana y tarde–, jornada nocturna –validación del bachillerato –, eventos políticos, proyectos culturales de la institución y el municipio. Los consumos energéticos varían de acuerdo con el estado en el que se encuentre la entidad, por ejemplo, se tiene presente las épocas de vacaciones en junio y final de año, así también la semana de receso de abril –semana santa– y en octubre.

Es pertinente mencionar que las entidades privadas que prestan servicios de salud en el municipio de Bello reportan, en el 2019, gastos mensuales promedio de 112.640 kWh que equivale a una expensa mensual entre \$60'536.080 y \$71'603.845 pesos colombianos. Por seguridad y protección de datos, esta tesis de investigación no puede revelar el nombre de las entidades de salud debido a autorización limitada a la divulgación del dato promedio de consumo en kWh y pesos colombianos.

Para concluir, el gasto energético mensual de las entidades está muy relacionado con los equipos y sistemas integrados para suplir una necesidad, por ejemplo, para los colegios es fundamental tener al menos dos salas de cómputo y una de bilingüismo que mejore las prácticas educativas; para el Mercados y carnes OR es fundamental tener equipos que conserven los alimentos y le permitan comodidad a los usuarios; y Mitsubishi requiere de etapas industriales para probar e instalar los equipos desarrollados. Las condiciones energéticas de las entidades dependen de su funcionalidad y el propósito que se tenga frente al mercado actual.

### **3.6. Conclusiones capítulo III**

La Generación de energías renovables en el municipio de Bello deberá impactar positivamente en marco institucional de las entidades a partir de los planes de ordenamiento territorial y desarrollo municipal, y con ello beneficiando la población, mejorando las condiciones de medio ambiente y de acceso a los servicios públicos de manera viable, con reducción en los gastos mensuales, contribuyendo a disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> y con la integración de sistemas de generación de energía eléctrica no centralizados.

Algunas de las entidades estudiadas en este apartado (colegios) deberán analizar desde la institucionalidad la posibilidad de mejorar los sistemas eléctricos, resaltando un adecuado uso de la norma RETIE en la seguridad de los componentes y sistemas actuales, por lo que,

permitirá a mediano plazo integrar otro tipo de tecnologías delimitando la parte financiera en el momento de integrar componentes que le aporten a la sostenibilidad energética desde diferentes puntos en innovación y desarrollo.

Plantear una propuesta investigativa que favorezca el mejor uso de los recursos naturales por parte de las cinco entidades públicas y privadas del municipio de Bello carece de un marco común sobre las variables que se relacionan la ejecución de proyectos en esta línea, debido a que el enfoque es lineal y secuencial, dificultando la comprensión de acuerdo con la región.

## **4. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA**

### **4.1. Introducción**

En el capítulo 3 se presentaron las condiciones energéticas de las cinco entidades públicas y privadas analizadas, resaltando características en los sistemas eléctricos, entre ellas las condiciones de las cinco entidades, las variables representativas de una red eléctrica, condiciones de conectividad y la distribución de cargas. En este sentido, se identificó que las cinco organizaciones requieren incorporar, dentro de sus objetivos institucionales, políticas que promuevan el uso de energías renovables a partir de recursos tecnológicos con el fin de fomentar el desarrollo sostenible del territorio.

La eficiencia energética y la sostenibilidad pasan a ser un reto encaminado hacia un objetivo común: la preservación del medio ambiente (Singh et al., 2017). Colombia no es ajeno a la problemática, y el municipio de Bello representa una solución tecnológica para incentivar a todas las regiones a adoptar tendencias investigativas y ejecución de proyectos energéticos dadas las condiciones geográficas del país y de zonas muy particulares.

Dada la importancia de esta problemática, en los últimos años se han presentado metodologías adaptables a los recursos financieros de los países en desarrollo, esto con la idea de reducir los impactos negativos en el planeta causados por el hombre y la industrialización (Prias & Montaña, 2014). Las herramientas aplicadas al sector energético buscan promover la sostenibilidad y la reducción de emisiones de gases, minimizando el impacto de las energías convencionales –fósiles– con la implementación de fuentes y sistemas renovables –solar, eólica, biomasas, entre otras– (Carfora & Scandurra, 2019).

## **4.2. Modelos de innovación**

Diversos actores –entidades, centros de investigación, universidades, escuelas– hablan del cambio climático que se vienen presentando como una realidad por la cual se deben emprender acciones para contrarrestar los efectos negativos que se evidencian en el planeta. Son pocas entidades públicas y privadas emplean sistemas que integren alternativas de sostenibilidad energéticas en sus procesos de desarrollo y producción (Corredor, 2018). En este escenario, se ha buscado identificar cuáles son los factores claves que impactan en un proceso de innovación al interior de una entidad, encontrando tres aspectos fundamentales. Primero, el contexto tecnológico, que involucra el análisis del entorno y las posibles tecnologías que cumplan con propósitos favorables –economía, rentabilidad, recursividad y eficiencia– al interior de la organización teniendo en cuenta un conjunto determinado de adaptaciones existentes en un contexto determinado. Segundo, el contexto organizacional, el cual procura una descripción del proyecto tales como el alcance y estructura de la gestión. Y por último, el contexto de entorno, que tiene en cuenta el escenario sobre el cual se entreteje o se ejecuta el negocio siendo factores importantes los competidores, relaciones con el gobierno y la industria (Cortés, 2017).

A pesar de la existencia de numerosos modelos que intentan explicar los procesos de innovación, para el sector energético y para el presente trabajo investigativo, se contextualizan cuatro modelos que integran de manera adecuada la complejidad de incorporar las alternativas de sostenibilidad energética en el mundo. Adicionalmente, la conexión que se tiene con el contexto investigativo-científico y la viabilidad de implementarlo en los proyectos que se proponen a nivel de países.

### **4.2.1. Teoría de la difusión de innovaciones (TDI)**

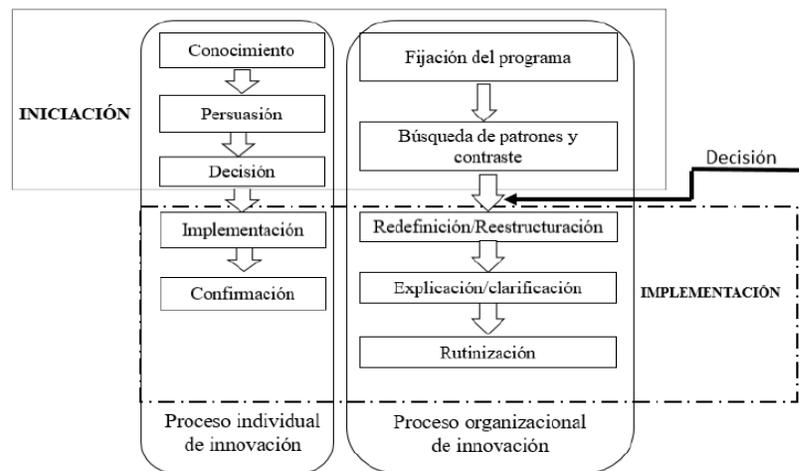
Rogers (1983) plantea la teoría de difusión de innovaciones –TDI– que empleada para ayudar a las entidades en la adopción tecnológica de acuerdo con las necesidades que se

tienen al interior de una empresa, involucrando directamente las normativas de evaluación, adopción, rechazo o implementación tecnológica de un producto y/o servicios. Así mismo, afirma que la difusión de la innovación se relaciona en cinco conceptos generales:

- El primero se le conoce como ventaja relativa, en donde el individuo u organización detecta el uso de la innovación y en donde se presentará una posible aplicación.
- El segundo, el concepto conocido como compatibilidad, donde se hacen ajustes del producto innovador y a las rutinas que va a desempeñar.
- El tercer concepto es la complejidad de la innovación.
- El cuarto concepto, la observabilidad de los resultados de la innovación y el impacto que tiene.
- El quinto concepto se refiere a la facilidad del producto de acuerdo con la prueba de aceptación y el uso final.

La teoría de Rogers (1983) ha ayudado a un uso más eficiente de las tecnologías, la cual implica tener un amplio conocimiento en el campo de gestión e innovación para la construcción de bases –teorías y prácticas–, permitiendo asimilar procesos científicos que se relacionen directamente con problemas en los campos de la información y la comunicación.

La TDI empleada para pronosticar patrones de adopción, es una teoría construida con base en la comunicación organizacional y el comportamiento social. La proyección de este modelo se orienta a motivar los comportamientos de aceptación tecnológica, tanto a nivel individual como en el global, con el objeto de generar un impacto positivo en una organización. Para ello, se deben readaptar los niveles administrativos o similares de una corporación para potencializar los mercados innovadores que dan gran influencia en el correcto y adecuado uso de las tecnologías existentes (Cortés, 2017). Por último, Rogers (1983) define que existe un medio de comunicación que perdura por un determinado periodo de tiempo entre los miembros de un sistema regional con la idea de adoptar, aceptar y utilizar la innovación que se presente, como se observa en la figura 38.



**Figura 38.** teoría de difusión de innovaciones  
 Fuente: Adaptado de (Rogers, 1995)

#### 4.2.2. Marco de Tecnología-Organización y entorno (TOE)

Durante los últimos 10 años, la transformación tecnológica ha venido proporcionando herramientas de desarrollo que han impactado de manera contundente en la industrialización y la manera de ejecutar proyectos de innovación en todo el mundo, resaltando los aspectos más relevantes, tales como los modelos de negocio, las tendencias en investigación, la era digital, la automatización de procesos y la mejora en tecnologías de acuerdo a los productos y servicios disponibles en el entorno (Briggs & Buchholz, 2019).

El marco de tecnología-organización y entorno, modelo conocido como *Technology-Organization-Environment* –TOE– proporciona un soporte útil para la adopción de distintos tipos de innovación. Tiene una relación directa con el modelo la teoría de difusión (Rogers, 1995). Se compone de factores que relacionan las características de un individuo y las características internas o externas de una entidad y son catalogados como motores de procesos de innovación. El TDI involucra dos de los tres factores del TOE dentro de un contexto tecnológico, organizacional y ambiental. Así mismo, el modelo implica mejores condiciones al momento de difundir un proceso de innovación al interior de una organización (Pei-Fang Hsu, Kenneth & Dunkle , 2006) como se aprecia en la figura 39.

La transformación digital y los proyectos de innovación prometen soluciones en función de cada una de las necesidades de las empresas, así mismo, y de manera creciente, las tecnologías se transforman de acuerdo con las características identificadas en un territorio, garantizando así un eje transversal con soportes y regulaciones de acuerdo con la investigación y la ejecución (Briggs & Buchholz, 2019), por otro lado, es relevante involucrar procesos tecnológicos que garanticen la adopción de tecnologías en función de la disponibilidad, la utilidad, el entorno y las organizaciones (Käki, Kemppainen, & Liesiö, 2019).

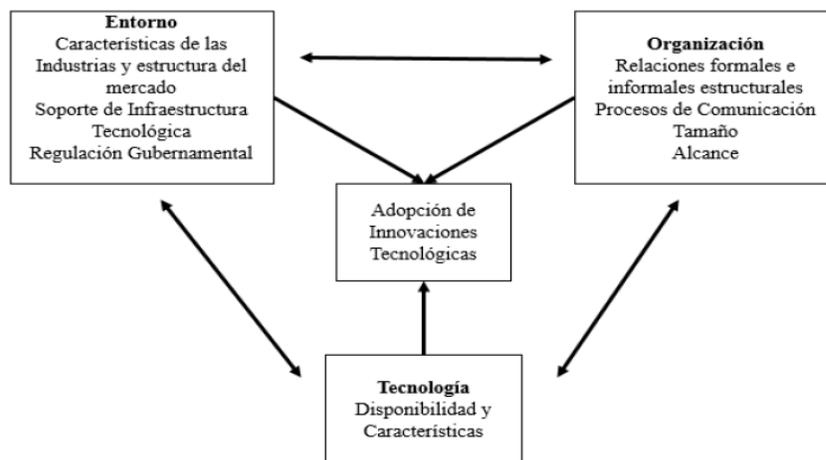


Figura 39. El Modelo Tecnología-Organización-Entorno (TOE)

Fuente: Adaptado de (Tornatzky & Klein, 1982)

### 4.2.3. Nivel de maduración (TRL)

La metodología *Technology Readiness Levels* –TRL– describe la importancia de un proceso y brinda soportes necesarios para determinar la condición actual de una tecnología, evaluando su desempeño en cada una de las etapas del proceso, permitiendo evidenciar la viabilidad de conformidad a la investigación disponible, los desarrollos ejecutados y el grado de innovación que se tenga (J. Wang, Liu, Chen, & Tang, 2016). Así mismo, es aplicable a actividades asociadas a los proyectos, verificando cada uno de los estados en atención a la disponibilidad de recursos financieros, técnicos, ambientales y sociales, al igual que la disponibilidad de los recursos técnicos, garantizando con ello una adecuada ejecución y

verificación de la adaptabilidad de los procesos a las necesidades planteadas por cada una de las entidades públicas y privadas de acuerdo con la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación del producto o servicio ejecutado (Colciencias, 2018).

La tabla 15 representa la herramienta TRL en cada una de sus fases, describiendo a detalle cada uno de los pasos que se deben ejecutar a la hora de evaluar una tecnología, especialmente cuando las entidades buscan innovar en los territorios de acuerdo con las políticas públicas que se tengan en cada país con relación con proyectos tecnológicos de gran envergadura (Motoa & Gerardo, 2016).

**Tabla 15.** Herramienta TRL

<b>Nivel</b>	<b>Descripción</b>
<b>TRL 1</b>	Principios básicos, observación y reportes
<b>TRL 2</b>	Conceptos de la tecnología, formulación de aplicaciones
<b>TRL 3</b>	Prueba experimental, transición de un artículo a un desarrollo
<b>TRL 4</b>	Validación de componentes, pruebas de laboratorio
<b>TRL 5</b>	Integración de componentes tecnológicos
<b>TRL 6</b>	Demostración de la tecnología en entornos pertinentes
<b>TRL 7</b>	Demostración de la tecnología en entornos reales,
<b>TRL 8</b>	Desarrollo completo y certificable
<b>TRL 9</b>	Despliegue del desarrollo, tecnología operable.

**Fuente:** Adaptado de (Hirshorn & Jefferies, 2016)

Dada esta variedad de modelos de innovación, es de interés conocer las tecnologías que se adaptan a estos procesos y que impulsan el desarrollo en todo el mundo, así también el reconocer la necesidad de acoplarse a cualquier tipo de organización a partir de sus características y aportes a la ciencia en un contexto investigativo (Ferreira & Petit-Torres, 2017). A continuación, se detalla la temática de energías renovables a partir de alternativas tecnológicas en sostenibilidad energética.

### 4.3. Alternativas en sostenibilidad energética

La eficiencia energética y el uso de tecnologías tiene gran relevancia en países con alto desarrollo, resaltando cada uno de los procesos que se tienen a nivel social, económico y ambiental (Chávez, Martini, & Discoli, 2019), sin embargo, cabe señalar la importancia de incluir este tipo de procesos en los países con menor grado de desarrollo, diferenciando aspectos de estructura, crecimiento, recursos y metodologías que respondan a cada una de las necesidades identificadas en los territorios.

En este sentido, Benedicto (2017) plantea la posibilidad de alcanzar, desde el interior de un país u organización, metodologías que conecten procesos científicos e investigativos en pro de proyectos de sostenibilidad de acuerdo con criterios y subcriterios de selección en el sector energético, resaltando cada una de las necesidades propias a partir de productos, procesos y servicios al interior de la entidad, además, que faciliten el desarrollo de acuerdo con las condiciones que se presenten en el marco de los proyectos.

Por otra parte, Investigaciones científicas resaltan la importancia de incluir en los procesos institucionales elementos que impacten el medio ambiente, que minimicen efectos climáticos y apoyen desarrollos colectivos para promover fuentes energéticas hacia la sostenibilidad (Silva, Calijuri, Sales, Souza, & Lopes, 2014). Así, se puede afirmar de acuerdo con Shiva-Prasad (2010), que la energía se ha convertido en un factor clave para la supervivencia humana y progreso social, por lo que contribuir desde procesos científicos y tecnológicos en la conservación del planeta se ha convertido en un desafío apremiante para el mundo, especialmente, el gremio científico (Ozgul et al., 2017).

Desde lo anterior y de acuerdo con un mapeo científico se identificaron las características más importantes en el uso del análisis jerárquico –AHP– y el nivel de madurez de tecnologías –TRL– para la implementación de las tecnologías en relación con sostenibilidad energética con soporte metodológico desde TDI y TOE. Ha de tenerse que, debido a que la investigación se centra en explorar las diferentes alternativas de sostenibilidad en el mundo, la búsqueda se centra en artículos que contengan las palabras –en inglés–

«*Technological alternatives*», «*Energy sustainability*», «*multicriteria*», «*analysis*», «*organization*» y «*TRL*» logrando extraer contenido científico basado en el modelamiento de tecnologías disponibles y las características para ser implementadas acorde a los modelos matemáticos disponibles y el nivel actual de desarrollo en temas de ingeniería.

Norris (2007) plantea la importancia de emplear bases de datos científicas confiables para tener acceso a información científica de manera segura en relación con los contenidos investigativos más importantes en el contexto de alternativas tecnológicas de sostenibilidad energética, es por ello que se eligió Scopus (Elsevier, 2019), la cual posee una estructura informática y una lógica booleana de gran tamaño, además, es reconocida la confiabilidad en las publicaciones indexadas.

Los estudios en análisis jerárquicos y nivel de maduración tienen aceptación en el ambiente académico. Cuentan con modelos matemáticos bien estructurados que permiten aplicarse en cada uno de los factores relacionados con una tecnología y el uso de acuerdo a sus necesidades (Mario et al., 2013), constituyendo los avances actuales en las áreas de la ingeniería, aportando a la calidad de los proyectos y al suministro de información útil para tomar decisiones y la aplicabilidad de acuerdo con la información seleccionada (Ovalles, 2018).

Luego de aplicar la ecuación, se procedió a realizar una clasificación de datos en el contexto de energías renovables para procesar la información de acuerdo con los niveles de madurez de las tecnologías actuales y las condiciones geográficas requeridas en para cada una de ellas. Se anota que se tuvieron como variables para la selección el costo financiero, la evolución y tendencias investigativas en temas relacionados directamente con sostenibilidad energética (Peralta et al., 2015). Posteriormente se detallará el concepto general de las energías renovables en el mundo a partir de una definición conceptual y de las particularidades de cada una de ellas, midiendo el nivel de maduración y la posibilidad de utilizarlas de acuerdo con las condiciones geográficas del territorio seleccionado.

#### **4.4. Nivel de maduración: alternativas energéticas sostenibles**

La matriz energética mundial marca una alta tendencia en el uso de combustibles fósiles – básicamente petróleo, carbón y gas– representando un reto mundial durante los próximos años debido al desgaste del planeta por el uso excesivo de estas energías. No obstante, se marca una tendencia sobre la necesidad de implementar alternativas sostenibles para lograr alcanzar los índices de producción en los países que resaltan un constante crecimiento exponencial de la población y de la industria (Bourcet, 2020).

Argentina, por ejemplo, señala un periodo crítico al haber perdido autonomía en la producción de combustibles fósiles. Desde el 2010, las importaciones de esos combustibles superaron las exportaciones, lo que implicaba estructurar el negocio y ejecutarlo, no solo para energías convencionales, sino también energías alternas que permitieran alcanzar los picos de demanda y estabilizasen la economía del país. Para el año 2016, Argentina logró importar unos \$9.200 millones de dólares en energía y estimaba que, para el año 2017, lograría alcanzar los 13.000 millones de dólares marcando una creciente para la década ya que es un tema que se torna de gran impacto y sobre todo de gran economía para la representación de un país (Villalonga, 2016). A continuación, se plantea el nivel de madurez de cada una de las tecnologías energéticas actuales.

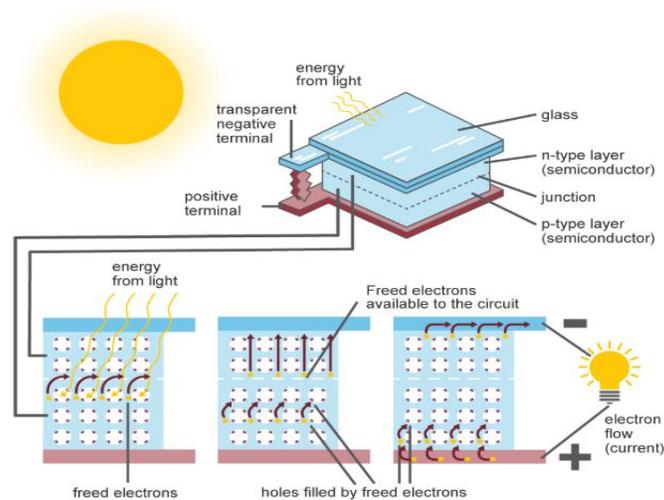
La energía eléctrica es un fenómeno físico que mueve al mundo, permite que las personas y entidades disponer de recursos prácticos para la prestación de servicios determinados. La energía solar es una alternativa tecnológica que minimiza el uso de combustibles fósiles, reduciendo significativamente la emisión del CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, así mismo, esta tecnología genera corriente continua a través de semiconductores cuando estos son alcanzados por los haz de luz del sol (Alonso et al., 2007). La tecnología solar en la actualidad, cumple con los 9 estados del TRL: posee una investigación científica básica que se funda en los conceptos de ingeniería; tiene formulación en la aplicabilidad del concepto matemático, pruebas experimentales, la validación de componentes a nivel mundial, validación y demostración de sistemas; prototipos a escalas macro y micro; demostraciones

ambientales; y sistemas operativos en plantas solares en el mundo, como es el caso de la gran muralla solar en China que cubre alrededor de 1200 km<sup>2</sup> y está ubicada en el desierto de Tengger (Colciencias, 2016).

La energía solar fotovoltaica es una tecnología relativamente joven, pues con ella, en 1995, se producían alrededor de 1 TWh en el mundo, pero el crecimiento acumulado anual promedio de la capacidad de energía ha sido sustancial, yendo de aproximadamente el 22% en la década de 1990, hasta el 150% en el año 2019 (EIA, 2019).

En sus inicios, en la década de los setenta, la relación precio/rendimiento de la energía solar la confinaban a satisfacer solo algunos segmentos pequeños del mercado como relojes, calculadoras y algunas aplicaciones de bajo rendimiento, pero con el avance tecnológico realizado en el sector, la tecnología basada en celdas solares se volvió atractiva para otros segmentos de mercado más grandes, y en especial, para aquellos con relación estrecha a las redes de alimentación eléctrica (Madsen & Hansen, 2019).

Sin embargo, la difusión a gran escala de la tecnología basada en células fotovoltaicas se ha visto obstaculizada por su baja eficiencia y elevado costo, aunque cabe señalar que la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos varía según el tipo de tecnología usada. Por ejemplo, la eficiencia con la que las células fotovoltaicas convierten la luz solar en electricidad varía según el tipo de material semiconductor y la tecnología de las propias celdas. Así, la eficiencia de los módulos fotovoltaicos disponibles comercialmente que promedió menos del 10% a mediados de la década de 1980, aumentó a alrededor del 15% en 2015, acercándose actualmente al 20% para los módulos de última generación. En el caso de los satélites espaciales, las celdas fotovoltaicas especializadas han logrado casi un 50% de eficiencia (EIA, 2019). En la figura 40 se ilustra un sistema de energía fotovoltaico.



**Figura 40.** Sistema de energía fotovoltaica

Fuente: U.S. Energy Information Administration (EIA, 2019)

Es evidente que, sobre el cambio climático, el uso de fuentes de energía más limpias será vital para la conservación de la vida en el planeta. Madsen (2019) afirma que la producción eléctrica en Europa con paneles solares ha aumentado considerablemente, representando valores que van desde 130 MW hasta los 110 GW de capacidad instalada, generando desarrollo económico, social, político y cultural en la comunidad europea, especialmente, en países como Alemania, Italia y España .

En otro orden de ideas, se resalta que la energía eólica produce mucha más electricidad que la energía fotovoltaica, pero está directamente relacionada con la geografía del planeta, es decir, sólo lugares con características en la velocidad de los vientos favorecen este recurso. El municipio de Bello, por ejemplo, es candidato para esta alternativa sostenible, a pesar de que se tiene bajas velocidades en los vientos se cuenta con estudios locales en la generación de energía eólica con generadores de baja velocidad (Agudelo, 2013), caso diferente para la energía solar, la cual es utilizable en la mayor parte del planeta incluyendo este territorio (Weather Spark, 2019).

En esta misma línea, Carcangiu (2020) plantea que las energías renovables han recibido mucha atención en el mundo debido a la alta eficiencia energética en el aprovechamiento de las condiciones naturales del planeta, como es el caso del movimiento del viento y

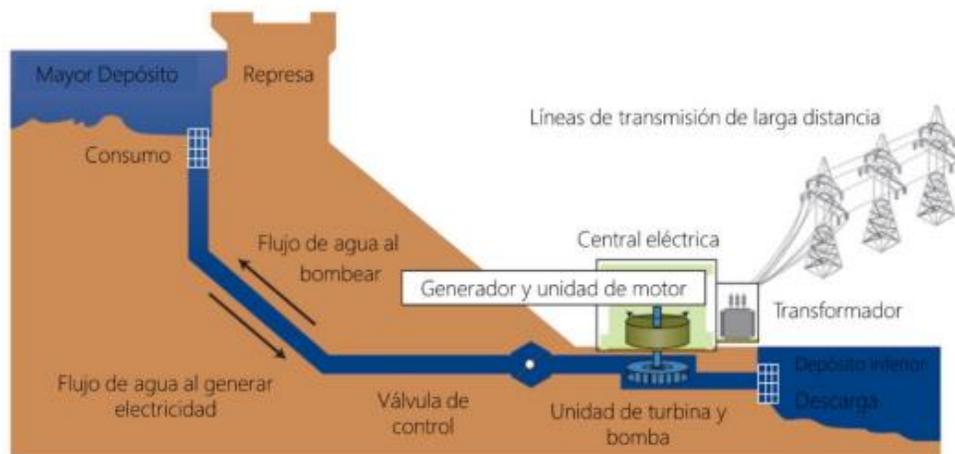
aplicabilidad de las leyes físicas de Newton para generar energía eléctrica a partir del movimiento (Bragado, 2003). Se anota que el proceso de almacenamiento de energía eólica tiene alto nivel de maduración, permitiendo optimizar el tiempo, aplicabilidad en la inversión, reducción de riesgo y un adecuado uso de la tecnología (G. Li, Liu, & Yang, 2012). El periódico de la Energía (2020) explica que el mundo se alcanzó la generación de 393 GW de energía eléctrica a partir de parques eólicos instalados en diferentes países, aumentando 16,8% anual en promedio y reduciendo los costos en un 58% en los últimos 5 años. Países como China, Estados Unidos, Alemania, India, España, Reino Unido entre otros poseen la capacidad geográfica para producir energía eléctrica a partir de turbinas eólicas instaladas, produciendo, por ejemplo, 124.710 MW para el caso de china y 67.870 MW para el caso de los Estados Unidos. La tabla 16 ilustra los sistemas de energía eólica más representativos en el mundo.

**Tabla 16.** Sistemas eólicos en el mundo

<p>Complejo Eólico Gansu. 7.965 MW. Gansu (China)</p> 	<p>Centro de Energía Eólica Alta. 1.547 MW. California (EE. UU.)</p> 	<p>Parque Eólico de Muppandal. 1.500 MW. Tamil Nadu (India)</p> 
<p>Parque Eólico Jaisalmer. 1.064 MW. Rajasthan (India)</p> 	<p>Parque Eólico Shepherds Flat. 845 MW. Oregón (EE. UU.)</p> 	<p>Centro de Energía Eólica Horse Hollow. 735,5 MW. Texas (EE. UU.)</p> 

Fuente: elaboración propia

La energía hidroeléctrica no es ajena a la dependencia de la disponibilidad del recurso en ciertas partes del mundo. Colombia, por ejemplo, tiene zonas donde este recurso está en abundancia y podría ser utilizable para mejorar la sostenibilidad energética en algunas zonas del país los servicios eléctricos de la población, sin embargo, para Colombia, este tipo de energías representa el 68% de la oferta energética, suministrando grandes cantidades para el servicio eléctrico que utilizan las viviendas y los procesos industriales (Osorio, 2015). Mitani (2020) plantea que los sistemas de energía hidráulica recolectan grandes cantidades de energía eléctrica a partir de pequeños, medianos y grandes generadores que se ubican a lo largo de los ríos. La figura 41 representa un esquema energético hidráulico, aclarando que, desde la ingeniería, se identifican problemas de estabilidad relacionando los fuertes impactos del agua que son el producto final para generar altas potencias (Jun, Jabbar, Song, & Hyun, 2016).



**Figura 41.** Sistema energético hidráulico  
Fuente: tomado de (enersinc, 2017)

Seguidamente, la figura 42 representa el funcionamiento de 28 plantas hidroeléctricas instaladas en Colombia, de las cuales 27 son consideradas centrales –suministran energía en lugares muy sectorizados– y 1 es considerada no central ya que se encuentra distante al resto de la demás. Adicionalmente, este tipo de energías cumple con las 9 fases de la metodología TRL debido a que los avances tecnológicos que se tienen y los beneficios que trae el aprovechar los recursos naturales, como es el moviente del agua en ríos y quebradas.

Cabe señalar que la capacidad neta asciende a 10.974 MW, mientras que el segundo grupo llega a 860,57 MW.

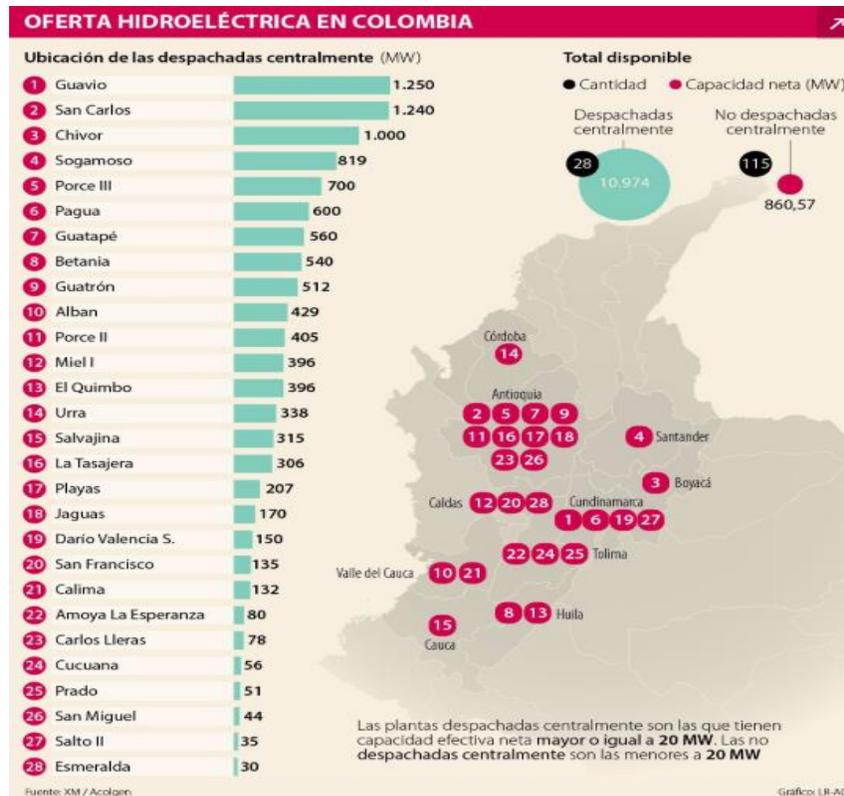


Figura 42. Oferta hidráulica en Colombia  
 Fuente: tomado de (Acolgen, 2020)

La figura 42 representa las plantas instaladas en Colombia. El departamento de Antioquia cuenta con 10 plantas hidroeléctricas que, sumadas las capacidades, generan 4.222 MW. El municipio de Bello, ubicado en este departamento, cuenta con una planta hidroeléctrica que, según Empresas Públicas de Medellín –EPM– (2019), hace parte del aprovechamiento múltiple del Río Grande, tiene una capacidad efectiva de 19 MW correspondientes a su primera etapa, la infraestructura física quedó habilitada para instalar otras dos unidades generadoras, para una capacidad total de 57 MW. Actualmente la central aprovecha una caída bruta de 420,5 metros y un caudal de 6,09 m<sup>3</sup>/s.

Es relevante mencionar que EPM cuenta con infraestructura para la generación de energía en las condiciones geográficas del departamento. Las centrales se encuentran ubicadas en

las subregiones del Norte, Nordeste, Oriente, Magdalena Medio, Suroeste y Occidente, además, hay centrales en el Valle de Aburrá –en Antioquia–. La prestadora del servicio cuenta también el parque eólico Jepírachi (donde se anuncia un posible cierre de la planta (Ardila, 2020)), construido en territorio del resguardo indígena Wayuu en departamento colombiano de La Guajira siendo el primero en su género en Colombia. EPM tiene como meta generar el 70% de la energía consumida en la nación y posibilitar el servicio a través de alternativas tecnológicas, sin embargo, para alcanzar la meta es necesaria evaluar todo tipo de opciones e integrar dentro de los objetivos empresariales la viabilidad de integrar alternativas de sostenibilidad energética (EPM, 2019).

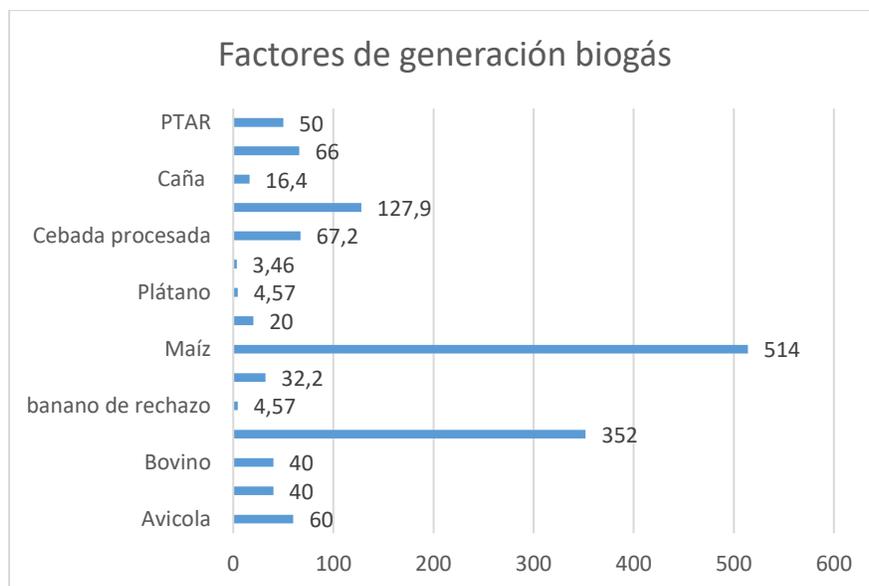
La energía biomasa y la energía biogás son consideradas potenciales en Colombia para impactar positivamente en el medio ambiente y lograr el beneficio de generar energía a través de componentes orgánicos que abundan en Colombia. Por otra parte, estudios revelan que Colombia es considerado –técnicamente– un buen candidato para explotar este tipo de energías renovables, pues alcanzó en promedio 149.436 TJ anuales de biomasa agrícola, pecuaria, agro y urbana, así mismo, alcanza el 26% en el balance energético colombiano siendo la vinaza de caña, avícola, palma de aceite y residuos, con un óptimo potencial de productividad, pero es de aclarar, que la industrial agraria consume alrededor de 71.771 TJ anuales (Rincón et al., 2018).

Rincon (2018) plantea que en la década de los setenta el precio del petróleo en los países árabes se incrementó considerablemente, por lo que las tecnologías en sostenibilidad energética comenzaron a tener un impacto mayor en la sociedad, pasando de ser solo modelos matemáticos a aplicaciones reales con patrones bien definidos en todo el mundo (Terjung, 1970). En este sentido, Kraemer (1970) resalta la importancia de encontrar tecnologías que tomen en consideración el equilibrio energético a través de los comportamientos físicos del planeta tales como el calentamiento global, absorción solar, temperaturas ambientes y la emisión atmosférica total. Es de mencionar que en esa época también iniciaron los ejercicios de modelación de la demanda de mercado, buscando

vincular económicamente el precio del petróleo con el crecimiento de la demanda (Adams & Griffin, 1972).

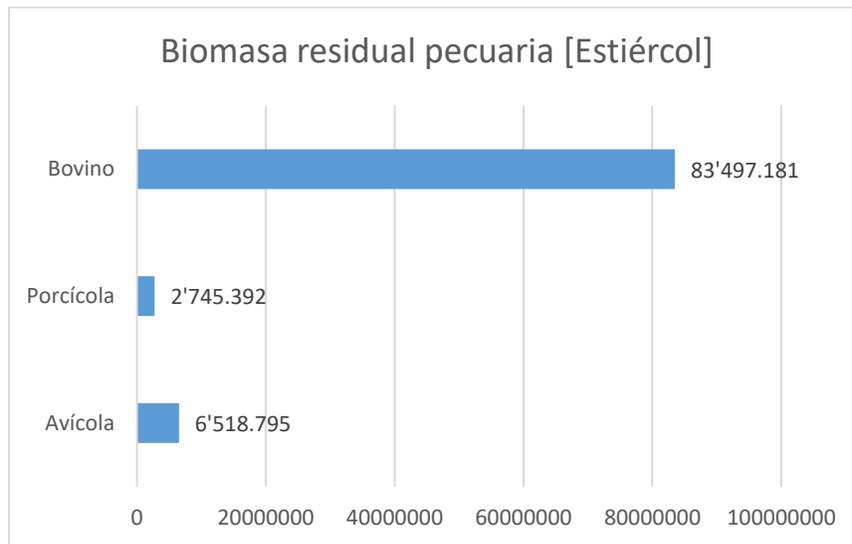
Colombia, a partir de la Ley 1715 del 2014, promueve el uso de alternativas energéticas para mejorar la sostenibilidad a nivel territorial. Universidades como la de Santander, Nacional, Antioquia y Atlántico han visualizado proyectos en biomasa para impactar sectores y potencializar nuevas formas de generar energía (Rincón et al., 2018). En las siguientes figuras se ilustra las maneras cómo se genera energías en biogás y biomasa.

La figura 43 representa los productos más importantes de la región: el avícola, porcino, bovino, arroz, maíz, palma de aceite y RSUO, los cuales se miden en metro cubico sobre tonelada –  $m^3/t$  –. Por otra parte, el banano de rechazo, café y plátano en Libras sobre kilogramos –  $L/kg$  –, y finalmente los demás en Mega Joules sobre kilogramos [MJ/kg].



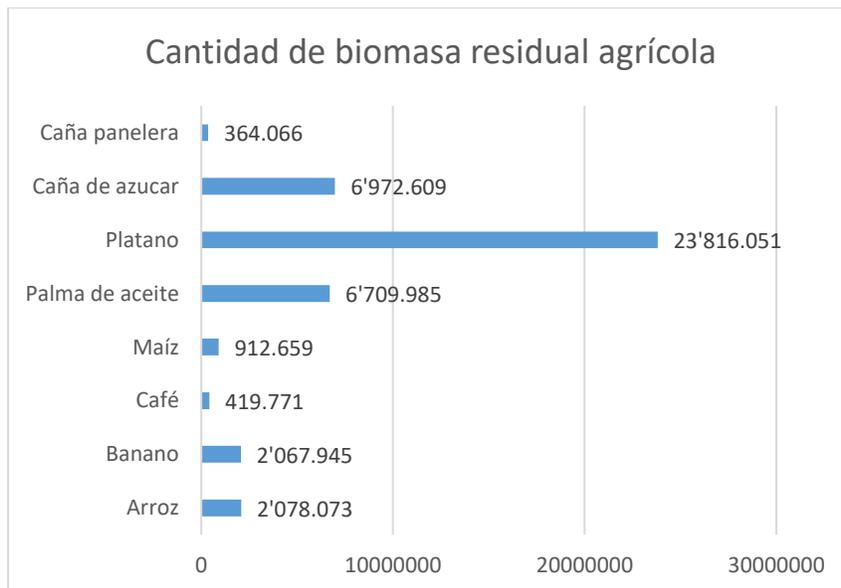
**Figura 43.** Factores de generación biogás  
Fuente: elaboración propia basado en (Rincón et al., 2018)

La figura 44 representa la biomasa residual pecuaria que, en síntesis, son los animales que permanecen en los establos después de vivir una temporada en el campo, además, cuya alimentación consiste en leche y pasto bien conservado. Su unidad de medición es en tonelada por año.



**Figura 44.** Factores de generación biomasa residual pecuaria  
**Fuente:** elaboración propia basado en (Rincón et al., 2018)

La figura 45 representa la biomasa residual agrícola, siendo la caña, el plátano, el maíz, el banano, el arroz, y la palma de aceite los productos más representativos para la generación de energía de biomasa. Los residuos son paja, fruto rechazado, pulpa, mucilago, caña y bagazo, entre otros. Se representa en toneladas por año.



**Figura 45.** Factores de generación biomasa residual agrícola  
**Fuente:** elaboración propia basado en (Rincón et al., 2018)

La captura del dióxido de carbono es todo un desafío para el cambio climático mundial, abordando temáticas que impactan las energías fósiles. En este sentido, Thomas (2018) propone potencializar los hallazgos en el uso de energías de biogás y biomasa a partir de combustiones adaptadas físicamente para proveer servicios a nivel industrial y apoyar significativamente los sistemas de energía bajos en CO<sub>2</sub>. Para Colombia, esta tecnología está en la fase 4 de la metodología TRL, debido al poco impacto que tiene y el poco uso que se le da a estos recursos naturales (Adánéz et al., 2018).

La energía del mar representa un acoplamiento de sistemas novedosos que se adaptan a los océanos, y mediante el movimiento del agua generan energía de manera renovable para suministrar electricidad a ciudades cercanas (Hwang & Kiung, 2020). Colombia por su parte, posee alto potencial en generar este tipo de energías, aprovechando la física del movimiento constante de las olas que genera energía cinética con variación en la temperatura de las aguas. Adicionalmente, la ósmosis, que se produce cuando la sal y el agua dulce se encuentran, parece prometedora (El Heraldó, 2019).

Un ejemplo de generación de energía eléctrica a partir de las olas es la Planta Mareomotriz del Río Rance, en el noroeste de Francia. En ella se muestra el potencial de generar energía obtenida a partir de la fuerza de las mareas, las corrientes del océano y las diferencias de temperatura, no obstante, es un sistema que todavía no se explota suficientemente. Cabe señalar que fue inaugurada en año de 1966 en la localidad de La Richardais por el expresidente Charles de Gaulle. Esta planta produce unos 500 GWh de electricidad al año, suficiente para abastecer a 250.000 de los 30 millones de hogares de Francia, es decir, un 0,83% de la población (Bosch, 2019).

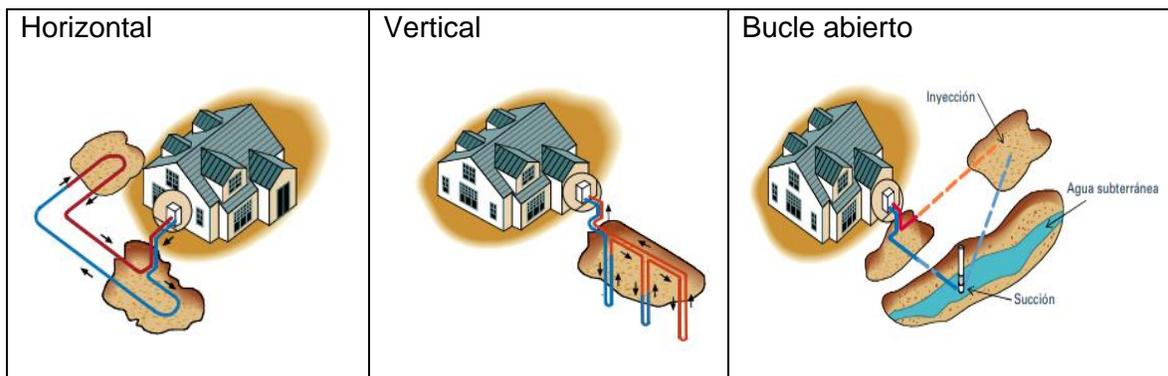
La marítima es un tipo de energía renovable que en Colombia no es explotado adecuadamente. Pese a ser una alternativa viable, no logra despegar aunque se espera que, para el 2030 haya crecido al menos en un 24% en el uso del recurso a nivel mundial y Colombia –por tener capacidades costeras– aproveche los océanos disponibles para brindar energía a las regiones menos desarrolladas como el departamento del Chocó, territorio que cuenta con gran zona oceánica pero padece problemas en la cobertura de energía eléctrica

en gran parte de la región (Jiménez-garcía, Restrepo-franco, & Mulcúe-Nieto, 2019). El nivel de maduración de esta tecnología en Colombia no supera la fase 3 de la metodología TRL (Colciencias, 2016).

La energía geotérmica es aquella que se almacena en forma de calor bajo la superficie de la tierra, lo que implica que entre más profundo esté con respecto a la superficie de la tierra, más calor se almacena. Los recursos geotérmicos están validados para cuatro operaciones que representan temperaturas y usos potenciales. Por ejemplo, para temperaturas menores de 30°C, se emplea para la climatización de una bomba geotérmica; por otro lado, para temperaturas que oscilan entre 30°C y 100°C se valida el uso térmico directo en procesos industriales y climatizaciones; para temperaturas entre 100°C y 150°C, generan energía eléctrica y validan procesos industriales de gran impacto; y finalmente, para temperaturas mayores a los 150°C se tiene exclusividad para generar energía eléctrica (Geoplant, 2005).

La tabla 17 representa una bomba de calor geotérmica la cual permite intercambiar energía de manera vertical, horizontal y de bucle abierto, aprovechando las condiciones térmicas de la tierra para transportar calor en forma de espiral y beneficiarse de los componentes naturales que ofrece este tipo de implementaciones.

**Tabla 17.** Bomba de calor geotérmica



Fuente: elaboración propia basado en (Geoplant, 2005)

El horizontal, con una profundidad entre 1,2 y 2 metros, es adecuada para climatizar zonas urbanas en zonas amplias, pues una configuración en espiral permite el mejor intercambio de energía; el vertical requiere de profundidades entre 80 y 120 metros y no es indispensable disponer de zonas amplias; y el bucle abierto requiere la existencia de aguas profundas para ejecutar extracción e inyección de aguas y generar energía limpia (Geoplant, 2005).

La energía geotérmica se considera atractiva y de naturaleza ecológica. Olabi (2020) plantea que explotar este recurso es sencillo, y sus efectos negativos contra el medio ambiente son casi imperceptibles debido a que la extracción de la energía es bastante modesta en comparación con la extracción que se observa en los pozos petroleros. Siguiendo el mismo planteamiento, se expone la posibilidad de integrar diferentes tipos de energías renovables, –conocidos en el contexto de la ingeniería como sistemas híbridos– capaces de involucrar soluciones que integren paneles solares, sistemas de calefacción y enfriamiento para poder alcanzar una sostenibilidad del 100% en adecuaciones prácticas de energía (Olabi et al., 2020).

Ahora bien, Kljajić (2020) explica que la energía geotérmica superficial podría contribuir a los sistemas eléctricos y desacelerar el desgaste del planeta por la quema de fósiles comunes, generando cambios estructurales y adaptando nuevas formas de aportar energía a los procesos industriales, mejorando la productividad en los servicios e impactando las economías que trasciendan en formas ascendentes, además, de contribuir potencialmente al medio ambiente para la conservación de la en el mundo.

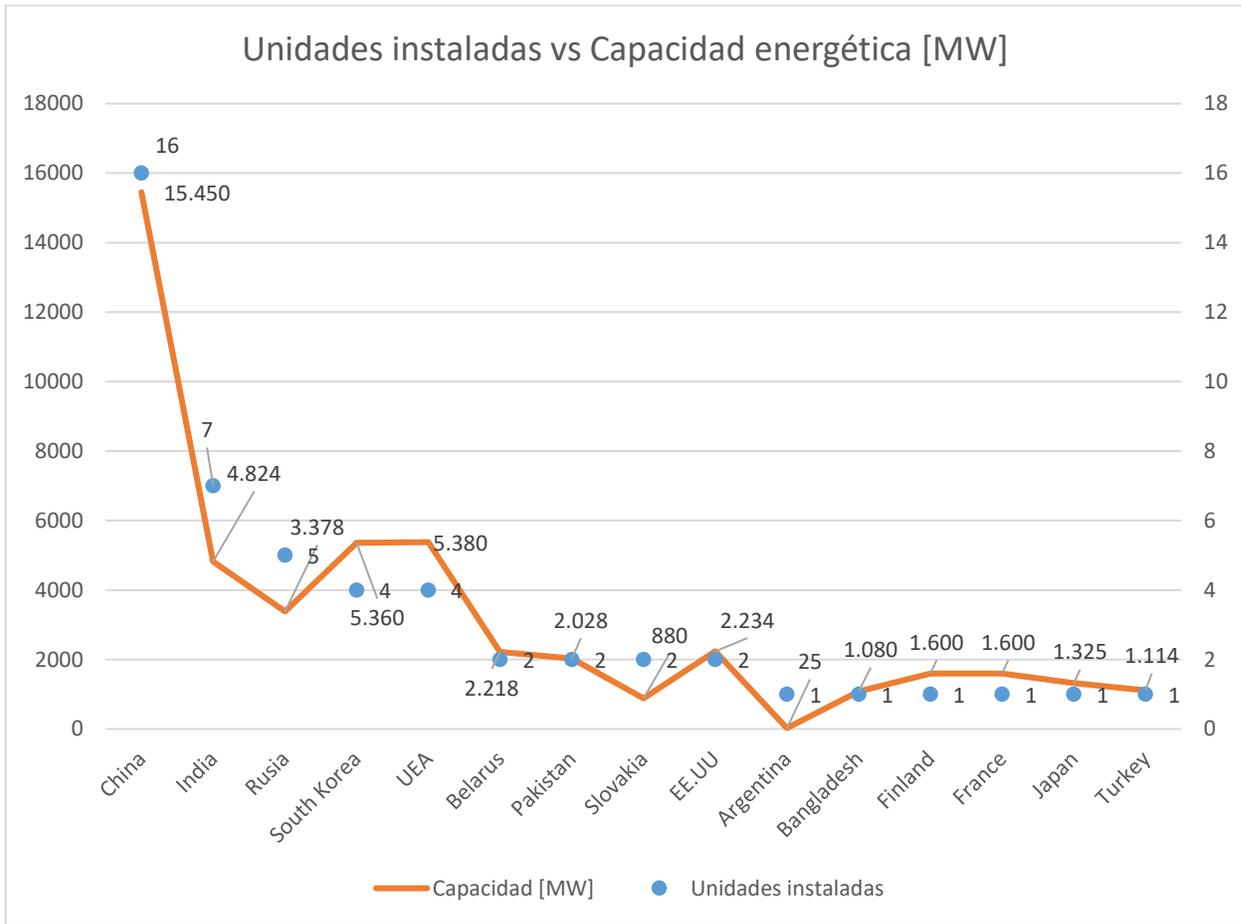
Para Colombia, la energía geotérmica cumple con las nueve etapas de la metodología TRL, sin embargo, es una energía renovable no muy explotada, a pesar de que el país cuenta con recursos sobre las cordilleras centrales, el nevado del Ruiz, el volcán Azufral –ubicado al sur del país–, el volcán del Nevado de Santa Isabel en la cordillera central, la región de Boyacá –provincia de Tundama– y zonas aledañas, las cuales son potenciales candidatas para explotar este recurso. Ha de tenerse en cuenta que, para generar energía geotérmica en Colombia, es indispensable identificar fuentes de calor, aguas subterráneas que lo

transporten, rocas permeables que permitan la circulación y una roca impermeable que no deje fugar el agua (Arias & Acevedo, 2017).

Por último, la energía nuclear es otra alternativa de sostenibilidad energética. Actualmente existen 446 reactores que producen el 11,5% de la demanda mundial, y para finales del 2018, países como China, India, Rusia, Corea del sur, Finlandia y Francia contaban con 58 reactores más en construcción. En Colombia se cuenta con un solo reactor nuclear donado por los Estados Unidos en el año de 1965, cuyo funcionamiento no ha sido permanente: en el año de 1998 el reactor fue apagado, pero por los elevados costos se decidió reabrirlo en el año 2005 (Torres & Muhamad, 2019).

La tecnología nuclear es costosa. Wang (2020) propone un diseño de baterías de carga directa que cumple especificaciones del sector aeroespacial y oceánica, además, la aplicabilidad se limita en la conversión de eficiencia energética que solo alcanza entre un 10% y 20% de efectividad, lo cual indica que solo países con grandes capitales pueden invertir en estas tecnologías. Cabe también resaltar que la tecnología cumple con el nivel de maduración TRL, pero no cualquier actor puede invertir en este tipo de tecnologías.

La figura 46 representa las plantas nucleares instaladas y funcionales con mayor producción en el mundo para julio del 2018, contando China con 16 reactores instalados y una producción promedio de 15.450 MW; seguido de India con 7 unidades instaladas y una producción promedio de 4.824 MW; y Rusia con 5 unidades instaladas y una producción promedio de 3.378 MW, La actividad nuclear cuenta con operabilidad desde los años 2009, 2004 y 2007 respectivamente. De forma complementaria, la tabla 18 muestra el top 10 de las plantas nucleares del planeta detallando su la generación promedio (Roca & Roca, 2020).



**Figura 46.** Reactores nucleares  
**Fuente:** elaboración propia basado en los datos de (Roca & Roca, 2020)

**Tabla 18.** Plantas nucleares en el mundo



Central Nuclear de Zaporizhia. Ucrania. 6.000 MW



Central Nuclear de Hanul. Corea del Sur. 5.908 MW



Central Nuclear de Hanbit. Corea del Sur. 5.875 MW



Central Nuclear de Gravelines. Francia. 5.706 MW



Central Nuclear de Paluel. Francia. 5.528MW



Central Nuclear de Cattenom. Francia. 5.448 MW





Fuente: elaboración propia

#### 4.5. Análisis de tecnologías en energías renovables aplicables al municipio de Bello

Las preocupaciones ambientales sobre el planeta no son ajenas a las ciudades de Colombia, que durante los últimos años se ha registrado un constante crecimiento exponencial en el desarrollo de nuevos espacios pensados para la vivienda urbana –construcción de edificios –, industrialización y demandas de energía. Por consiguiente, el municipio de Bello no es una excepción a esta problemática: la constante expansión de territorio ha producido impactos negativos al medio ambiente, principalmente en los recursos hídricos y zonas montañosas, las cuales se han visto deterioradas (Muñoz, 2015).

Bello está ubicado al norte del Valle de Aburrá entre dos montañas de la cordillera central. Es atravesado de sur a norte por el río Medellín y su casco urbano está ubicado mayoritariamente sobre un plano inclinado de la ribera occidental. La montaña más representativa de la región es conocida como el Cerro Quitasol, además, el ente territorial es considerado como la segunda ciudad más grande de Antioquia al reportar una población mayor a 450.000 habitantes y en constante aumento según la formulación matemática del crecimiento exponencial (Stewart, 2001). Fue erigido municipio en 1913 a 2 siglos de la ocupación del territorio aproximadamente. Es una ciudad que se caracterizó por las

industrias textiles y la riqueza en maderas, donde las primeras industrias se lucraron por la abundancia de agua en las quebradas y que beneficiaban los procesos de industrialización (García, 2011).

Muñoz (2015) plantea en su tesis que el municipio de Bello, por estar en una zona tórrida, no registra cambios estacionarios climáticos de gran impacto, es decir, se evidencia solo estío (verano) y temporada de lluvias (invierno). La precipitación asciende a 1.347mm y la temperatura está determinada por pisos térmicos, pasando por el frío hasta llegar a temperaturas cálidas con un promedio de 23°C. Además, es considerada la ciudad del Valle de Aburrá con mayor presencia del sol durante todo el año. La figura 47 representa la zona geográfica del municipio y resalta las divisiones político-administrativas vigentes en la actualidad.

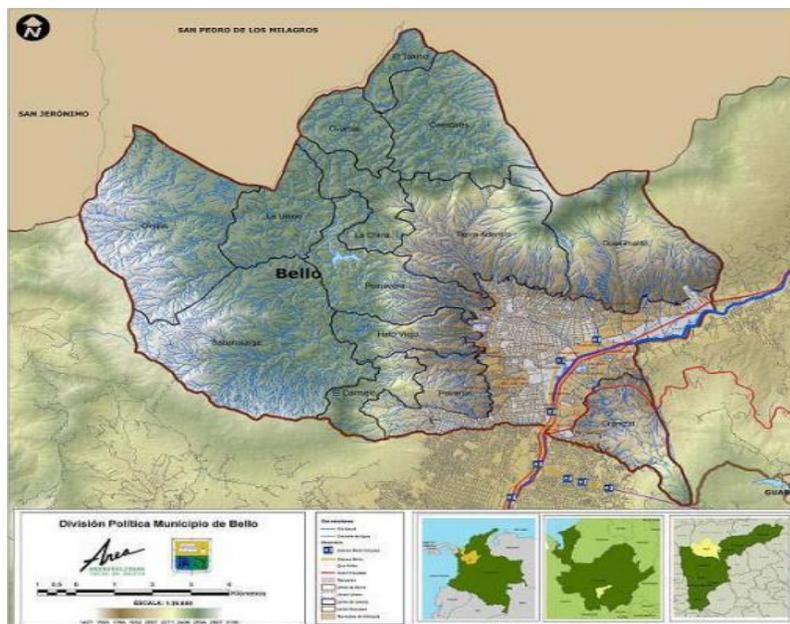
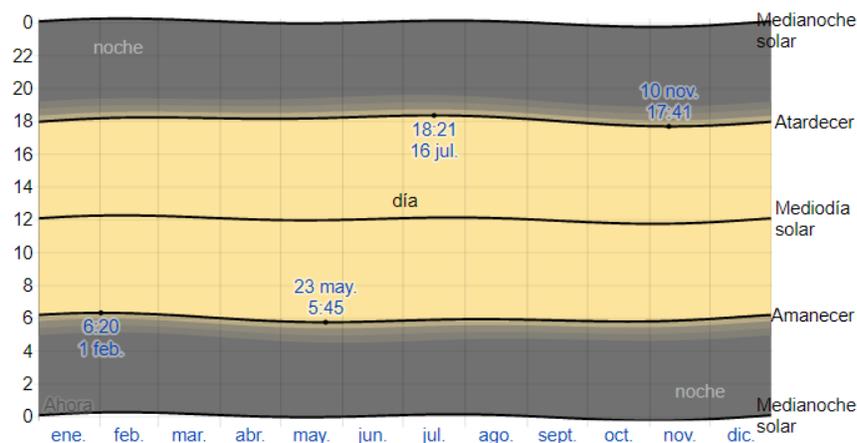


Figura 47. Municipio de Bello

Fuente: Alcaldía de Bello, 2012 p.10 tomada de (Muñoz, 2015)

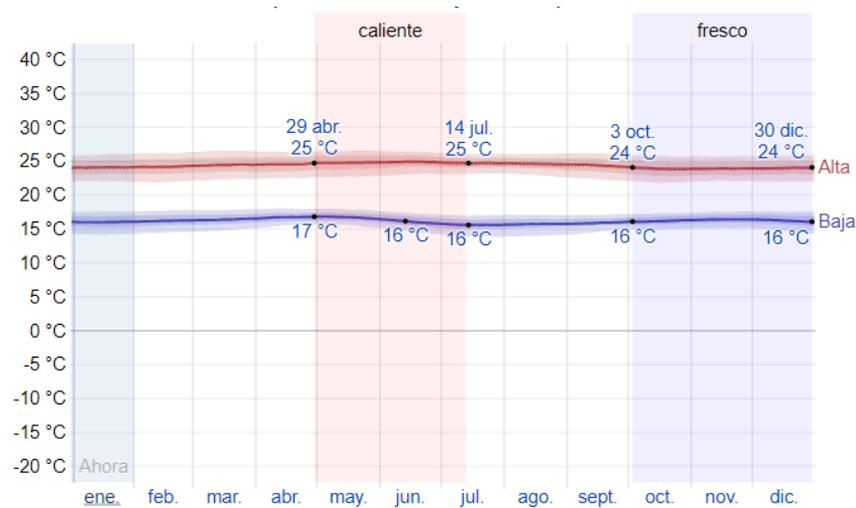
En este sentido, el municipio de Bello cuenta con luz solar durante los 365 días del año. En promedio, se tiene un registro del sol a partir de las 6:00 horas y hasta las 18:00 horas. Adicionalmente, el municipio cuenta con este recurso natural todo el año y durante 12 horas continuas. La figura 48 representa el fenómeno solar explicado anteriormente,

detallando algunas curvas sobre la presencia del sol en el municipio de Bello. Al respecto se tiene que, para ciertas fechas específicas del año, la salida y puesta del sol varían según la posición de la tierra con el respecto al territorio: es decir, para el 1 de febrero se tiene que el sol estará disponible a partir de las 6:20 horas, mientras que, a partir del 23 de mayo, el sol tendrá presencia en la región a partir de las 5:45 horas. Así mismo, para el 16 de julio el sol se oculta a las 18:21 horas, mientras que a partir del 10 de noviembre el sol se oculta a las 17:41 horas.



**Figura 48.** Salida y puesta del sol  
**Fuente:** tomado de (Weather Spark, 2019)

Como se puede estimar, son fechas puntuales donde se observa someramente un fenómeno natural de acuerdo con el crepúsculo y el ocaso del sol para el municipio de Bello, por otro lado. En otro sentido, la figura 49 representa la temperatura máxima y mínima promedio del municipio de Bello, permitiendo afirmar que pocas veces en las se tiene una temperatura inferior a 16°C y una máxima de 25°C. No obstante, para ciertas épocas del año, se evidencias temperaturas que alcanzan los 29°, 30° e inclusive 32°C.



**Figura 49.** Temperatura promedio municipio de Bello

Fuente: tomado de (Weather Spark, 2019)

Las coordenadas geográficas del municipio de Bello representan una latitud de 6,337°, longitud de -75,558°, y una elevación de 1.692 m. La topografía, considerada en un radio de 3 kilómetros, presenta variaciones representativas en altitud con un cambio máximo de 796 metros en altitud y un promedio sobre el nivel del mar de 1.562 metros, en donde un 67% está cubierto por pradera y un 29% por árboles, aproximadamente. En un radio de 16 kilómetros cuenta con 47% de árboles y 33% en praderas. Finalmente, en un radio de 80 kilómetros, se evidencia un 80% de árboles y 14% en pradera (Weather Spark, 2019), otorgándole viabilidad para implementar alternativas de sostenibilidad energética (Serrano et al., 2017).

En esta misma línea, la velocidad promedio del viento por hora en el municipio de Bello no varía considerablemente durante el año y permanece en un rango de 0.5 m/s a 0.97 m/s, pese a que en los meses de enero, febrero, agosto y septiembre se tienen registros de velocidades de viento por encima de los 2,5 m/s (Weather Spark, 2019).

Ha de tenerse en cuenta que los molinos de viento tienen características operacionales cuando la velocidad del viento alcanza una velocidad de 1,5 a 3 m/s (EOLICCAT, 2019), y en Bello el promedio de velocidad del viento esta alcanza los 1,5-2,0 m/s, y en las zonas montañosas entre 2,5 m/s y 3,5 m/s (UPME, 2015a). Lo anterior se presenta en la figura 50

(rosa de los vientos), revelando las velocidades del viento durante todo el año y promediando una variación entre 2,0 m/s y 4,0 m/s.

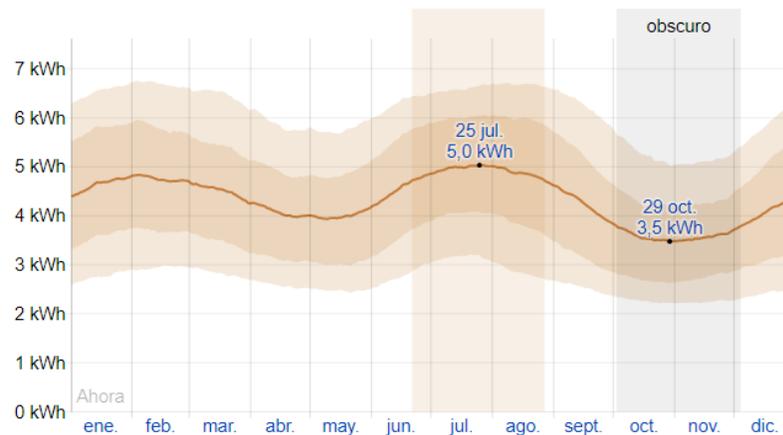


**Figura 50.** Velocidad del viento municipio de Bello  
**Fuente:** tomado de (Meteoblue, 2019)

Otra importante característica en la región es la cantidad y calidad de energía solar de onda corta, la cual tiene la peculiaridad física de llegar a la superficie de la tierra en un área amplia en relación con las variaciones estacionales y con relación a la duración del día, resultando relevante la elevación del sol sobre el horizonte, la absorción de las nubes, entre otros elementos atmosféricos representativos del territorio. Al igual, es importante considerar la radiación de onda corta que contiene luz visible y radiación ultravioleta, elementos claves para determinar las condiciones energéticas del territorio.

En Bello, según Weather Spark (2019) existen variaciones estacionales durante el año. El período más radiante del año tiene un tiempo aproximado de 2,2 meses entre el 21 de junio hasta el 27 de agosto, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado superior a 4,7 kWh. El día más resplandeciente del año es el 25 de julio, con un promedio de 5,0 kWh. En oposición, el periodo con menos intensidad solar del año dura 2

meses, entre 2 de octubre hasta el 4 de diciembre, con una energía de onda corta promedio por metro cuadrado de 3,8 kWh. El día más oscuro del año es el 29 de octubre y registra un promedio de 3,5 kWh (ver figura 51).



**Figura 51.** Energía solar en kWh en Bello  
**Fuente:** tomado de (Weather Spark, 2019)

De acuerdo con las características reseñadas y presentes en el municipio de Bello, una primera opción para implementar el uso de energías renovables en las cinco entidades públicas y privadas es el uso de la energía solar, debido a la cantidad de energía fotovoltaica que se tiene en la región, aunado a la conveniente posición geográfica de las entidades con respecto al territorio. Es preciso señalar que, pese a que muchas otras entidades están apartadas del casco urbano, esta investigación se propone detallar la posibilidad de evaluar las alternativas energéticas disponibles para las entidades seleccionadas como se detalla en el capítulo posterior. La figura 52 y la figura 53 representan una vista panorámica del municipio, señalando algunas de sus entidades públicas y privadas más importantes en el centro y costado norte de la ciudad (entre ellas las estudiadas en esta investigación).



**Figura 52.** Vista panorámica municipio de Bello (Oriente)  
**Fuente:** elaboración propia, tomada de la torre “Bello Centro, piso 18”

La figura 51 ilustra que el municipio de Bello es un territorio compacto en cuanto a población, donde la parte central no cuenta con recursos naturales –ríos, mares, zonas boscosas– a excepción del sol y el viento. Adicionalmente se puede observar que los techos de las entidades Bellanitas tienen zonas amplias y despejadas idóneas para adaptar paneles solares y aerogeneradores, donde se puede recibir el sol durante las 12 horas continuas y vientos que oscilan entre 1,5 m/s y 3,0 m/s, como lo indica las figura 48 y 50 –Salida y puesta del sol–. Así mismo, se evidencia que en la zona céntrica de la ciudad no es viable la instalación de molinos de viento en consideración de la información a Spark (2019) respecto a las velocidades registradas en el municipio. No obstante, podría, como experimento, tener una planta eólica en la Comuna 5 –La Cumbre– que cuenta con una meseta donde se registran altas velocidades de vientos en los meses de enero, febrero, agosto y septiembre, para observar la productividad de energía eléctrica.



**Figura 53.** Vista panorámica municipio de Bello (norte)  
**Fuente:** elaboración propia, tomada de la torre “Bello Centro, piso 18”

La figura 53 muestra una vista panorámica del lado norte de la ciudad, donde en el fondo se observa el Cerro Quitasol al igual que otras entidades del municipio. Se observa el fenómeno de por qué el municipio de Bello es considerado el territorio con mayor presencia del sol: la explicación atiende a que sus partes laterales son abiertas, permitiendo la fácil circulación de las nubes y el viento, contrario a la dinámica en el sur del Valle de Aburrá – municipios de Envigado, Itagüí, la Estrella, Sabaneta y Caldas– en donde cierra la cordillera, haciendo que las nubes se concentren en gran masa, aumentando las lluvias y aislando a los territorios de la presencia del sol.

Seguidamente, en la figura 54 se muestra la entidad *Interactuar*, la cual adoptó la generación fotovoltaica entre los años 2018 y 2019 para dar sustento energético a luminarias, aires acondicionados y cargadores de dispositivos electrónicos, aportando a la

disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> y reduciendo significativamente los costos de energía eléctrica en un 20% y 30%, de acuerdo con la información de un empleado de la entidad – aclarando que su identidad se reserva debido a la privacidad de datos–. La inversión del proyecto se recupera en aproximadamente cuatro años, a partir del ahorro de energía que se refleja mensualmente en los costos. Las celdas fotovoltaicas tienen una durabilidad entre 25 y 30 años, lo que implica, que tiene ganancias aproximadamente por unos 20 años en relación con los costos de la energía eléctrica.



**Figura 54.** Entidad privada Interactuar Bello

**Fuente:** elaboración propia, tomada desde la estación Madera del Metro de Medellín

Por su parte, el escenario para la entidad Interactuar es diferente. Al oriente de su ubicación –como se observa en la figura 54– existen unidades habitacionales de altura que opacan la intensidad del sol durante periodos cortos, especialmente, en las horas de la mañana, sin embargo, esto no afecta la operabilidad de los paneles solares debido a las condiciones ideales del sol en el territorio. Seguramente, y a modo de opinión, si estos edificios no existieran, los dispositivos gozarían de algo más de eficiencia, aunque aun así logran productividad del 20 y 30%, como se había mencionado anteriormente de acuerdo con la información del funcionario de la entidad.

La tabla 19 representa un resumen de las alternativas en sostenibilidad energéticas aplicables al municipio de Bello dando como respuesta a las características positivas y

negativas de implementar las tecnologías en este territorio, además, de utilizar información de casos cercanos que le den fuerza a la propuesta investigativa de este trabajo.

**Tabla 19.** Aplicabilidad de energías renovables en Bello

<b>Energía renovable</b>	<b>Aspectos positivos</b>	<b>Aspectos negativos</b>	<b>Aplicable</b>
Energía solar	<p>Depende de la presencia del sol.</p> <p>Amigable con el medio ambiente y no genera contaminación.</p> <p>Reduce los costos de la electricidad y con las nuevas tecnologías si una entidad produce más energía de la que consume la puede regresar a la red eléctrica.</p> <p>Bajo mantenimiento, solo se requiere hacerles limpieza a los paneles, los cuales pueden tener una vida útil de 20 años.</p>	<p>Es costosa, se requiere de un análisis exhaustivo para determinar el costo del sistema y dar solución a un requerimiento.</p> <p>Es intermitente, lo cual indica que a pesar de tener la presencia del sol no se sabe la radiación que se tiene en determinado punto, además, se debe tener en cuenta los tiempos de lluvia y nubosidad.</p> <p>Requiere de un buen espacio.</p>	<p>Si es aplicable para el municipio de Bello: cuenta con la presencia del sol durante todo el día, es amigable con el medio ambiente, las cinco entidades estudiadas cuentan con espacio grandes para instalar paneles de solares en los techos de las instalaciones, además, no tienen edificaciones a los alrededores que cubra la luz solar. La parte económica es un factor que se debe discutir al interior de la administración local, pero es totalmente viable. El metro de Medellín está integrando esta tecnología y este sistema hace parte del municipio de Bello.</p>
Energía eólica	<p>Es aplicable a baja y alta escala.</p> <p>Es una fuente de energía alternativa.</p> <p>No contamina.</p> <p>Ideal para lugares apartados.</p> <p>Se pueden establecer instalaciones para localidades apartadas.</p>	<p>Requiere de sistemas de almacenamiento.</p> <p>Genera ruidos.</p> <p>Es susceptible a daños.</p> <p>Tiende a ser impredecible el clima para la funcionalidad.</p> <p>Requiere extensiones de tierra amplias.</p>	<p>Si es aplicable para el municipio de Bello. Los vecinos municipios (Copacabana y Girardota) cuentan con estudios y proyectos en energía eólica, además, es posible hacer uso de los espacios ubicados en el corregimiento de San Félix y el Quitasol que cuentan con buena</p>

	<p>El viento está disponible en todas las partes del planeta durante todo el año.</p>		<p>velocidad de vientos y amplios espacios, además, se tienen estudios locales que demuestran el uso de aerogeneradores de baja velocidad en el valle del aburra.</p>
<p><b>Energía hidráulica</b></p>	<p>Como es proveniente de la lluvia, la tendencia es reponer siempre el agotamiento del recurso.</p> <p>No genera ruidos tóxicos.</p> <p>No genera accidentes extremos como se observa en las plantas nucleares.</p> <p>Genera electricidad dependiendo de la necesidad.</p> <p>Es muy estable, en comparación con la solar, no depende de la lluvia porque siempre hay reservas de aguas.</p> <p>La fuente de energía se renueva de manera gratuita y no depende de variaciones en el mercado</p>	<p>Es costoso construir la central eléctrica.</p> <p>Tiene consecuencias negativas en el medio ambiente, generando cambios a los ecosistemas.</p> <p>Es difícil encontrar lugares ideales.</p>	<p>Si es aplicable. Entre muchos lugares del municipio está el Salto Chorro del Hato donde se puede instalar una planta eléctrica y generar energía a los sectores aledaños al lugar (vereda potrerito, vereda hato viejo principalmente), sistema en Cervecería Unión S.A.</p> <p>El agua se toma desde la bocatoma ubicada en el corregimiento de san Antonio de Prado (quebrada Doña María) y es enviada por una acequia (oscila entre 500-600 l/s) desde san Antonio de prado hasta el municipio de Itagüí, luego llega a un cerro donde es acumulada un gran volumen en un tanque desarenador, luego es enviado un flujo que oscila entre 40-80 l/s hacia una planta de potabilización y el resto del agua es enviado a una turbina hidráulica con una cabeza de 95m, lo cual genera unas 1200rpm y 130psi de presión en la voluta del impulsor. Esta turbina genera entre 350-400</p>

			<p>kW/hora (depende del flujo de envió) y como consecuencia le aporta a la empresa entre un 12-15% que consume la planta, lo que ahorra mensualmente alrededor de 100-150 millones de pesos (datos reportados desde la gerencia de ingeniería en servicios por parte del Ing. Luis Mario Mejía Laverde, ver imágenes en el Anexo F).</p>
<p><b>Energía</b> <b>Biomasa</b></p>	<p>Permite eliminar residuos orgánicos e inorgánicos.</p> <p>Disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub></p> <p>No emite contaminantes sulfurados o nitrogenados.</p> <p>Puede provocar un aumento económico a las zonas rurales.</p> <p>Disminuye la dependencia al abastecimiento de combustibles.</p>	<p>La incineración es peligrosa y puede producir sustancias tóxicas.</p> <p>Se debe realizar combustiones a temperaturas mayores a 900°C.</p>	<p>Es aplicable pero no viable puesto que no existe un lugar idóneo en el municipio que aproveche las ventajas de esta energía.</p>
<p><b>Energía</b> <b>Biogás</b></p>	<p>Es una fuente amplia de energía.</p> <p>Sustituye los derivados del petróleo.</p> <p>Fuente de ingreso para los agricultores.</p> <p>Vida útil a los vertederos.</p> <p>Es una buena alternativa en el uso de cocinas.</p> <p>Genera fertilizantes.</p>	<p>Sistema de almacenamiento complejo y caro.</p> <p>Como resultado tiene emisiones de dióxido de carbono.</p>	<p>No es aplicable en el municipio de Bello, no se cuenta con una planta diseñada para cumplir con la hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis, metanogénesis. Se requiere de un biodigestor que dé cumplimiento a muchas indicaciones técnicas cumpliendo desde los presupuestos hasta el lugar de implementación.</p>

<p><b>Energía geotérmica</b></p>	<p>Representa un ahorro económico en lo energético.</p> <p>No produce contaminación acústica.</p> <p>Ocupa menos espacios que las represas.</p> <p>No está sujeta a precios internacionales.</p>	<p>Algunos lugares desprenden ácido sulfhídrico que es nocivo para la salud.</p> <p>Deterioros de los entornos ambientales.</p> <p>No permite ser transportada.</p> <p>No está disponible en todos los lugares.</p> <p>Los proyectos geotermales son costosos</p>	<p>No es aplicable en el municipio de bello, no se cuenta con condiciones físicas propias que puedan producir este tipo de energías.</p>
<p><b>Energía Nuclear</b></p>	<p>Es limpia durante la generación.</p> <p>La generación es económica.</p> <p>Se puede generar mucha energía con una sola central.</p> <p>La producción es constante, a diferencia de otras que dependen de parámetros como el sol, el viento y el movimiento del agua</p>	<p>Residuos altamente peligrosos.</p> <p>Accidentes con consecuencias extremas en relación con la salud humana.</p> <p>Objetivos vulnerables por el alto impacto que se tiene</p>	<p>No es aplicable, se requiere de una alta inversión y estudios altamente calificados que determinen la viabilidad de este recurso. El municipio de Bello es más adecuado para otro tipo de energías.</p>

Fuente: elaboración propia

### 4.6. Conclusiones capítulo IV

La metodología TRL no solo evalúa los aspectos técnicos de una tecnología, sino también ayuda a atenuar el riesgo técnico y fiscal, permitiendo promover el desarrollo tecnológico del sector energético (apoyado desde las metodologías TDI y TOE). Las alternativas de sostenibilidad energética son una forma conveniente de evaluar el avance del sector y contrarrestar los efectos ambientales a partir de una contribución científica enfocada a la mejora de los procesos de desarrollo de la tecnología de energías renovables, para con ello ofrecer mayores niveles y resultados tecnológicos de rendimiento en posturas cuantitativas bien definidas.

El municipio de Bello es un excelente candidato para adoptar la energía solar y eólica: por un lado, se evidencia la presencia del sol durante periodos de 12 horas en el territorio, con

temperaturas que oscilan entre 23°C y 28°C, con episodios superiores a los 30°C, por el otro, se cuenta con tecnología en aerogeneradores de baja velocidad que producen electricidad, donde se observa investigaciones de este tipo en los vecinos municipio de Girardota y Copacabana. Adicionalmente, las condiciones físicas de Bello le permiten disfrutar de una mayor absorción del recurso solar, ya que no tiene numerosas construcciones que obstruyan los rayos de sol en los techos de las entidades públicas y privadas del municipio.

La sostenibilidad energética se conecta directamente con el ciclo de vida de las especies donde se documenta una mortalidad de especies (aves y murciélagos) causadas por las actividades humanas (IPCC, 2018), reconociendo aspectos físicos que cambian con el tiempo de acuerdo con su naturaleza, por tanto, a medida que se reportan más usos y análisis de las alternativas tecnológicas de sostenibilidad en el municipio de Bello, se proyectan mejoras significativas en el cuidado del medio ambiente de conformidad a las técnicas empleadas para el desarrollo sostenible de nuevos proyectos en el territorio Bellanita.

La energía que llega a la tierra proveniente del sol es mucho mayor a la consumida en el planeta, además, cuenta vientos durante los 356 días del año, por lo que, si se aprovechara estas características de manera adecuada, se tendría una mejor productividad en un contexto general. Sin embargo, Colombia –al igual que otros países en proceso de desarrollo– desconocen el potencial de uso de los recursos naturales, y dada la falta de metodologías y proyectos de innovación, no se ejecutan esfuerzos para adoptar estas formas tecnológicas. Es por lo que esta investigación pretende llegar a las entidades del municipio de Bello, haciendo un llamado también a otros municipios del valle del aburra y del país.

## **5. PROPUESTA TECNOLÓGICA EN SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA PARA LAS CINCO ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL MUNICIPIO DE BELLO: UN ANÁLISIS MULTICRITERIO**

### **5.1. Introducción**

La importancia de las necesidades energéticas aumenta significativamente de acuerdo con los desarrollos científicos y las mejoras tecnológicas disponibles para atender las insuficiencias humanas, tanto nivel individual como organizacional. En este sentido Colak (2020) afirma que *«el consumo excesivo de los recursos energéticos no renovables va en aumento y las naciones buscan nuevas alternativas para producir energía»*, y para tal fin se puede acudir a la modelación de un análisis jerárquico que proporciona la esquematización de un problema y permite de manera ordenada identificar información relevante. No obstante, existe poca evidencia empírica que valide este modelo en las entidades públicas y privadas del municipio de Bello. Lo anterior, bosqueja un escenario para emplear una o múltiples soluciones estructuradas, de acuerdo con una jerarquización de prioridades de una tecnología, puntualmente, en alternativas de sostenibilidad energética (Shan Zhou & Yang, 2020) que es lo que se propone este estudio.

Este capítulo propone seleccionar las alternativas de sostenibilidad energéticas acordes a las necesidades de las cinco entidades públicas y privadas del municipio de Bello a partir de un análisis multicriterio, presentando las tecnologías energéticas disponibles en el mundo y abordadas en el capítulo anterior, resaltando en cada una de ellas las características, usos y aplicaciones que se tienen a nivel global. Adicionalmente se presentaron previamente algunas investigaciones sobre el nivel de maduración tecnológica, abstrayéndolo para territorio colombiano y particularmente para el municipio de Bello, en el cual se espera impactar positivamente en el territorio en temas de gestión, adopción e innovación

tecnológica. En este orden de ideas, la propuesta metodológica que en el presente capítulo se aborda parte de la metodología Análisis Jerárquico –AHP –, que, en principio, busca seleccionar las alternativas más apropiadas para para las cinco entidades del municipio de Bello, aportando a esta investigación una evaluación rigurosa de cara a optar por proyectos adaptables a las necesidades de la ciudad antioqueña.

La metodología es un estudio exploratorio-descriptivo que pretende la evaluación de alternativas tecnológicas sostenibles en el mundo basado en una fuente de criterios y subcriterios tanto técnicos como geográficos. Como resultado, se tiene una descripción detallada de las condiciones necesarias para implementar tecnologías sostenibles que permitan impactar en el desarrollo, la reducción de costos energéticos y el cuidado del medio ambiente.

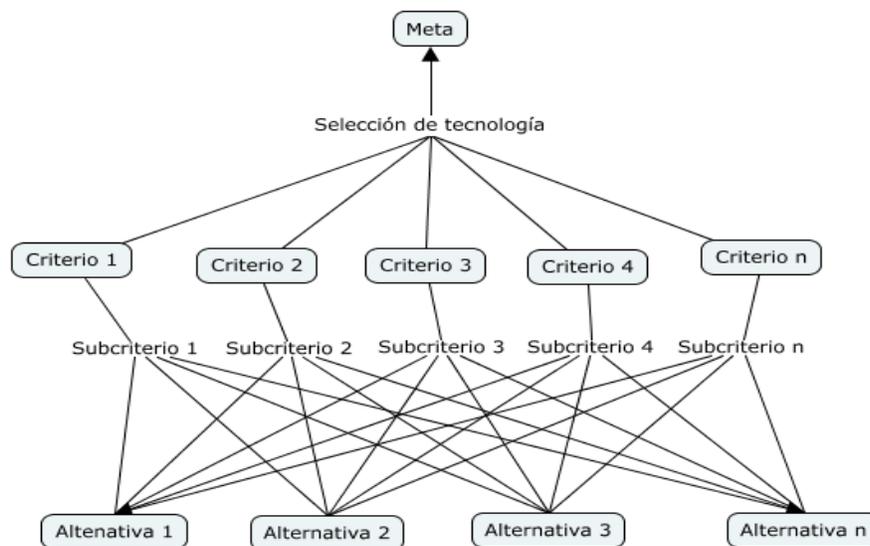
## **5.2. Análisis jerárquico (AHP)**

Los modelos de análisis jerárquicos han demostrado ser útiles en diversos campos del conocimiento, permitiendo, a partir de regresiones lineales, obtener antecedentes estadísticos que facilitan la comprensión de datos a razón del análisis de información con respecto a variables que se estudian en el campo de la ciencia y la innovación, tales como la supervivencia de una especie, los modelos de fragilidad, las ecuaciones estructurales, los efectos aleatorios a partir de una hipótesis bien estructurada y el uso de tecnologías en el mundo (Lee, Rönnegård, & Noh, 2017).

En esa misma línea, la metodología del análisis jerárquico – AHP– ha sido muy empleada por diferentes entidades (Ivanco, Hou, & Michaeli, 2017), concibiendo la realidad que percibe un individuo para priorizar los elementos más significativos en su entorno, posibilitando tomar decisiones que se estructuran a un problema en específico mediante la construcción jerárquica de atributos, como son el objetivo del problema, las alternativas que se tienen y las alternativas que concurren de acuerdo con la situación (Berumen & Redondo, 2007). Así, Zheng (2011) emplea factores de análisis jerárquicos para comparar

los ciclos de vida de alternativas tecnológicas de conservación de energía en edificios donde se tienen criterios de efectividad y practicabilidad del enfoque mejor adaptado.

La figura 55 presenta los elementos básicos de la metodología AHP resaltando la meta que, para la presente tesis de investigación, simboliza la alternativa tecnológica en sostenibilidad energética seleccionada, los criterios que representa las bases fundamentales de acuerdo con los análisis matemáticos, geográfico y de disponibilidad de un territorio. En este apartado también se consideran los subcriterios y finalmente, las alternativas que representa la lista tecnologías disponibles en el mundo.



**Figura 55.** Metodología AHP

**Fuente:** elaboración propia basado en (de Lima, Jucá, Reichert, & Firmo, 2014)

### 5.3. Criterios de selección: condiciones necesarias

Colombia y Antioquia cuentan con la riqueza necesaria para implementar tecnologías en sostenibilidad energética. En efecto, la producción de energía hidráulica es una alternativa viable dadas las condiciones geográficas del departamento – caídas por gravedad, pero resulta práctico mencionar, que el departamento sufre sequías por diferentes fenómenos ambientales como lo es el Fenómeno del Niño que limita el flujo del agua en las quebradas

y ríos de la región (Trujillo, 2017). Lo anterior lleva a considerar otro tipo de alternativas como la energía eólica y solar.

En este sentido, la estatal EPM (2019) resalta con la instalación del Parque Eólico Jepírachi, pionero en el país y que cuenta con 15 aerogeneradores de 1,3 MW de capacidad instalada de 19,5 MW, aprovechando así las condiciones geográficas del territorio –departamento de La Guajira– y extraer energía por la cantidad de viento que se genera, sin embargo, Ardila (2020) reporta que el lugar está parado y podría ser desmantelado por incompatibilidades normativas con cambios de regulación. Así mismo, resalta la apuesta de la ciudad de Medellín para adaptar híbridos al mercado automóviles, para beneficiar el medio ambiente y a la población, con la reducción de costos en la adquisición de combustibles.

Desde esta perspectiva, la Unidad de Planeación Minero-Energético –UPME– (2015) plantea que países como China, Alemania, España, Estados Unidos están en la lista de pioneros por el desarrollo de energías renovables con capacidades plenas y que emplean técnicas para aprovechar al máximo la energía hidráulica, eólica, solar, geotérmica y biomasas. Además, expone que los Estados Unidos, Brasil y Alemania lideran el uso de bioenergía en el sector de transporte. Por su parte, afirma que los Estados Unidos, Noruega, China, Japón y la Comunidad Europea lideran el tema de electricidad. Finalmente acota que China, Estados Unidos y Turquía lideran el tema de energía térmica a partir de energía solar y geotérmica. La búsqueda de la eficiencia y productividad en los territorios se enfoca en adoptar metodologías que ayuden a tomar decisiones (Berumen & Redondo, 2007), para incentivar a la población en la participación, la competitividad y el desarrollo, interviniendo variables que se someten a criterios y subcriterios de selección, ayudando a distinguir los cambios significativos en la economía que dependen de ciertos atributos de tipo cualitativos y cuantitativos (Comisión Económica Para América Latina y el Caribe-CEPAL, 2016).

El acceso a las energías renovables representa un valor que ayuda a la sostenibilidad del planeta, al tiempo que contribuye a que los países sean sociedades inclusivas y equitativas a nivel de recursos y productividad industrial. Es por esto que las energías renovables hacen

parte de los planes de desarrollo de ciudades y países, especialmente en las naciones de Latinoamérica y el Caribe, tanto por sus riquezas ambientales en ríos y bosques, como por su gran diversidad (Cortés & Londoño, 2017).

Esta investigación constituye un esfuerzo analítico relevante para dar impulso a los modelos de innovación que se ajustan a los Planes de Desarrollo, de acuerdo con los 63 escenarios identificados por la administración municipal, donde uno de ellos, es la emisión de CO<sub>2</sub> por parte de las entidades públicas y privadas del municipio de Bello, resaltando las características más importantes que permiten ajustar las alternativas de sostenibilidad energética a partir de criterios y subcriterios de selección, presentando particularidades relevantes tales como lo son la ubicación geográfica, la inversión económica, la viabilidad y la puesta en marcha de proyectos energéticos. En este contexto, la investigación demarca una importante metodología cuantitativa para evaluar las posibles tecnologías energéticas y la implementación de estas en el municipio de Bello, a partir del análisis jerárquico y los componentes técnicos de las alternativas de sostenibilidad energética disponibles.

#### **5.4. Aplicación de la metodología AHP: sostenibilidad energética**

La principal característica de la metodología AHP es la definición de los criterios y subcriterios de una alternativa tecnológica, es decir, comparar cada una de acuerdo con los diferentes resultados que se obtienen a partir de un estudio (Lv & Ji, 2019). Por ejemplo, para ciertas regiones de Rusia, la energía fotovoltaica es la más apropiada debido a la presencia del sol, mientras que otras áreas de la Federación Rusa carecen de este recurso de inagotable energía, por ello, la energía solar no calificaría en toda la extensión de su territorio. Así mismo, la Bioenergía –biogás– representa la segunda opción más importante para el mencionado país, pues dispone de un 65% de los recursos disponibles para generar energía. Como tercera opción son los residuos urbanos –Biomasa– representando un 55% del material necesaria para producir energía (Clave, 2017).

La metodología AHP no solo permite definir los criterios y subcriterios, sino también aplicar el concepto de madurez de las tecnologías a partir de la viabilidad para así interpretar

técnicamente cuáles son las tecnologías más apropiadas, generando un valor agregado en el territorio seleccionado, por ello, se estructura una jerarquía del problema en etapas más simples y se descomponen de manera práctica los factores del problema, así, las dimensiones más relevantes del problema se convierten en conjuntos dinámicos con características cualitativas y cuantitativas que influyen fuertemente en la decisión de la alternativa tecnológica, incorporando modelos de innovación para lograr juicios y opiniones acertadas frente al problema energético reflejando percepciones y conceptos técnicos con mucha más precisión (Colciencias, 2016).

Si en la elaboración de un proyecto están definidas las alternativas, conociendo las virtudes y las falencias de las mismas, se puede aplicar el concepto AHP combinado con TRL, TOE y TDI, puesto que el enfoque de situaciones se proyecta en la planeación estratégica de los objetivos organizacionales dejando claro qué tipo de alternativa es la más óptima en el territorio seleccionado y previamente estudiado, agrupando características claves de acuerdo a los criterios y subcriterios, según sea el caso, hasta alcanzar el proyecto y generar el valor agregado en la temática de sostenibilidad energética utilizando las energías renovables disponibles (Taoufikallah, 2016).

### **5.5. Implementación de las tecnologías: una propuesta energética**

Las tecnologías en sostenibilidad energética abarcan la energía solar, nuclear, biocombustibles, eólica y de mar –movimiento del agua– las cuales se concentran en mejorar la demanda por parte sociedad, particularmente, de la industrialización (Karaşan, Gündoğdu, & Kahraman, 2020). En este sentido, el impacto ambiental y el desarrollo tecnológico tienen una relación directa de acuerdo con los métodos de innovación y a partir de la implementación de las nuevas formas tecnológicas, por lo que, para adaptar tecnologías en sostenibilidad energética, es esencial conocer algunos requisitos y condiciones necesarias para poner en marcha un proyecto que resalte la diferencia en este tipo de procesos tecnológicos. Por un lado, se convierte en una necesidad identificar los consumos energéticos actuales de las entidades, mientras que, por otro lado, validar la

ubicación geográfica y determinar qué condiciones naturales están disponibles, por último, pero no menos importante, establecer una condición financiera para evaluar las posibilidades en inversión, el retorno de la inversión y las ganancias futuras que trae adoptar nuevas tecnologías.

### **5.5.1. Consumos energéticos**

Mangla (2020) plantea que los consumos energéticos a nivel mundial han sobrepasado los límites industriales, afectando la seguridad y demanda energética, por lo que es inminente el desperdicio de recursos naturales y la insuficiencia en recuperar materiales que aportan a la generación de energía en el mundo. En este sentido, Agbanike (2019) expone los desafíos de sostenibilidad energética en países como Venezuela, rico en petróleo y responsable de la producción del CO<sub>2</sub> como efecto colateral de la explotación de recursos no renovables causando, efectos negativos al medio ambiente y a la economía de un país. Las entidades públicas y privadas en Colombia cuentan con criterios de sostenibilidad que representan procesos de productividad acordes al control y la eficiencia en cada una de las etapas de los sistemas de gestión energética, por lo que los mismos procesos deben estar enfocados en el desarrollo económico del país e impactar en factores que beneficien el medio ambiente, aprovechando los recursos naturales con los que se cuentan en Colombia. Pero muchas de las entidades del país con falencias sobre este aspecto tan trascendental, puesto que existe un criterio en el que se considera que el país está en proceso de desarrollo y capitales –públicos y privados– que sufraguen los proyectos en energía, posibilitando el impacto de ellas a nivel social y económico, al igual que en los consumos diarios, resaltando avances científicos con perfiles investigativos en relación con componentes en innovación tecnológica (Salcedo, Valencia, & Rojas, 2018).

En esta misma línea, las cinco entidades públicas y privadas del municipio de Bello hacen parte del muestreo de las organizaciones en Colombia. Como se mencionó en el tercer capítulo de este trabajo investigativo, se observan dos posiciones: una muy general de los empleados de las entidades visitadas en el municipio, que sin ser expertos en la temática

de sostenibilidad, sintetizan una necesidad por mejorar los sistemas energéticos de las entidades, resaltando problemas que se observan en el entorno, tales como mala distribución de los sistemas, altos consumos, mala ubicación de los equipos eléctricos y problemas de salud, por lo que sus instalaciones resultan espacios ideales para implementar proyectos tecnológicos en energías alternas, donde contribuir con el medio ambiente ya no es una opción sino una necesidad de cada individuo, aportando desde lo personal e influenciando su entorno laboral para contribuir sustancialmente y otra, desde la perspectiva de expertos tecnológicos que trabajan en las entidades y resaltan la importancia de incorporar proyectos de sostenibilidad energética en las cinco entidades analizadas.

Así mismo, se evidenció previamente un reporte de los consumos energéticos en las cinco entidades públicas y privadas del municipio de Bello, donde se observa un incremento constante en cada uno de los meses correspondientes a los últimos tres años de operación –2017, 2018 y 2019–, permitiendo estimar que, para el año 2020, los valores incrementen sustancialmente. Por ejemplo, la planta Mitsubishi de Bello para el mes de enero del 2020 tuvo un gasto de \$38'628.942 COP –reporte del gerente de mano factura y logista Mauricio Velásquez– donde claramente se observa un alza de 12,9% en el gasto de energía, y de acuerdo con la explicación técnica del gerente, ello se debe a la demanda de productividad que se tuvo en los meses de noviembre y diciembre del 2019 que, por un incremento en las ventas con líneas de producción, demandó operaciones las 24 horas del día durante los 7 días a la semana, la figura 56 representa desde la planeación estratégica el cumplimiento de los indicadores de gestión de la operación y división de manufactura reportado por el gerente Mauricio Velásquez en Mitsubishi en el año 2020.

5. Entregas													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
# Eq. Planeados	54	39	46	0	55								38,8
Meta	90%	90%	90%	90%	90%								90%
R/. Entregas	100%	100%	100%		100%								100%
6. Eficiencia													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
# Horas por componentes	118	149,9	104,6	0	85,5								91,6
Meta	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141

**Figura 56.** Reporte de planeación energética Mitsubishi, año 2020  
**Fuente:** elaboración propia basado en el informe del Gerente Mauricio Velázquez

Finalmente, Prashar (2019) expone que la sostenibilidad energética no solo debe acoplarse a las necesidades físicas de una entidad, sino también, a las regulaciones del mercado para que organizaciones enfoquen esfuerzos financieros en optimizar recursos, permitiendo con ello una estructuración económica que se ajuste a proyectos de innovación y contribuyan con el territorio. Además, debe evaluarse qué tecnologías son las más acordes según el nivel económico y la posición geográfica de la organización. A continuación, en los siguientes apartados, se evalúan estas dos posturas para conceptualizar los criterios mínimos que deben ajustarse a los objetivos instituciones de las entidades y los planes de desarrollo de cada región, en pro de proyectos basado en gestión, innovación y desarrollo regional.

### 5.5.2. Ubicación geográfica

Priorizar los lugares más adecuados para el uso de energías renovables es todo un desafío. El sistema geográfico del mundo permite establecer unas condiciones iniciales, resaltando características relevantes del planeta, al tiempo que se identifican características físicas por medio de modelos matemáticos desarrollados en softwares especializados y que dan soporte a toda la información necesaria en aspectos técnicos muy puntuales para la instalación y ejecución de proyectos que involucren variables propias del planeta tales como el sol, el viento, el agua, la tierra y demás componentes (Olaya, 2014).

Países como Turquía tienen un alto potencial en el uso de energías renovables. De acuerdo con Keleş (2012), quien lo plantea mediante un estudio, éste país representa un 37% de la energía producida y que solo el 10% se consume efectivamente, lo que induce a modelar

sistemáticamente proyectos de innovación para aprovechar las riquezas naturales con las que cuenta Turquía en energía hidroeléctrica y biomasa. Por otra parte, Jordania representa un 97% de importaciones en energías primarias, lo que induce un consumo excesivo de electricidad con altas pérdidas, aportando continuamente efectos negativos al medio ambiente, productividad y costos, por lo que, evaluar otras formas de generar energía se convierten en prioridad, identificando potenciales para fortalecer los proyectos de innovación en el contexto de energías (Dar-Mousa & Makhamreh, 2019).

En esta misma línea de investigación, los países con disponibilidad de recursos naturales deben ser entes motivadores para que sus entidades la factibilidad en el uso de herramientas tecnológicas que minimicen los efectos negativos que se tienen por el uso de energías convencionales, al igual que éstas identifiquen los beneficios en el uso de tecnologías aplicadas a la energía a partir de diferentes situaciones como la solar, eólica, hidroeléctrica, biogás, biomasa, geotérmica, nuclear y de mar resaltando un alto impacto de acuerdo con la madurez y la posición geográfica del territorio (T. Wang, Liu, & Zhou, 2018).

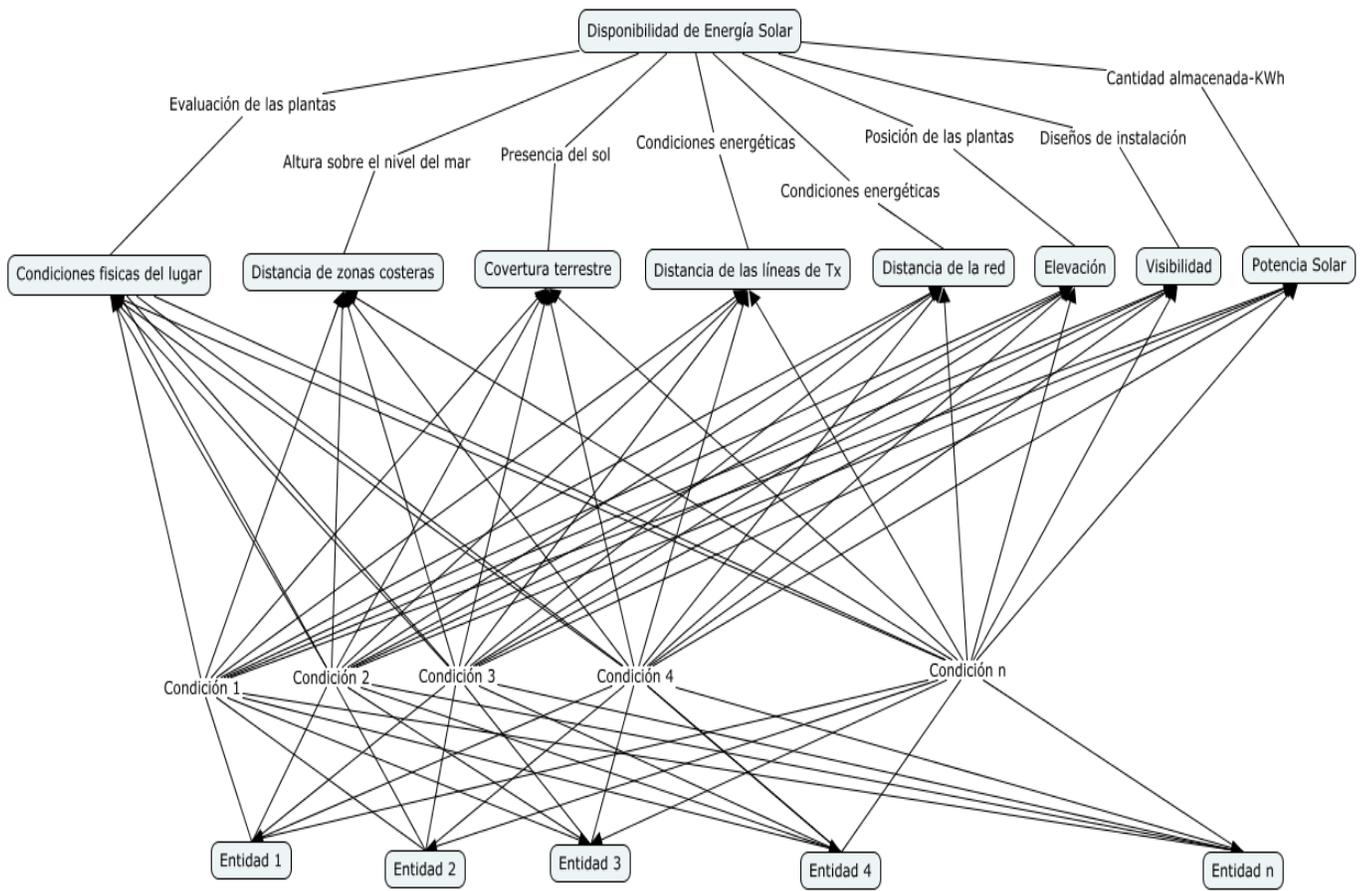
En este sentido, la ubicación geográfica se convierte en un factor primordial para implementar energías renovables a partir de metodologías y proyectos debidamente estructurados, como es el caso de la planta de biomasa en Hervas –España–, que mediante la metodología *Multi-Criteria Decision Analysis and GIS* y algoritmos por computadora, se determina los procesos más pertinentes en relación al potencial energético del lugar y poder hacer uso de localización para extraer energía y beneficiar a la población (Jeong & Ramírez-Gómez, 2018).

Giamalaki (2019) presenta otro estudio para probar la metodología AHP con la información geográfica que se tiene de Grecia, identificando zonas para generar energía eléctrica a través de paneles solares y enfocando el estudio en criterios de selección acordes a las necesidades del territorio y los datos matemáticos extraídos de la parametrización del lugar. Adicionalmente, la evaluación de criterios iniciales de este estudio de energía fotovoltaica se enfoca en características elementales tales como «no adecuado», «menos

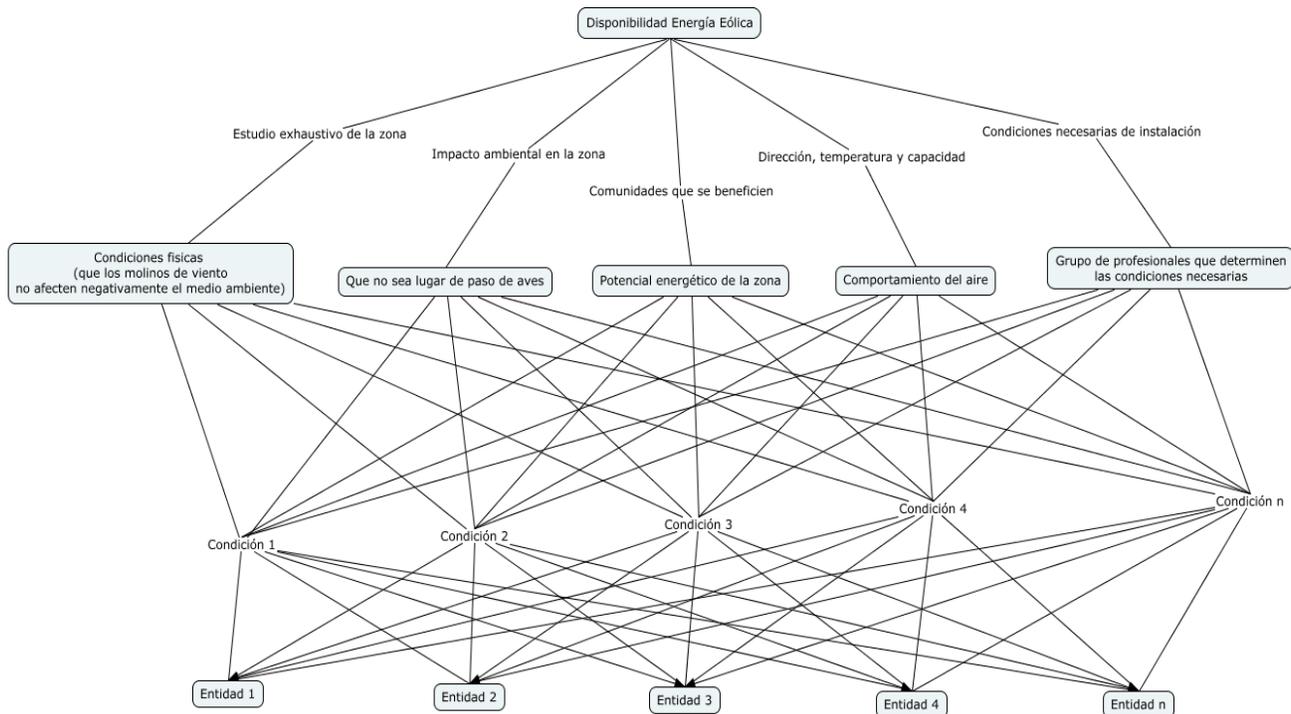
adecuado», «moderadamente adecuado», «adecuado» y «particularmente adecuado», criterios que son validados a partir de una revisión científica inicial y con todo lo relacionado con la energía solar –costos, instalaciones, mantenimientos, operación, beneficios–.

Colombia cuenta con fuentes de energía renovables, siendo las plantas hidroeléctricas las que abastecen aproximadamente al 66% del país. Adicionalmente, cuenta con plantas termoeléctricas que abastecen el sistema ante la escasez de energía hídrica y representan un 29%. Así mismo, existe capacidad de 1% en la generación de biomasa y 18 MW en solar, lo que resulta muy bajo para la capacidad actual del país. Ha de tenerse en cuenta que La Guajira cuenta con una planta eólica capaz de llegar a velocidades mayores a los 9 m/s, lo que representa para el país oportunidades de empleo, desarrollo social y económico beneficios tributarios, desarrollos innovadores desde la industria, cultura por disminuir el uso de energías convencionales (EL ESPECTADOR, 2019).

La energía solar establece unas condiciones esenciales para la implementación de alternativas de sostenibilidad energética en cualquier lugar del planeta (Giamalaki & Tsoutsos, 2019). La figura 57 y figura 58 muestran un procedimiento que representa criterios basados en expertos, disponibilidad de la tecnología, condiciones geográficas y modelos matemáticos basados en el comportamiento del territorio a elegir para la aplicabilidad de tecnología solar y eólica.



**Figura 57.** Criterio de evaluación energía solar  
**Fuente:** elaboración propia basado en (Giamalaki & Tsoutsos, 2019)



**Figura 58.** Criterio de evaluación energía eólica  
**Fuente:** elaboración propia basado en (Twenergy, 2019)

La figura 57 representa los criterios de selección de alternativa tecnológica «energía fotovoltaica», sin embargo, es importante observar la tabla 20, donde se clasifican los atributos en sostenibilidad energética de acuerdo con los criterios y subcriterios de selección que se deben tener en cuenta a la hora de tomar decisiones que impacten los territorios, para esto, se emplean las características elementales anteriormente mencionadas: «no es adecuado», «menos adecuado», «moderadamente adecuado», «adecuado», «particularmente adecuado» y de acuerdo con Robles-Algarín (2018). Las características se clasifican en la tabla 20.

**Tabla 20.** Categorías AHP

<b>Categoría</b>	<b>Rango de valores</b>	<b>Atributos</b>
Particularmente adecuado	$4,2 \leq R \leq 5$	Muy alto
Adecuado	$3,4 \leq R \leq 4,2$	Alto

Moderadamente adecuado	$2,6 \leq R \leq 3,3$	Moderado
menos adecuado	$2,5 \leq R \leq 1,8$	Poca relevancia
no es adecuado	$1,7 \leq R \leq 1$	Sin relevancia

Fuente: elaboración propia basado en (Robles-Algarín et al., 2018)

Para lograr clasificar cuantitativamente la evaluación de cada una de las alternativas de acuerdo con su atributo, es necesario emplear la ecuación  $R = (Ls - Li)/n$ , donde  $R$  representa el rango de valores utilizados –la calificación parcial–,  $Ls$  es el límite superior de la escala,  $Li$  el límite inferior y  $n$  es número de atributos (Robles-Algarín et al., 2018). Cada categoría se evalúa de acuerdo con las condiciones geográficas inicialmente del territorio, seguidamente de las entidades públicas y privadas que para el caso de Bello solo unas pocas cuentan con recursos hídricos que se pueden aprovechar para generar energía de manera constante y en altas cantidades. Es así entonces como la tabla 20 representa una calificación inicial empírica de las alternativas tecnológicas en el municipio de Bello, de acuerdo con los criterios hasta acá ya mencionados, sin embargo cabe resaltar que los criterios de selección tienen una evaluación más rigurosa en cuanto a la ubicación geográfica y a los resultados esperados a nivel experimental, financiero y de productividad (Adánez et al., 2018).

Para las cinco entidades públicas y privadas del municipio de Bello, de acuerdo con los resultados representativos de la región y las características geográficas representativas del territorio, las opciones tecnológicas en sostenibilidad energética más acorde a las condiciones territoriales son la energía solar y eólica. Se relaciona una alta capacidad de estos recursos en el lugar –zona céntrica de las cinco entidades públicas y privadas– y las condiciones físicas de las empresas son adecuadas para integrar estas tecnologías. Por otra parte, cabe señalar que existen otras alternativas, pero no son representativas para entidades que operan en el casco urbano del municipio. La figura 59 muestra como el colegio JEGA tiene alta disponibilidad en la instalación –parte superior de la estructura– de paneles solares y aerogeneradores sin restricción de barreras o elementos físicos que delimiten la generación de energía eléctrica.



**Figura 59.** Parte superior colegio JEGA  
Fuente: elaboración propia

### 5.5.3. Criterios financieros

De acuerdo con Anton (2020) el desarrollo financiero de energías renovables está estrechamente relacionado con tres factores: el factor directo, el factor negocios y el factor riqueza. El factor directo, hace hincapié al tipo de clientes que se debe abordar de acuerdo con la intermediación financiera, los recursos disponibles, la durabilidad de los productos y el incremento energético. El factor negocios se refiere al aumento económico que tenga el sector de acuerdo con el nivel de desarrollo disponible en las empresas y organizaciones que se tengan al momento de adquirir nuevas tecnologías que aporten a las demandas energéticas, Por último, el factor riqueza que se encarga de generar un ambiente de confianza entre proveedor, cliente y desarrollo de la bolsa.

En el mismo sentido, el autor (2020) plantea que el consumo de energías renovables –CER– está directamente relacionado con la función ingresos –FI–, el precio de la energía –PE–, el desarrollo financiero –DF– y las inversiones extranjeras directas –IED–. Lo anterior se puede modelar matemáticamente la siguiente expresión:

$$CER_{i,t} = b_0 + b_1 * DF_{i,t} + b_2 * FI_{i,t} + b_3 * PE_{i,t} + b_4 * IED_{i,t} + c_i + \epsilon_{i,t} \quad (2)$$

Donde  $t$  representa el periodo de tiempo, la  $i$  representa la suscripción del país,  $b_1, \dots, b_4$  representan coeficientes de regresión,  $c_i$  representa una constante específica de país desconocida (el "efecto fijo") y  $\varepsilon$  representa el error aleatorio en el consumo de energía. En esta misma línea, Las inversiones financieras en proyectos se catalogan como bienes y servicios que adquiere un territorio para mejorar condiciones de carácter social, cultural, ambiental y económico (Meza, 2013), además, son vistas como mejoras a partir de los modelos de innovación que se adopten con el propósito de mejorar la calidad de proyectos para incorporarlos dentro de los planes de desarrollo de las entidades mejorando los sectores económicos en relación con el mercado, los sistemas bancarios y el desarrollo sostenible (Anton & Afloarei Nucu, 2020).

Por otro lado, entidades alrededor del mundo emplean la metodología *Whale Optimization Algorithm* –WOA– para minimizar los costos de producción de la energía eléctrica que se genera en las plantas renovables, principalmente, con características híbridas siendo una manera muy efectiva de alcanzar lugares remotos y financieramente muy asequible (Xia & Qin, 2019). Por su parte, Garcia-Bernabeu (2015) plantea que las inversiones en energías renovables implican grandes cantidades de capital y que los proyectos de innovación alrededor de esta temática tienen factores de riesgo como lo es la posición geográfica, el recurso natural con características ideales para producir y la rentabilidad de la inversión, además, de la representación económica y ambiental que implica los escenarios en alternativas sostenibles (Mauleón, 2019).

La energía solar tiene amplios beneficios como ya se han mencionado a lo largo de esta investigación y proyectos que involucren estas tecnologías tienen una durabilidad aproximada de 25 a 30 años (Hernández, 2017), además, el retorno de la inversión en relación con los elementos de instalación demora alrededor de unos 4 años, por lo que en promedio se tiene ganancias en un rango entre los 16 y 20 años (Salamanca-Avila, 2017). Adicionalmente, el ahorro energético oscila entre el 20% y 30% al integrar esta tecnología en una red eléctrica (Rahmanifard & Plaksina, 2019). Particularmente, para la planta Mitsubishi de Bello, que reporta un gasto promedio mensual en energía de \$35'864.613

COP, el ahorro sería de \$7'172.922 COP mensuales, lo que representa anualmente unos \$86'075.071 COP, que multiplicado por 4 años que demora el retorno de la inversión, se espera entonces alrededor de \$4.131.603.418 COP, inversión financiera suficiente para adoptar y aplicar proyectos en sostenibilidad energética en la entidad señala del municipio de Bello.

### **5.6. Propuesta energética: municipio de Bello**

Esta investigación abordó el problema de seleccionar las alternativas tecnológicas en sostenibilidad energética en relación con ubicación geográfica y las características más relevantes del municipio de Bello, mediante un análisis jerárquico a partir de criterios y subcriterios que se representan cuantitativamente en la tabla 20. Además, define el rango de una calificación asociada a un criterio o atributo de la tecnología. Por otra parte, se enfatiza en los siguientes criterios.

*Inversión inicial:* hace referencia al costo inicial para adquirir la tecnología y ser implementada en las entidades públicas y privadas del municipio de Bello. Cabe resaltar la importancia de conocer el retorno de la inversión.

*Conflictos territoriales:* este criterio tiene dos sentidos. El primero, hace énfasis a los problemas sociales que tiene el municipio –la monopolización por parte de las bandas criminales, que se vería en riesgo con la incorporación de este tipo de tecnologías al perder el control de las zonas–. Segundo, evaluar detenidamente si el territorio es apto para implementar la tecnología.

*Fallas de equipos:* este atributo hace referencia a la importancia de incluir mantenimientos a los equipos tecnológicos instalados garantizado la vida útil de los mismos.

*Impacto al ecosistema:* este atributo hace hincapié a no solo instalar tecnología y a ser pioneros en el territorio generando mejor economía y desarrollo, sino también a contribuir con la reducción del CO<sub>2</sub> y los derivados en el sector.

*Eficiencia energética:* hace relación al impacto productivo que se tiene al implementar este tipo de tecnologías en las entidades del municipio de Bello: que la eficiencia y el cuidado al

ambiente se reflejen, además, que soporte altas cargas para garantizando calidad en la tecnología.

*Acceso a la tecnología:* evaluar la posibilidad de acceder a proveedores de las tecnologías en sostenibilidad energética para mantenimientos, asesorías y capacitaciones de los equipos instalados.

Lo mencionado anteriormente permite establecer criterios básicos para adoptar proyectos en sostenibilidad energética, desde la inversión inicial hasta el acceso a las tecnologías de manera confiable, basados en teorías científicas e investigaciones bien estructuradas para ser aplicadas con un fin específico. Cabe señalar también que existe un desconocimiento de los recursos renovables en las ciudades, particularmente, en el municipio de Bello, pues bien lo menciona Patricia Jaramillo del colegio JEGA en el capítulo III de esta investigación: «la cultura de cuidado del medio ambiente solo es aplicable mediante el reciclaje», afirmación que es considerada parcialmente verdadera porque se ha demostrado mediante metodologías científicas que es posible aportarle a la ciudad con otro tipo de tecnologías. Algunas investigaciones científicas han detectado la capacidad de sostener ciudades por medio de recursos tecnológicos enfocados a la generación de energía eléctrica. Por ejemplo, Tartu en Estonia adoptó los residuos urbanos sustituyendo el 60% del consumo de combustibles. En Mar de Plata, ubicado en Argentina, utiliza residuos de los bosques y genera alrededor de 4,4% de electricidad. También en Estocolmo, ubicado en Suecia, obtienen electricidad quemando desechos, logrando una productividad del 12% (Barragán-Escandón, Zalamea-León, Terrados-Cepeda, & Vanegas-Peralta, 2019).

El municipio de Bello puede adoptar todas estas medidas empleadas en otras ciudades en el mundo y con ello caracterizarse por ser una ciudad innovadora y productora de energía. Sin embargo, para la presente investigación, de manera empírica se evalúa cada una de las alternativas sostenibles de acuerdo con los resultados de las entrevistas, la posición geográfica del territorio, los sistemas actuales, la infraestructura de la entidad y el acceso a los recursos naturales para evaluar un primer acercamiento y proponer alternativas

tecnológicas orientadas a la sostenibilidad energética que puedan adoptarse en las entidades públicas y privadas del municipio de Bello.

La tabla 21 representa de manera empírica una primera evaluación de cada una de las tecnologías renovables disponibles, valorando la posibilidad de implementarla de acuerdo con los criterios de calificación de la tabla 20. Adicionalmente, se establece una metodología dinámica que clasifica entradas para identificar –inicialmente– la información y descripción del problema, las técnicas y herramientas que se basan en juicios de expertos (ver Anexo C), observación directa y resultados de entrevistas, así también la salida que infiere las posibles soluciones y una lista de variables, para encontrar la opción más adecuada de acuerdo con las alternativas sostenibles en energía. Seguidamente, se darán detalles de los resultados con base en aspectos técnicos que relaciona eficiencia, disponibilidad de la fuente primaria, madurez de la tecnología, obstáculos urbanos y adecuación arquitectónica. Al igual se consideran también ámbitos económicos que le apunta a la inversión inicial, costo de operación, costo de la energía, de tipo ambiental que proyecta beneficios en la reducción de CO<sub>2</sub>, calentamiento global y el factor sociopolítico que fortalece el empleo, la aceptación social de la tecnología y la compatibilidad de políticas internacionales, regionales y locales con el uso de tecnologías sostenibles. Cabe resaltar también la importancia de los proyectos alrededor del mundo en sostenibilidad energética con casos de éxito.

**Tabla 21.** Calificación de alternativas sostenibles

AHP	Atributo o criterio	Inversión inicial	Conflictos territoriales	Fallas de equipos	Impacto al ecosistema	Eficiencia energética	Acceso a la tecnología	TOTAL
A L T	Energía solar	4,5	4,0	4,2	4,5	4,2	5	26,4
	Energía Eólica	4,0	4,0	4,2	4,5	4,0	5	25,7
	Energía Hidroeléctrica	3,0	2,5	4,2	3,5	4,0	4,5	20,7

E R N A T I V A S	Energía Biomasa	3,0	2,5	3,5	4,0	3	4,0	19,5
	Energía Biogás	3,0	3,0	3,0	2,0	3	4,0	18,5
	Energía del mar	1	1	1	1	1	1	6
	Energía geotérmica	1,5	1,0	2,0	4,0	3,5	4,0	16
	Energía Nuclear	1	1	1	4,5	4,5	1,5	13,5

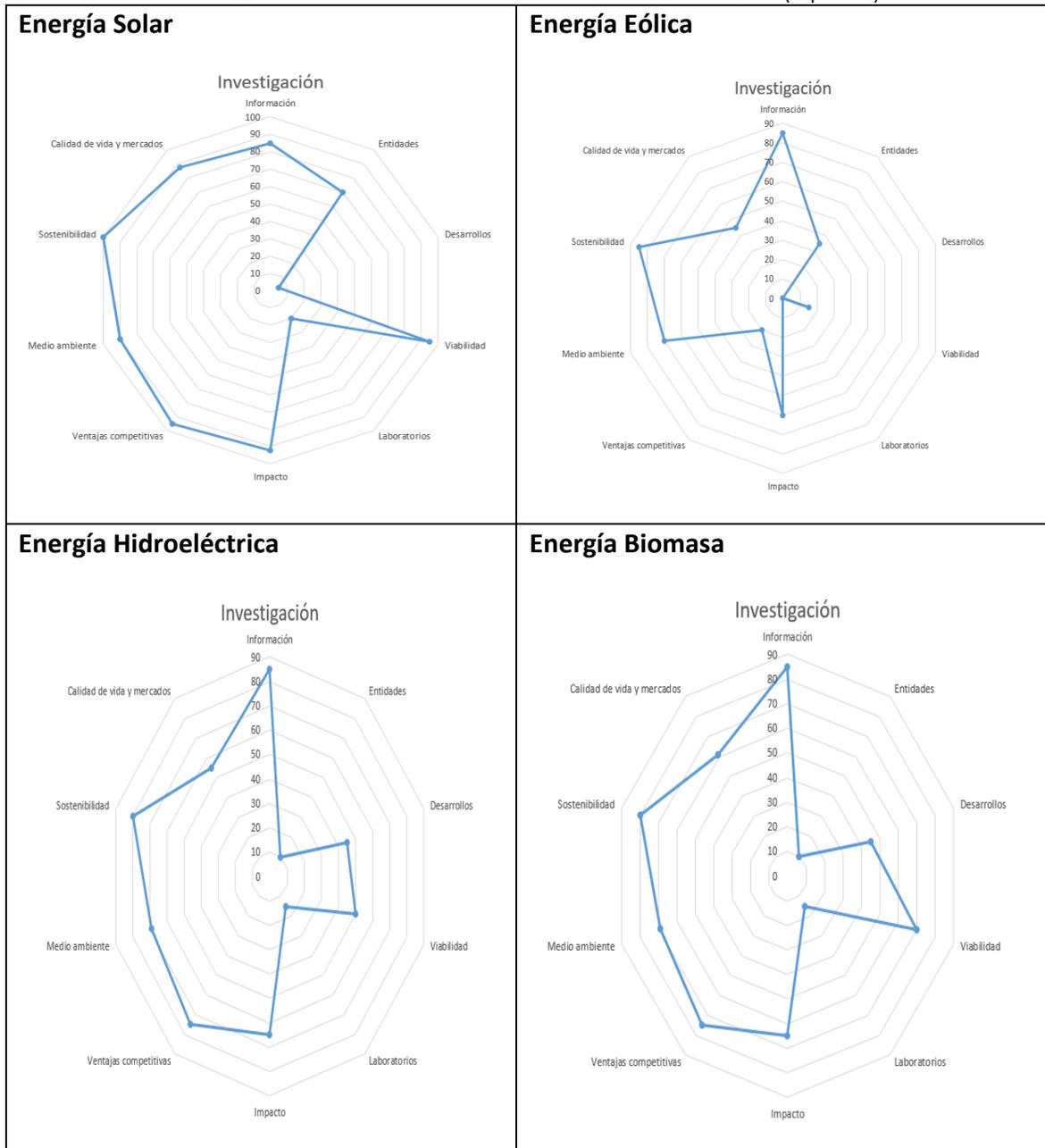
Fuente: Elaboración propia

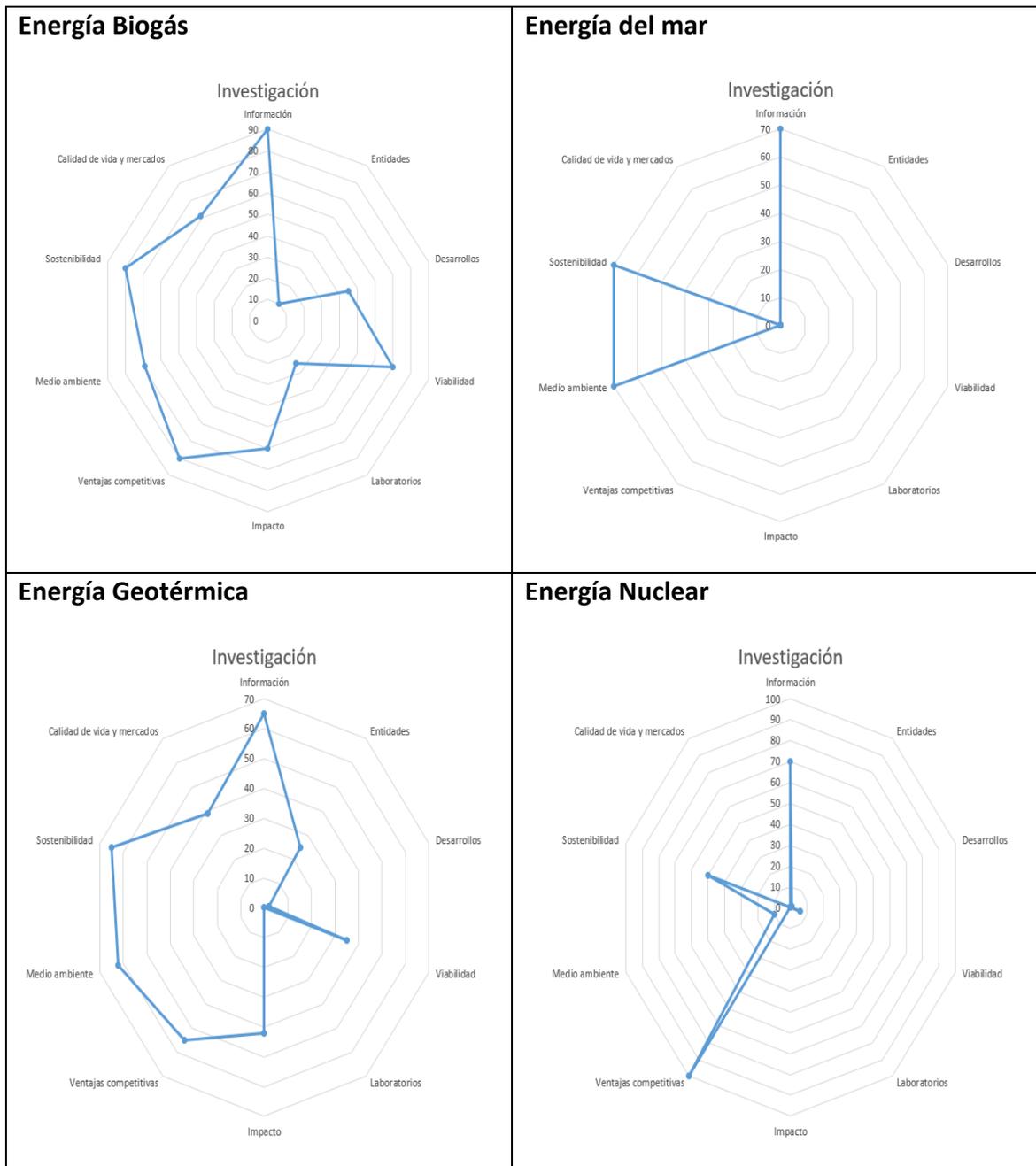
Para validar estos resultados se aplica una segunda evaluación junto a ingenieros electrónicos del Instituto Tecnológico Metropolitano –ITM–, con 3 de ellos habitantes del municipio de Bello y 2 con perfil en temas de energías renovables e innovación tecnológica a través de un software interactivo –Calculadora TRL– que permite evaluar el nivel de madurez de una tecnología en determinado territorio – Ver Anexo D –. En el juicio de expertos se incluye personal (habitantes del municipio) calificado en ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica, ingeniería de telecomunicaciones, Ingeniería en Automatización y Control y otras disciplinas que abarcan magíster en tecnologías y Doctores en Administración para conocer el nivel de percepción sobre alternativas de sostenibilidad energética en el municipio de Bello como se detalla en el Anexo C. Además, producto de esta investigación se ha venido desarrollando en las diferentes etapas de la temática en sostenibilidad energética. En este sentido, se promedian los resultados de los ingenieros en una escala de valoración de 0 a 100%. La tabla 22 representa este segundo concepto

evaluativo del uso de energías renovables en el municipio de Bello en relación con las diferentes fuentes de energía renovable en el mundo.

A continuación, se presenta el resultado de uno de los encuestados Brayhan Alexander Zuluaga, Ingeniero Electrónico del ITM, *Analyst/Developer en Tata consultancy services*.

**Tabla 22.** Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 1)





Fuente: elaboración propia

En síntesis, la energía solar y la eólica tiene más afinidad con el municipio de Bello pese a que carece de desarrollos, laboratorios y entidades que actualmente soporten las tecnologías, pero tiene variables que resaltan el uso de este elemento como alta disponibilidad, capacidad, ventajas competitivas, medio ambiente e información en bases

de datos confiables y de perfil científico, por otro lado, la energía nuclear que es la menos viable solo representa una alta ventaja competitiva, pero como bien lo plantean los expertos, Colombia es un país en proceso de desarrollo y no está interesado en invertir en este tipo de proyectos. Las demás energías poseen grandes cualidades, pero no se ajustan a las condiciones geográficas del municipio de Bello.

En este sentido, se propone para las cinco entidades públicas y privadas del municipio de Bello que el área de las terrazas o techos donde se van a instalar los paneles solares no sobrepasen los 2.500 metros cuadrados y el uso de aerogeneradores con condiciones físicas específicas (como se detalló de los desarrollos de Copacabana y Girardota) que capturen el movimiento del viento para la generación de energía, esto con el propósito de no sobrecargar los lugares y que la instalación sea sencilla, práctica y eficiente. Es de aclarar, para la energía solar, que en el mercado cada lamina conductora tiene un precio en un rango de \$120.000 a \$200.000 COP, cuya vida útil varía entre 20 y 25 años. Para el área mencionada, es posible ubicar 25 mil paneles de 1.000 cm<sup>2</sup> y la inversión en esta proporción tiene un precio de \$2,7 millones de dólares –esta es la estimación de una planta solar de gran proporción–. Para la administración municipal de Bello la inversión no es tan alta, puesto que las entidades no cuentan con espacios exorbitantes, sino con tamaños relativamente pequeños que podrían estar alrededor de 400-1.000 mts<sup>2</sup>, lo que implica unos 4.000 paneles –posiblemente menos para el caso de los colegios– con un costo de \$1.300 millones de pesos colombianos aproximadamente.

Por otro lado, Agudelo (2013) plantea que los aerogeneradores de eje horizontal, tripala para generar energía con velocidades alrededor de los 2 m/s tienen un precio que oscila entre los 5.989,5€ (unos \$25'033.273,37 COP) hasta 19.341,85€ (unos \$80'839.772,70 COP) lo que representa costos asequibles para la administración local en términos de innovación y representan potencias que van desde 3.000 W hasta 10.500 W, además, de que es una inversión con retorno a mediano plazo. Es de aclarar, que el autor hace énfasis en otro tipo de aerogeneradores como lo son los BORNAY, WINSPOT, UGE, entre otros, sin embargo, es de entrar analizar cuál es el más adecuado para adoptarlo en las cinco entidades del

municipio de Bello desde un perfil tecnológico con una proyección en innovación energética, la figura 60 representa uno de los posibles candidatos de aerogeneradores para la región Bellanita.



**Figura 60.** Aerogenerador Windspot 1.5

Fuente: tomado de (Agudelo, 2013)

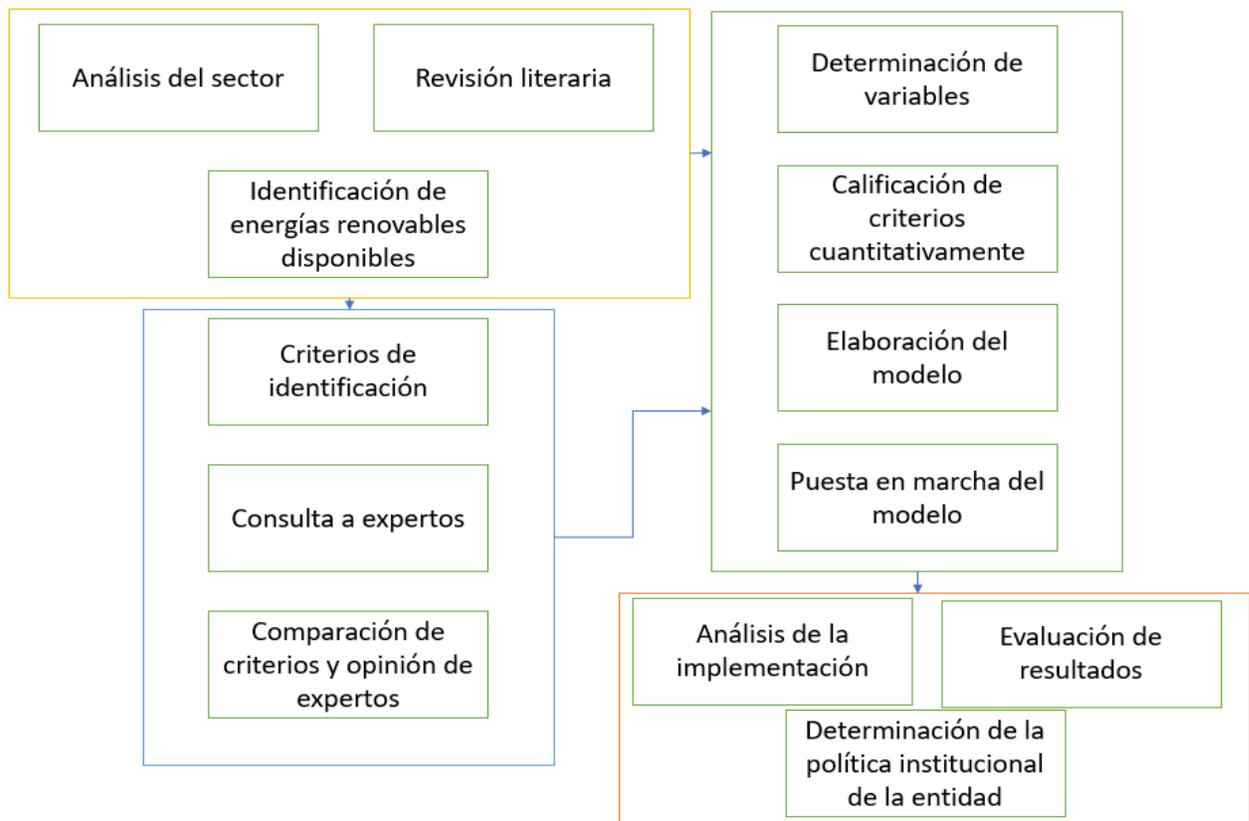
### **5.7. Discusión final: alternativas de sostenibilidad energéticas en el municipio de Bello**

El uso de la energía renovable implica un riesgo a nivel industrial. Esta teoría se fundamenta en que no se tienen desarrollos que suministren en un 100% la capacidad de consumo de ciertos procesos. China, por ejemplo, identifica a partir de la metodología AHP el uso de estas tecnologías en proyectos de gran alcance, no obstante, se establece un riesgo en las condiciones actuales de la alternativa sostenible, las características técnicas, los criterios para evaluar la tecnología y las consecuencias a mediano y largo plazo (Shan Zhou & Yang, 2020). En este sentido los riesgos se caracterizan por tener un enfoque económico, social, político y técnico. Se estipula que, para el caso de China, se cuenta con un factor del 38,96% en el impacto de los enfoques mencionados, lo que resulta muy productivo para este país invertir en tecnologías que permitan este tipo de alcances y proyecten además los beneficios que se tienen en la elaboración de proyectos encaminados a la sostenibilidad energética de un país y muchos territorios.

Este estudio se convierte fundamental para el desarrollo de la presente investigación. Por una parte, durante la exploración se ha resaltado la capacidad que tiene Colombia para

explotar el sector energético de manera limpia y aprovechar las ventajas competitivas que se tienen frente a otros países, sin embargo, no es posible comparar Colombia con China dado el desarrollo innovador de este último país frente al primero y a los retos que tienen en todas las áreas de investigación. En esencia, se ha justificado particularmente que el municipio de Bello cuenta con una riqueza en energía solar, eólica e hidráulica. El municipio también posee condiciones geográficas y físicas para adoptar estos retos tecnológicos, sin embargo, como se ha demostrado a lo largo de esta investigación, no se tiene evidencias de proyectos que apunten a estos procesos para marcar una evolución en el desarrollo del territorio (Cayir Ervural, Evren, & Delen, 2018).

Las cinco entidades públicas y privadas del municipio de Bello, en sus contextos organizacionales, requieren integrar de manera metodológica alternativas sostenibles que les permita parametrizar el tipo de energía, los criterios que apunten a mejorar la polución, impactos ambientales, contribución a la región desarrollos tecnológicos e impactos sociales. Para esto se plantea los procesos necesarios en la metodología AHP, determinando los criterios evaluativos de acuerdo con los diferentes procesos que se manejan en la región Bellanita. La figura 61 representa un resumen de las cuatro metodologías implementadas en la presente investigación, TDI representa el análisis del sector, TOE abarca los criterios y consulta de expertos, TRL contextualiza la determinación, calificación y elaboración y AHP el análisis de la implementación y los resultados, pasos metodológicos que el municipio de Bello debe seguir para adoptar nuevas formas de generar energía y convertirse en una ciudad pionera en tecnologías renovables, partiendo de procesos con enfoques en investigación y aplicación de las ciencias, además, de tener criterios claros para adoptar nuevas tecnologías y capacidad intelectual con expertos en las temáticas que garantice no solo la puesta en marcha de un proyecto, sino, la rentabilidad y la eficiencia necesaria para lograr impactar en el territorio.



**Figura 61.** Propuesta del modelo AHP para el municipio de Bello  
**Fuente:** Elaboración propia basado en (Cayir Ervural et al., 2018)

Lograr que el municipio de Bello integre proyectos de innovación en el territorio permitirá que otras ciudades de Colombia puedan explorar de manera exhaustiva las capacidades energéticas que tienen y llevar a cabo proyectos de innovación que beneficien la comunidad, el medio ambiente y la capacidad intelectual del país en proyectar este tipo de eventos que lo cataloguen como pioneros en energías renovables. Así mismo, convertir a Colombia y por supuesto al municipio de Bello en territorios que afrontan de manera responsable los impactos ambientales con ideas innovadoras que beneficien el planeta tanto en la disminución de contaminante, como en la evolución de tendencias investigativas en temas que demarcan un progreso en ciencia y tecnología.

El presente proyecto de investigación no solo resalta los problemas técnicos que tienen las cinco entidades públicas y privadas. Propone además, a partir de esas falencias, integrar de

manera adecuada sistemas híbridos que complementen de manera efectiva el consumo de energía de las entidades, como lo propone Razmjoo (2019) en los sistemas híbridos de energía. Se espera que esta investigación no solo se queda a nivel industrial sino también trascienda a los hogares, pues como se evidencia en las noticias del día a día, millones de hogares en Colombia y en Bello no cuentan con servicios energéticos básicos, obligando a los pobladores a realizar maniobras peligrosas para conectarse ilegalmente el suministro de empresas como EPM, además, como se evidencio en el Chorro del Hato una posible instalación de una planta hidráulica (turbina) que genere energía a este tipo de comunidades rurales que lo requieren para trabajar el campo y abastecerse de servicios básicos, la tabla 23 representa la situación planteada en el barrio Hato Viejo del municipio de Bello, lugar que está relativamente cerca del Chorro de Hato y podría ser uno de los beneficiados de un proyecto de esta capacidad, como lo explica el Ingeniero Mejía en el montaje de la turbina en Itagüí, resaltando que una casa en estas localidades no se gasta 100 kW en el mes y la turbina mencionada produce 350 kW/h, sería algo muy interesante de plantear desde la institucionalidad del municipio resaltando la viabilidad de un mega proyecto de esta naturaleza.

**Tabla 23.** Condiciones energéticas barrio Hato Viejo-Bello





Fuente: elaboración propia

Por último, se espera que este proyecto llegue a manos de funcionarios de la Alcaldía de Bello, competentes para iniciar una ruta de adopción tecnológica para integrar de manera sistémica proyectos energéticos en el municipio, logrando evidenciar progreso tanto a nivel económico, social, político y ambiental, transformando a Bello en la ciudad «que queremos», como reza el lema institucional del gobierno municipal.

## 5.8. Conclusiones

El cuidado del medio ambiente no solo está ligado al fomento y uso de las alternativas de sostenibilidad energética, sino, a establecer cambios significativos en la estructura energética de las entidades públicas y privadas implementando acciones que impulsen la ejecución de proyectos estructurales dentro del marco de energía como sistema central impactando sectores tales como económico, cultural e innovador a partir de prácticas metodológicas basadas en criterios soportados en conceptos innovadores y de rigurosidad científica.

La energía eólica es una alternativa viable para sostener energéticamente una ciudad, desde esta perspectiva, investigaciones locales demuestran que para la actualidad hay aerogeneradores que requieren solo 1,5 a 3,0 m/s de velocidad en el viento para la producción de electricidad. Para el municipio de Bello esta alternativa se vuelve aplicable debido a las condiciones geográficas y los resultados de otras investigaciones cercanas al municipio, pero también, donde se aprecia meses (enero y agosto) con buenas velocidades, además, se tiene que la energía solar es constante durante todo el año.

Los estudios futuros pueden traer restricciones en la implementación de un modelo, sin embargo, el modelo AHP permite evaluar y reevaluar una alternativa tecnológica con sus respectivos criterios, análisis técnicos y condiciones geográficas para garantizar una eficiencia y productividad en la tecnología que se implemente en una región determinada. Para el municipio de Bello, la energía solar y eólica son la más adecuada según el modelo AHP y los resultados que arroja esta investigación desde fuentes científicas, proyectos desarrollados en localidades cercanas y características físicas de la región.

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. Conclusiones**

La revisión sistémica de literatura en el estudio bibliométrico se usó como estrategia objetiva y metódica para el análisis exponencial de los casos actuales en sostenibilidad energética que detallan componentes claves en energía solar, eólica, nuclear, biogás, biomasa, hidráulica y de mar, en relación con los proyectos en el mundo a partir de cómo se construyeron, que relevancia tuvieron, que problemas se presentaron y cuál fue el beneficio que se logró en el territorio, valoración efectuada a partir de los criterios basados en estudios de alto impacto.

El creciente número de artículos publicados en sostenibilidad energética demuestra que el cuidado del planeta es un tema de gran impacto a nivel industrial, además, de ser un foco clave para los investigadores en el campo de la ingeniería. Gracias a que se seleccionó una de las bases de datos más rigurosas y se aplicó una ecuación de búsqueda pertinente, es posible presentar hallazgos significativos en los estudios energéticos, con la intención de que las entidades públicas y privadas en el mundo puedan evaluar sustancialmente la posibilidad de combinar técnicas estructuradas para generar energía de manera más limpia, con altos beneficios a nivel país, región o territorio.

El análisis bibliométrico también permite, desde la ciencia y la investigación, plantear agendas investigativas y temas emergentes que están asociadas a la evolución y a las tendencias en sostenibilidad energética alrededor del mundo de acuerdo con los objetivos institucionales de las organizaciones.

La presente investigación permitió analizar las condiciones actuales de las cinco entidades públicas y privadas del municipio de Bello, resaltando características de gran impacto en el mal uso de algunas en las normas RETIE de conectividad, además, de presentar problemas

de altos consumos debido al mal uso de los recursos técnicos disponibles al interior de las entidades.

Las cinco entidades públicas y privadas del municipio de Bello permitieron hacer un rastreo del gasto mensual de los años 2017, 2018 y 2019, donde se observa un aumento significativo y continuado en los costos de energías, evidenciando, en instituciones como el JEGA, el exceso de consumo por parte de los usuarios aunado a los problemas técnicos que impactan negativamente el personal de las instituciones. En esta misma línea se observa en el Colegio Andrés Bello que su planta distribuidora de energía se encuentra dentro de un aula de clase y representa altos peligros en cuanto a la manipulación de este tipo de elementos, además, las altas cargas energéticas que ponen en peligro la vida de los funcionarios y estudiantes.

Las condiciones energéticas de las cinco entidades públicas y privadas no solo presentaron aspectos negativos en la investigación. En las cinco entidades visitadas se observa que tienen alta disponibilidad en adoptar nuevas tecnologías a nivel físico, también la investigación representa una oportunidad para mejorar las condiciones actuales y que los proyectos planteados están al alcance de la administración, destacando por ejemplo que fusionar una planta solar o eólica o ambas (sistema híbrido) con la energía convencional tiene un retorno de inversión de aproximadamente cuatro años y que el ahorro se evidencia en la disminución de costos en la factura de energía mes a mes.

Es conveniente precisar que las energías renovables no son un concepto teórico y tienen grandes diferencias con las energías convencionales –petróleo, gas y carbón–. Cabe señalar que las fuentes de energía renovables son inagotables, es decir, cuentan con abundantes cantidades y con características particulares, las cuales, de acuerdo con la posición geográfica, es pertinente evaluar en contraste con el nivel de madurez de cada una de ellas, para adoptar de manera exitosa la tecnología más acorde al territorio.

Esta investigación demuestra que las cinco entidades públicas y privadas del municipio de Bello tienen la capacidad tanto financiera, física e intelectual –personal con énfasis en ciencia e investigación– de adoptar alternativas de sostenibilidad energética, convirtiendo

estructuras comunes en complejos híbridos que permiten estructurar mejor la distribución de la energía e impactar con este tipo de diseños, en la conservación del medio ambiente, la reducción de costos y la transformación de una ciudad en pro de la innovación y el desarrollo territorial.

La presente investigación plantea mejoras tecnológicas desde la evaluación de la seguridad y la eficiencia de los sistemas existentes en las cinco entidades públicas y privadas del municipio de Bello, incorporando por primera vez un proyecto innovador que abarca las necesidades del municipio y se alinea con los Planes de Desarrollo Territorial, validando desde un enfoque investigativo y científico para impactar en lo social, lo económico y lo ambiental basado en los niveles de madurez de las tecnologías energéticas actuales con criterios fundamentados desde lo teórico y lo práctico en un contexto práctico para la ciudad.

Los análisis jerárquicos aportaron a la investigación en la medida que permitieron demostrar que la energía solar y eólica son las más adecuadas para el municipio de Bello, a partir de la valoración de que este municipio es el más rico en presencia del sol por su ubicación en el Valle y las características técnicas que se resaltan a partir de la geografía del territorio, además de contar en la actualidad con tecnología en aerogeneradores de producción en energía con rangos entre los 1,5 m/s y 3 m/s. Resulta muy práctico evaluar cada tecnología desde el nivel de madurez hasta una jerarquización de criterios y subcriterios para justificar con datos reales fundados desde la investigación y la ciencia la parametrización de características en el campo de la energía y sus alternativas.

Finalmente, un mejor aprovechamiento de las alternativas de sostenibilidad energética permitirá tener acceso a las tecnologías que impacten positivamente desde lo cultural, social y económico en relación con las personas, colegios, empresas y universidades promoviendo la cultura ambiental a través de los planes de desarrollo territorial en el municipio de Bello.

## 6.2. Recomendaciones

Se recomienda estudiar las alternativas de sostenibilidad energéticas en los contextos industriales y las formas como se toman las decisiones a partir de criterios y subcriterios, permitiendo la comprensión de los procesos energéticos que sirvan como guías en la estructuración de estrategias por parte de futuros territorios en Colombia interesados en las tecnologías para ser aplicados de manera exitosa.

A partir de los resultados de esta investigación se observa que las investigaciones futuras que incorporen aspectos claves para generar más resultados en el uso de tecnologías en sostenibilidad energética, permitan conducir a más entidades hacia la adopción de nuevas formas de contribuir por medio de procesos científicos e investigativos, así también en mejorar sustancialmente las condiciones actuales del medio ambiente y reducir entre un 20% y 30% los costos por el uso de los recursos durante los 365 días del año.

Las energías renovables son un componente académico con mucho por explorar. Es una temática que aún está en la etapa de investigación, por lo que se recomienda continuar con este tipo de proyectos a nivel nacional, evaluando rigurosamente qué tipo de tecnología es la más adecuada en cada uno de los territorios estudiados. Por otra parte, es de vital importancia no solo tener claro la zona geográfica analizada, sino también, cada uno de los componentes técnicos y financieros, de cara a alcanzar una productividad ideal en el lugar de implementación. Sin duda, desarrollar nuevas y eficientes fuentes de energía proporcionarían mejores sistemas mitigando el problema del crecimiento exponencial en el planeta que es una de las variables más representativas de este estudio.

Se observa que no existe ninguna teoría para determinar la adopción de fuentes basadas en energías renovables en las entidades seleccionadas. Por un lado, Colombia y países de todo el mundo tienen el potencial para desarrollar secuencias de actividades que permitan

identificar regiones o territorios débiles en el uso de la energía, al tiempo que promover el uso de tecnologías que se adapten a las condiciones geográficas y aportar continuamente el servicio eléctrico para emprender nuevos retos, nuevas entidades y mejores desarrollos a nivel local e internacional a partir de los resultados de la presente investigación. Se espera que esta exploración se lleve a un nivel más avanzado y se estudie la posibilidad de brindar este tipo de servicios a las personas de bajos recursos.

La investigación y el desarrollo de proyectos que tengan relación con alternativas de sostenibilidad energética deben potencializarse desde la educación orientado a la creación de nuevas entidades públicas y privadas para mejorar las intervenciones científicas que permitan identificar sectores débiles en la adopción de nuevas tecnologías, así se logra fomentar el conocimiento y ampliar las capacidades tecnológicas de la comunidad Bellanita. A nivel metodológico, los análisis jerárquicos y el nivel de madurez de las tecnologías en sostenibilidad energética alcanzan un análisis en la adopción de nuevos métodos basados en los criterios y subcriterios de selección. Así mismo, los resultados proporcionan elementos para el desarrollo de nuevas fuentes de generación eléctrica, permitiendo alcanzar a todo tipo de usuarios y lograr que se tengan servicios básicos de energía en todos los lugares de Colombia. Esto, sin duda, representa una evolución en cada una de las tecnologías adoptadas por la región y el territorio Bellanita.

La presente investigación es una clara oportunidad de mejorar los aspectos negativos que pueda tener una entidad en la actualidad, con el propósito de optimizar puntualmente los componentes de una red, desde esta perspectiva y desde la ingeniería, corregir componentes eléctricos y electrónicos sintetiza la disminución de los gastos mensuales en las facturas de energías como se apreció en las cinco entidades analizadas, por otro lado, tener una red organizada y alineada con la norma RETIE de Colombia garantiza a mediano y largo plazo incorporar sistemas tecnológicos en sostenibilidad energética dando paso a

contribuir con los procesos innovadores que priman sobre la responsabilidad social, cultural y ambiental de la región.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acolgen. (2020). La energía que impulsa a Colombia. Retrieved from <https://www.acolgen.org.co/>
- Adams, F. G., & Griffin, J. M. (1972). An economic-linear programming model of the U.S. petroleum refining industry. *Journal of the American Statistical Association*, 67(339), 542–551. <https://doi.org/10.1080/01621459.1972.10481246>
- Adánez, J., Abad, A., Mendiara, T., Gayán, P., de Diego, L. ., & García-Labiano, F. (2018). Progress in Energy and Combustion Science. *ScienceDirect*, 65, 6–66. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2017.07.005>
- AEE. (2018). Anuario Eólico.
- Agbanike, T. F., Nwani, C., Uwazie, U. I., Anochiwa, L. I., Onoja, T. G. C., & Ogonnaya, I. O. (2019). Oil price, energy consumption and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions: insight into sustainability challenges in Venezuela. *Latin American Economic Review*, 28(1), 1–26. <https://doi.org/10.1186/s40503-019-0070-8>
- Agudelo, A. (2013). *ESTUDIO DE AEROGENERADORES DE BAJA VELOCIDAD PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN EL VALLE DE ABURRÁ*. Universidad pontificia Bolivariana.
- Aguilera, J. (2012). Fuentes de energía y Protocolo de Kioto en la Evolución del Sistema Eléctrico Español.
- Ahmed, F. E., Hashaikeh, R., & Hilal, N. (2019). Solar powered desalination – Technology, energy and future outlook. *Desalination*, 453(December 2018), 54–76. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2018.12.002>
- Alcaldía Bello. (2017). Secretaria de medio ambiente y desarrollo rural. Retrieved from <https://www.bello.gov.co/index.php/pages/de-medio-ambiente>
- Alcaldía Bello. (2019). Plan de desarrollo Bello. Retrieved from <http://www.metropol.gov.co/observatorio/Expedientes Municipales/Bello/Documentos tematicos/Plan de Desarrollo Bello 2012-2015.pdf>
- Alcaldía de Bello. (2009). Revisión y ajuste del Plan de Ordenamiento Territorial de Bello. Acuerdo 033 de 2009, 1–406.
- Alcaldía de Bello. (2017). Información institucional. Retrieved from <https://www.bello.gov.co/index.php/styles/ciudad-de-bello/item/90-poblacion-actual-del-municipio-de-bello>
- Alcaldía de Bello. (2018). Plan De Desarrollo Municipal, (10), 1–36.
- Alcaldía de Bello. (2019). Secretaria de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Rural.

Retrieved from <https://bello.gov.co/index.php/pages/de-medio-ambiente>

Alcaldía Medellín. (2019). Nuestro METRO.

Alonso, J., Fernández, A., Jiménez, C., Lecuona, A., Mellado, F., Plaza, J., ... Sala, G. (2007). *Energía solar fotovoltaica*. Madrid. Retrieved from <http://www.coit.es>

Álvarez. (2016). Retos de América Latina: Agenda para el Desarrollo Sostenible y Negociaciones del siglo xxi Challenges for Latin America: The Agenda for Sustainable Development and Negotiations in the Twenty-First Century. *Revista Problemas Del Desarrollo*, 186(47), 58. <https://doi.org/10.1016/j.rpd.2016.08.002>

André, F. J., De Castro, L. M., & Cerdá, E. (2012). Las energías renovables en el ámbito internacional. *Revista CiCe*, 100, 25. <https://doi.org/10.1007/s11920-013-0397-9>

Anton, S. G., & Afloarei Nucu, A. E. (2020). The effect of financial development on renewable energy consumption. A panel data approach. *Renewable Energy*, 147, 330–338. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.09.005>

Arango, M. C. (2019). Panorama energético de Colombia. Retrieved from <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/especiales/especial-energia-2019/panomara-energetico-colombia>

Arciniegas-Ortiz, J. A., & Ramirez-Lopez, L. J. (2018). Integrated Management Systems and Modern Management.

Ardila, M. P. (2020). Los interrogantes que deja el cierre del parque eólico Jepírachi en La Guajira. *EL ESPECTADOR*. Retrieved from <https://www.elespectador.com/noticias/nacional/los-interrogantes-que-deja-el-cierre-del-parque-eolico-jepirachi-en-la-guajira-articulo-910451/>

Area Metropolitana. (2004). Plan Estadístico Municipio de Bello. Retrieved from <https://www.dane.gov.co/files/planificacion/planificacion/planes/Bello.pdf>

Área Metropolitana. (2019). Área Metropolitana Valle del Aburra. Retrieved from <https://www.metropol.gov.co/>

Arias, G., & Acevedo, A. M. (2017). *Estado Actual de la Producción de Energía Geotérmica en Colombia*.

Arroyave-Maya, Posada-Posada, Nowak, & Hoehn. (2019). Remoción de contaminantes atmosféricos por el bosque urbano en el valle de Aburrá. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-07392019000100005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-07392019000100005)

Ayodele, O. L., Sanusi, K. O., & Kahn, M. T. (2019). Nuclear battery: a source of environmentally friendly energy. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 17(1), 172–182. <https://doi.org/10.1108/JEDT-02-2017-0011>

Aznar-Sánchez, J. A., Velasco-Muñoz, J. F., Belmonte-Ureña, L. J., & Manzano-Agugliaro, F. (2019). Innovation and technology for sustainable mining activity: A worldwide

- research assessment. *Journal of Cleaner Production*, 221, 38–54.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.243>
- Bahadar, A., & Bilal Khan, M. (2013). Progress in energy from microalgae: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 27, 128–148.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.06.029>
- Bao, T., & Liu, Z. (Leo). (2019). Geothermal energy from flooded mines: Modeling of transient energy recovery with thermohaline stratification. *Energy Conversion and Management*, 199(June), 111956. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.111956>
- Barbastefano, R. G., Souza, C., Costa, J. S., & Teixeira, P. M. (2013). Names and its impacts on social networks properties: A study in a co-authorship network on sustainability.
- Barragán-Escandón, E., Zalamea-León, E., Terrados-Cepeda, J., & Vanegas-Peralta, P. (2019). *Factores que influyen en la selección de energías renovables en la ciudad. Eure* (Vol. 45). <https://doi.org/10.4067/S0250-71612019000100259>
- Bastidas, D., & Ramos, J. (2009). *Gestión Pública*, 140.
- Benedict, B. A. (2017). Understanding Full Life-cycle Sustainability Impacts of Energy Alternatives. *Energy Procedia*, 107(September 2016), 309–313.  
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.12.158>
- Berumen, S. a, & Redondo, F. L. (2007). La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente, 20(34), 65–87.  
<https://doi.org/10.1007/s11665-012-0129-z>
- Bosch, S. (2019). The sea as a source of regenerative energy. *Geographische Rundschau*, 71(4), 28–33.
- Bourcet, C. (2020). Empirical determinants of renewable energy deployment: A systematic literature review. *Energy Economics*, 85, 104563.  
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104563>
- BP. (2017). A year of strong delivery and growth.
- Bragado, I. (2003). *Física General*. Retrieved from <http://www.ele.uva.es>
- Bremer, L. L., Wada, C. A., Medoff, S., Page, J., Falinski, K., & Burnett, K. M. (2019). Contributions of native forest protection to local water supplies in East Maui. *Science of The Total Environment*, 688, 1422–1432.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.220>
- Briggs, B., & Buchholz, S. (2019). Tendencias tecnológicas 2019.
- Carcangiu, S., & Montisci, A. (2012). A building-integrated eolic system for the exploitation of wind energy in urban areas. *2012 IEEE International Energy Conference and Exhibition, ENERGYCON 2012*, 172–177.  
<https://doi.org/10.1109/EnergyCon.2012.6347746>

- Carcangiu, S., & Montisci, A. (2020). A building-integrated eolic system for the exploitation of wind energy in urban areas, 6347746. <https://doi.org/10.1109/EnergyCon.2012.6347746>
- Carfora, A., & Scandurra, G. (2019). The impact of climate funds on economic growth and their role in substituting fossil energy sources. *Energy Policy*, 129(February), 182–192. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.02.023>
- Carmargo, L., Arboleda, M., & Cardona, E. (2013). PRODUCCIÓN DE ENERGÍA LIMPIA EN COLOMBIA, LA BASE PARA UN CRECIMIENTO SOSTENIBLE, 5.
- Catapano, F., Di Iorio, S., Magno, A., Sementa, P., & Vaglieco, B. M. (2015). A comprehensive analysis of the effect of ethanol, methane and methane-hydrogen blend on the combustion process in a PFI (port fuel injection) engine. *Energy*, 88, 101–110. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.02.051>
- Cayir Ervural, B., Evren, R., & Delen, D. (2018). A multi-objective decision-making approach for sustainable energy investment planning. *Renewable Energy*, 126, 387–402. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.051>
- CEPAL. (2014). *El desafío de la sostenibilidad ambiental en América Latina y el Caribe: Textos seleccionados 2012-2014 | Publicación | Comisión Económica para América Latina y el Caribe*.
- CEPAL. (2015). Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Retrieved from <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible>
- CEPAL. (2018). Reflexiones sobre el desarrollo en América Latina y el Caribe: conferencias magistrales 2016-2018. Retrieved from <http://e-journal.uajy.ac.id/14649/1/JURNAL.pdf>
- Chavarro, J. (1993). Ley 80 de 1993, (octubre 28).
- Chayutthanabun, & Chinda. (2019). Factors Affecting Green Production of the Automotive Industry in Thailand: Frequency Analysis. *TIMES-ICON 2018 - 3rd Technology Innovation Management and Engineering Science International Conference*, (May), 2019. <https://doi.org/10.1109/TIMES-ICON.2018.8621661>
- Cheng, T.-M., Chang, H.-N., Yen, C., & Chen, M.-H. (2018). Creating a low-carbon campus in Chaoyang University of Technology (CYUT). *E3S Web of Conferences*, 48, 03001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184803001>
- Chávez, P. J., Martini, I., & Discoli, C. (2019). Methodology developed for the construction of an urban-energy diagnosis aimed to assess alternative scenarios: An intra-urban approach to foster cities' sustainability. *Applied Energy*, 237(December 2018), 751–778. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.037>
- CIDET. (2005). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), (57).
- City, P. (2018). América Latina y del Caribe. Retrieved from <http://poblacion.population.city/world/la>

- Clave, A. C. (2017). Energías renovables en Rusia, 1–12.
- Colak, H. E., Memisoglu, T., & Gercek, Y. (2020). Optimal site selection for solar photovoltaic (PV) power plants using GIS and AHP: A case study of Malatya Province, Turkey. *Renewable Energy*, 149, 565–576. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.12.078>
- Colciencias. (2016). Niveles De Madurez Tecnológica, 5. Retrieved from [http://innovationsfonden.dk/sites/default/files/societal\\_readiness\\_levels\\_-\\_srl.pdf](http://innovationsfonden.dk/sites/default/files/societal_readiness_levels_-_srl.pdf)
- Colciencias. (2018). Convocatoria línea de fomento a la innovación y desarrollo tecnológico en las empresas, 4. Retrieved from <https://bit.ly/32c8j0N>
- Comisión de regulación de comunicaciones. (2019). Revisión de las condiciones de compartición de infraestructura y redes.
- Comisión Económica Para América Latina y el Caribe-CEPAL. (2016). Ciencia, tecnología e innovación en la economía digital: la situación de América Latina y el Caribe. In *Conferencia de Ciencia, Innovación y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Libros y Documentos Institucionales* (pp. 1–96).
- Congreso de Colombia. (1997). Ley 388 de 1997.
- Copping, A., LiVecchi, A., Spence, H., Gorton, A., Jenne, S., Preus, R., ... Gore, S. (2018). Maritime renewable energy markets: Power from the sea. *Marine Technology Society Journal*, 52(5), 99–109. <https://doi.org/10.4031/MTSJ.52.5.3>
- Corredor, G. (2018). Colombia y la transición energética. *Ciencia Política*, 12(25), 107–125. <https://doi.org/10.15446/cp.v12n25.70257>
- Cortés. (2017). Modelo unificado de adopción del teletrabajo en las organizaciones colombianas. Retrieved from <http://bdigital.unal.edu.co/58621/1/1026139667.2017.pdf>
- Cortés, S., & Londoño, A. (2017). Energías renovables en Colombia: una aproximación desde la economía. *Renewable Energy in Colombia: An Approach from the Economy. (English)*, 25(38), 375. <https://doi.org/rces.v25n38.a7>
- Cubillos, A., & Estenssoro, F. (2011). *Energía y medio ambiente : una ecuación difícil para América Latina y los desafíos del crecimiento y desarrollo en el contexto del cambio climático*.
- Dalgleish, T., Williams, J. M. G. ., Golden, A.-M. J., Perkins, N., Barrett, L. F., Barnard, P. J., ... Watkins, E. (2018). ENERGIAS RENOVABLES Un futuro óptimo para Colombia. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(1), 23–42.
- DANE. (2019a). Boletín Técnico Pobreza Multidimensional en Colombia Pobreza multidimensional en Colombia. *Dane*, 24. Retrieved from [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones\\_vida/pobreza/2018/bt\\_pobreza\\_multidimensional\\_18.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/pobreza/2018/bt_pobreza_multidimensional_18.pdf)

- DANE. (2019b). DANE, Información para todos. Retrieved from <https://www.dane.gov.co/>
- Dar-Mousa, R. N., & Makhamreh, Z. (2019). Analysis of the pattern of energy consumptions and its impact on urban environmental sustainability in Jordan: Amman City as a case study. *Energy, Sustainability and Society*, 9(1).  
<https://doi.org/10.1186/s13705-019-0197-0>
- de Lima, J. D., Jucá, J. F. T., Reichert, G. A., & Firmo, A. L. B. (2014). Uso de modelos de apoio à decisão para análise de alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos na Região Sul do Brasil. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 19(1), 33–42. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014000100004>
- Deloitte. (2019). Tendencias tecnológicas 2019, 5–17.
- Dubrovsky, H., Di, N., Naval, G., & Contreras, R. (2019). Transformación energética de América Latina. *CEPAL*, 98.
- ECSIM. (2013). ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA REGULACIÓN Y DE LAS ESTRUCTURAS PRODUCTIVA E INDUSTRIAL DEL SECTOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA SOBRE EL NIVEL FINAL DE LAS TARIFAS Y PRECIOS DEL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COLOMBIA. *Contrato N° 2012106 Para Programa De Transformación Productiva -Bancoldex*, 833.
- EIA. (2019). Energy Information Administration.
- EL ESPECTADOR. (2019). ¿Colombia tiene potencial en fuentes de energía renovables? Retrieved from <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/colombia-tiene-potencial-en-fuentes-de-energia-renovables-articulo-877125>
- Elsevier. (2019). Scopus. Retrieved from <https://www-scopus-com.itm.elogim.com:2443/search/form.uri?zone=TopNavBar&origin=searchadvanced&display=advanced>
- ENDESA. (2019). Centro de Transformación Interior: Local, Edificio, Planta y Calle.
- Energía y sociedad. (2019). Manual de la energía. Retrieved from <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/1-1-aspectos-basicos-de-la-electricidad/>
- enersinc. (2017). Energy Demand Situation in Colombia, 136.
- EOLICCAT. (2019). Energía Eólica. Retrieved from <http://eoliccat.net/?lang=es>
- EPM. (2019). Energía. Retrieved from <https://www.epm.com.co/site/home/institucional/nuestras-plantas/energia#undefined>
- Escorcía, T. (2008). El Análisis Bibliométrico como herramienta para el seguimiento de publicaciones científicas, tesis y trabajos de grado. *Universitas Scientiarum* 61, 61. Retrieved from <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis209.pdf>
- FECYT. (2013). ¿Cuál es el consumo mundial de energía? Retrieved from <https://descubrelaenergia.fundaciondescubre.es/2013/09/11/cual-es-el-consumo->

mundial-de-energia/

- Fereira, J. R. B., & Petit-Torres, E. E. (2017). Explanatory models of the process of technological innovation in the organizations. *Revista Venezolana de Gerencia*, 22. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29055964004>
- Field, Barros, Dokken, Mach, & Mastrandrea. (2014). Cambio Climático. *Quinto Informe de Evaluación Del Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre El Cambio Climático*.
- Fournier, N., Guentchev, G., Krijnen, J., Saulter, A., Acton, C., & Hanlon, H. (2018). Impact of climate change on the north sea offshore energy sector. *Proceedings of the International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering - OMAE, 7B*, 77989. <https://doi.org/10.1115/OMAEO2018-77989>
- Gaitán, E. (1937). Reseña histórica, (34).
- Ganesh, N. S., & Srinivas, T. (2019). Nuclear energy-driven Kalina cycle system suitable for Indian climatic conditions. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 41(3), 298–308. <https://doi.org/10.1080/15567036.2018.1516011>
- Garcia-Bernabeu, A., Mayor-Vitoria, F., & Mas-Verdu, F. (2015). A MCDM approach for project finance selection: An application in the renewable energy sector. *Recta*, 16(1), 13–26.
- García, R. de J. (2011). “ Más ganados que frutos ”. La evolución de la tenencia de la tierra en Hatoviejo ( Bello ), Antioquia , siglos XVII a XVIII, 3(6), 65–96.
- Ge, J., & Yan, Y. (2018). Controllable Multinary Alloy Electrodeposition for Thin-Film Solar Cell Fabrication: A Case Study of Kesterite Cu<sub>2</sub>ZnSnS<sub>4</sub>. *IScience*, 1, 55–71. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2018.02.002>
- Geoplant. (2005). La energía geotérmica, 1–4.
- Giamalaki, M., & Tsoutsos, T. (2019). Sustainable siting of solar power installations in Mediterranean using a GIS/AHP approach. *Renewable Energy*, 141, 64–75. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.100>
- Glynn, & Heinke. (1999). *Ingeneria Ambiental.Pdf* (segunda ed). Mexico.
- González-Ramírez, X., Hernández-Robles, I. A., & Barrios-Piña, H. (2017). Wave energy potential in Mexico's coastal nodes. Part 1: Energy estimation. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 8(6), 5–22. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-06-01>
- González, J, Moya, M., & Hernández, M. (1997). Justificación de la evaluación científica. *Indicadores Bibliométricos: Características y Limitaciones En El Análisis de La Actividad Científica*, 47, 10. Retrieved from <https://www.aeped.es/sites/default/files/anales/47-3-3.pdf>
- González, Jose. (2017). Ley de Pareto: 80/20, 1–25. Retrieved from [www.jggomez.eu](http://www.jggomez.eu)

- Guangul, F. M., & Chala, G. T. (2019). Solar energy as renewable energy source: SWOT analysis. *2019 4th MEC International Conference on Big Data and Smart City, ICBDS 2019*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICBDSC.2019.8645580>
- Gutiérrez, J., & Marín, Y. (2012). Poder psiquiátrico, formas clínicas y clasificación de la locura como enfermedad social, en el caso del Manicomio Departamental de Antioquia 1920-1959. *Katharsis: Revista de Ciencias Sociales*, (14), 197–224. <https://doi.org/10.25057/25005731.457>
- Güven, A., & Şebcioğlu. (2018). Impact of climate change on financial analysis of a small hydropower project. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(9), 1–6. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-1792-x>
- Haas, R., Nakicenovic, N., Ajanovic, A., Faber, T., Kranzl, L., Müller, A., & Resch, G. (2008). Towards sustainability of energy systems: A primer on how to apply the concept of energy services to identify necessary trends and policies. *Energy Policy*, 36(11), 4012–4021. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.06.028>
- Haidar, A. M. A., & Muttaqi, K. M. (2016). Behavioral characterization of electric vehicle charging loads in a distribution power grid through modeling of battery chargers. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 52(1), 483–492. <https://doi.org/10.1109/TIA.2015.2483705>
- Hariastuti, N., & Marlina, B. (2018). Bioenergy Potential Based on Vinasse From Ethanol Industrial Waste to Green Energy Sustainability. *E3S Web of Conferences*, 31, 02015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183102015>
- Hassanien, A. E. (2019). Advances in Intelligent Systems and Computing 1058 Proceedings of the International Conference on Advanced Intelligent Systems and Informatics, 855–865. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-31129-2>
- Hernández, R. (2017). Análisis de factibilidad para la instalación de un sistema de energía limpia mediante celdas fotovoltaicas para la alimentación eléctrica del edificio 4 en el itslv.
- Hirshorn, S., & Jefferies, S. (2016). Final Report of the NASA Technology Readiness Assessment (TRA) Study Team, (March 2016), 1–63. Retrieved from <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20170005794>
- Hoyos, J. F. (2018). Ponencia nacional sobre la ley 80 de 1993: Los retos municipales para la innovación. Bello-Antioquia.
- Hwang, J. Y., & Kiung, Y. (2020). Wave energy converters ( WEC ) for desalination applications . A potential application in Mediterranean Sea, 192064.
- IEA. (2016). International Energy Agency. Retrieved from <https://www.iea.org/countries/Colombia/>
- IEA. (2018). World Energy Outlook 2018, 2–14.
- Instituto Español de estudios. (2019). *Energía y geoestrategia 2019. Energía y*

- 
- Geoestrategia 2019, 2019, ISBN 978-84-9091-414-4, págs. 223-250.* Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6932151>
- IPCC. (2018). *Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático: Resumen para responsables de políticas y resumen técnico.* Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. [https://doi.org/ISBN 978-92-9169-331-3](https://doi.org/ISBN%20978-92-9169-331-3)
- IPCC. (2019). The Intergovernmental Panel on Climate Change. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/>
- Ivanco, M., Hou, G., & Michaeli, J. (2017). Sensitivity analysis method to address user disparities in the analytic hierarchy process. *Expert Systems with Applications, 90*, 111–126. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.08.003>
- Jacobson, M. Z., & Delucchi, y M. A. (2010). ENERGIA SOSTENIBLE: Objetivo 2030. *Version-1a1*, 1–8. Retrieved from <http://bicentenarioitalagante.cl/archivos/wp-content/uploads/2015/04/Texto-de-3º-Medio-A-y-B-version-1a1.pdf>
- Jahid, A., Monju, K. H., Hossain, S., & Hossain, F. (2019). Hybrid power supply solutions for off-grid green wireless networks. *International Journal of Green Energy, 16*(1), 12–33. <https://doi.org/10.1080/15435075.2018.1529593>
- Jeong, J. S., & Ramírez-Gómez, Á. (2018). Optimizing the location of a biomass plant with a fuzzy-DEcision-MAKING Trial and Evaluation Laboratory (F-DEMATEL) and multi-criteria spatial decision assessment for renewable energy management and long-term sustainability. *Journal of Cleaner Production, 182*, 509–520. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.072>
- Jiang, D., Xu, M., Dong, M., Guo, F., Liu, X., Chen, G., & Wang, Z. L. (2019). Water-solid triboelectric nanogenerators: An alternative means for harvesting hydropower. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 115*(August), 109366. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109366>
- Jiang, Z., Shah, H., Rojas-Cessa, R., Grebel, H., & Mohamed, A. (2018). Experimental evaluation of power distribution to reactive loads in a network-controlled delivery grid. *2018 3rd International Conference on Fog and Mobile Edge Computing, FMEC 2018*, 199–204. <https://doi.org/10.1109/FMEC.2018.8364065>
- Jiménez-garcía, F. N., Restrepo-franco, A. M., & Mulcúe-Nieto, L. (2019). Estado de la investigación en energía en Colombia : una mirada desde los grupos de investigación, *28*(52), 0–2.
- Joint Research Centre. (2019). ENSPRESO - An open data, EU-28 wide, transparent and coherent database of wind, solar and biomass energy potentials. *Energy Strategy Reviews, 26*(September 2019), 100379. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100379>
- Jun, H., Jabbar, H., Song, Y., & Hyun, T. (2016). Sensors and Actuators A : Physical Hybrid-type ( d 33 and d 31 ) impact-based piezoelectric hydroelectric energy harvester for watt-level electrical devices. *Sensors & Actuators: A. Physical, 245*, 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2016.04.013>

- Käki, A., Kemppainen, K., & Liesiö, J. (2019). What to do when decision-makers deviate from model recommendations? Empirical evidence from hydropower industry. *European Journal of Operational Research*, 278(3), 869–882. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.04.021>
- Kang, B., Jang, K., Park, S., Choi, M. I., & Park, S. (2018). Energy storage system control algorithm by operating target power to improve energy sustainability of smart home. *Sustainability (Switzerland)*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/su10010236>
- Karaşan, A., Gündoğdu, F. K., & Kahraman, C. (2020). Pythagorean fuzzy AHP method for the selection of the most appropriate clean energy technology. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1029, 879–887. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-23756-1>
- Karhan, G. (2019). Does renewable energy increase growth? Evidence from EU-19 countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(2), 341–346. <https://doi.org/10.32479/ijee.7589>
- Keleş, S., & Bilgen, S. (2012). Renewable energy sources in Turkey for climate change mitigation and energy sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 5199–5206. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.05.026>
- Khan, S. U. D., Khan, S. U. D., Danish, S. N., Orfi, J., Rana, U. A., & Haider, S. (2018). Nuclear Energy Powered Seawater Desalination. *Renewable Energy Powered Desalination Handbook: Application and Thermodynamics*, 225–264. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815244-7.00006-4>
- Khiari, B., Jeguirim, M., Limousy, L., & Bennici, S. (2019). Biomass derived chars for energy applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 108(November 2018), 253–273. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.03.057>
- Klimavicius, S. (2018). La curiosidad de los alumnos en las clases de ciencias biológicas. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 2(14), 51. <https://doi.org/10.18861/cied.2007.2.14.2739>
- Kljajić, M. V., Anđelković, A. S., Hasik, V., Munćan, V. M., & Bilec, M. (2020). Shallow geothermal energy integration in district heating system : An example from Serbia. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.11.103>
- Kluczek, A. (2019). An energy-led sustainability assessment of production systems – An approach for improving energy efficiency performance. *International Journal of Production Economics*, 216(April), 190–203. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.04.016>
- Knoema. (2017). Consumo total de energía primaria. Retrieved from <https://knoema.es/atlas/topics/Energía/Energía-Total/Consumo-de-Energía-Primaria>
- Kougias, I., Aggidis, G., Avellan, F., Deniz, S., Lundin, U., Moro, A., ... Theodossiou, N. (2019). Analysis of emerging technologies in the hydropower sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 113(July), 109257. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109257>

- Kraemer, D., McEnaney, K., Cao, F., Ren, Z., & Chen, G. (1970). Accurate determination of the total hemispherical emittance and solar absorptance of opaque surfaces at elevated temperatures. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 132, 640–649. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2014.10.026>
- Kulkarni, M. B., & Ghanegaonkar, P. M. (2019). Methane enrichment of biogas produced from floral waste: A potential energy source for rural India. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 41(22), 2757–2768. <https://doi.org/10.1080/15567036.2019.1571126>
- Lan, X., Chen, Q., & Cai, L. (2019). Wireless Powered Buffer-Aided Communication over K-User Interference Channel. *IEEE Vehicular Technology Conference, 2018-Augus*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/VTCFall.2018.8690981>
- Lap, T., van der Hilst, F., Szklo, A., Schaeffer, R., Koberle, A., Nogueira, L. P. P., ... Faaij, A. (2018). Pathways for a Brazilian biobased economy: towards optimal utilization of biomass. (*Under Review*), 1–17. <https://doi.org/10.1002/bbb.1978>
- Lee, Y., Rönnegård, L., & Noh, M. (2017). *Data Analysis Using Hierarchical Generalized Linear Models with R*. Retrieved from [http://www.ghbook.ir/index.php?name=فرهنگ\\_و\\_رسانه\\_های\\_نوین&option=com\\_dbook&task=readonline&book\\_id=13650&page=73&chckhashk=ED9C9491B4&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component](http://www.ghbook.ir/index.php?name=فرهنگ_و_رسانه_های_نوین&option=com_dbook&task=readonline&book_id=13650&page=73&chckhashk=ED9C9491B4&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component)
- Leonzio, G. (2018). An innovative trigeneration system using biogas as renewable energy. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 26(5), 1179–1191. <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2017.11.006>
- Li, G., Liu, Z., & Yang, J. (2012). Research on TRL Assessment System Supporting Energy Storage in Micro Grid. <https://doi.org/https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.512-515.976>
- Li, H., Xu, B., Riasi, A., Szulc, P., Chen, D., M'zoughi, F., ... Tazraei, P. (2019). Performance evaluation in enabling safety for a hydropower generation system. *Renewable Energy*, 143, 1628–1642. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.05.113>
- Li, K., Zhang, N., & Liu, Y. (2016). The energy rebound effects across China's industrial sectors: An output distance function approach. *Applied Energy*, 184, 1165–1175. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.06.117>
- Li, X., Zhu, N., & Guo, R. D. (2011). Study of clean energy application and strategy. *2011 International Conference on Electric Technology and Civil Engineering, ICETCE 2011 - Proceedings*, 5483–5485. <https://doi.org/10.1109/ICETCE.2011.5776370>
- Lombardelli, G., Pirone, R., & Ruggeri, B. (2017). LCA Analysis of different MSW treatment approaches in the light of energy and sustainability perspectives. *Chemical Engineering Transactions*, 57, 469–474. <https://doi.org/10.3303/CET1757079>
- Lv, & Ji. (2019). Atmospheric environmental quality assessment method based on analytic hierarchy process.

- Madsen, D. N., & Hansen, J. P. (2019). Outlook of solar energy in Europe based on economic growth characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114(July), 109306. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109306>
- Mangla, S. K., Luthra, S., Jakhar, S., Gandhi, S., Muduli, K., & Kumar, A. (2020). A step to clean energy - Sustainability in energy system management in an emerging economy context. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118462. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118462>
- Mararakanye, & Bekker. (2019). Renewable energy integration impacts within the context of generator type, penetration level and grid characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 108(May), 441–451. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.03.045>
- Mario, C., Yepes, D., Elena, M., Muñoz, Q., Arturo, C., & González, R. (2013). Methodology for assessing the maturity of knowledge management in large companies some colombian, 20(20), 20–36. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.1.a01>
- Mathu, K. (2014). Towards Energy Sustainability in South Africa. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5(27), 1686–1697. <https://doi.org/10.5901/mjss.2014.v5n27p1686>
- Mauleón, I. (2019). Assessment of renewable energy deployment roadmaps. *Energies*, 12(15). <https://doi.org/10.3390/en12152875>
- Maya, M., & Muñetón, G. (2018). *Conflicto armado y pobreza en Antioquia Colombia. Apuntes del Cenes* (Vol. 37).
- Medellín. (2019). Nuestro METRO. Retrieved from <https://www.metrodemedellin.gov.co/aldía/proyectosmetroquematerializalainnovacion>
- Meteoblue. (2019). Tiempo Bello. Retrieved from [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/semana/bello\\_colombia\\_3688928](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/semana/bello_colombia_3688928)
- Meza, J. de J. (2013). Evaluación financiera de proyectos. *Ebook Central*, 364. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com/lib/vallemexicosp/reader.action?docID=3213506>
- Ministerio de minas y energía. (2013). Reglamento Tecnico De Instalaciones Electricas-Retie, 205.
- Mitani, Yasunori, Tsuji, Kiichiro, Murakami, Yoshishige, ... Yuuko. (2020). Stabilization of hydroelectric power system with long distance power transmission by using Superconducting Magnetic Energy Storage ( SMES ), 26840.
- Moreno, G., & Perez, J. (2000). Perspectivas de desarrollo de proyectos de energías alternativas ante la nueva regulación energética.
- Motalo, V., Stadnyk, B., Motalo, A., & Likhnovsky, I. (2020). Hydrocarbon gases quality: Impact on sustainable development goals and environment. Retrieved from <https://www-scopus-com.itm.elogim.com:2443/record/display.uri?eid=2-s2.0->

85061351315&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Environmental+impacts+&nlo=&nlr=&nls=&sid=2c97d6268460d2627c26fa9ae0022d2c&sot=b&sdt=sisr&sl=37&s=TITLE-ABS-KEY%28Environmental+im

- Motoa, & Gerardo. (2016). Medición del éxito en los proyectos, una revisión de la literatura. *Ingenium*, 9(25), 11. <https://doi.org/10.21774/ing.v9i25.584>
- Mousavizadeh, S., Bolandi, T. G., Haghifam, M. R., Moghimi, M., & Lu, J. (2020). Resiliency analysis of electric distribution networks: A new approach based on modularity concept. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 117(July 2019), 105669. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2019.105669>
- Muñoz, L. Á. (2015). *Características y condiciones de la estructura y forma urbana en las zonas de borde, estudio de caso municipio de Bello*. Universidad Nacional.
- Mutani, G., Casalengo, M., & Ramassotto, M. A. (2019). The effect of roof-integrated solar technologies on the energy performance of public buildings : tthe case study of the City of Turin (IT). *INTELEC, International Telecommunications Energy Conference (Proceedings), 2018-October*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/INTLEC.2018.8612398>
- Negro, V., Mancini, G., Ruggeri, B., & Fino, D. (2016). Citrus waste as feedstock for bio-based products recovery: Review on limonene case study and energy valorization. *Bioresource Technology*, 214(May), 806–815. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.05.006>
- Nehrir, M. H., Wang, C., Strunz, K., Aki, H., Ramakumar, R., Bing, J., ... Salameh, Z. (2011). A review of hybrid renewable/alternative energy systems for electric power generation: Configurations, control, and applications. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 2(4), 392–403. <https://doi.org/10.1109/TSTE.2011.2157540>
- Newman, S. J., Wakefield, C. B., Williams, A. J., O'Malley, J. M., Nicol, S. J., DeMartini, E. E., ... Nichols, R. S. (2015). International workshop on methodological evolution to improve estimates of life history parameters and fisheries management of data-poor deep-water snappers and groupers. *Marine Policy*, 60, 182–185. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.06.020>
- Nieto-Londoño, C., Herrera, C., Correa, M., Villada, V., Vanegas, J. D., & García, J. G. (2019). Structural design and manufacturing process of a low scale bio-inspired wind turbine blades. *Composite Structures*, 208(October 2018), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2018.08.061>
- Norris, M., & OppenheimCharles. (2007). Comparing alternatives to the Web of Science for coverage of the social sciences literature, 161–169. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.joi.2006.12.001>
- NSF. (2019). National Science Foundation. Retrieved from <https://www.nsf.gov/>
- NSFC. (2019). National Natural Science Foundation of China. Retrieved from <http://www.nsf.gov.cn>
- OEA. (2015). *Grupo de Trabajo en Eficiencia Energética. Organización de los Estados*

- Americanos. Alianza de Energía y Clima de las Américas*. Retrieved from [http://www.oas.org/en/sedi/dsd/Energy/OEA\\_reporteFinal\\_web\\_single.pdf](http://www.oas.org/en/sedi/dsd/Energy/OEA_reporteFinal_web_single.pdf)
- Olabi, A. G., Mahmoud, M., Soundan, B., Wilberforce, T., & Ramadan, M. (2020). Geothermal based hybrid energy systems, toward eco-friendly energy approaches, 147, 2003–2012. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.09.140>
- Olaya, V. (2014). Sistema de información geográfica. Retrieved from [http://www.ghbook.ir/index.php?name=فرهنگ و رسانه های نوین&option=com\\_dbook&task=readonline&book\\_id=13650&page=73&chckhashk=ED9C9491B4&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component](http://www.ghbook.ir/index.php?name=فرهنگ و رسانه های نوین&option=com_dbook&task=readonline&book_id=13650&page=73&chckhashk=ED9C9491B4&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component)
- OR. (2019). Mercados y carnes OR. Retrieved from <https://www.mercadosor.com/sitio/index.php>
- Osorio, C. (2015). La consulta popular ante los impactos ambientales de la construcción de proyectos Hidroeléctricos en Colombia. *Creative Commons*, 1–38.
- Otero, E. L., & Gutiérrez, R. C. (2015). Using social media advertising to increase the awareness, promotion and diffusion of public and private entities. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 373, 377–384. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-19638-1>
- Otter, N. (2003). CLEAN POWER GENERATION TECHNOLOGY FOR THE 21st CENTURY-A PERSPECTIVE FROM THE EU POWER PLANT SUPPLY INDUSTRY, (iv).
- Ovalles, F. (2018). Retos y tendencias de la Ingeniería en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) frente al Desarrollo del Sector Productivo. *Espacios*, 39(14).
- Ozgul, A., Plard, F., Barthold, J., Kendall, B. E., Gaillard, J.-M., Coulson, T., & Schindler, S. (2017). Modeling Adaptive and Nonadaptive Responses of Populations to Environmental Change. *The American Naturalist*, 190(3), 313–336. <https://doi.org/10.1086/692542>
- Pacheco, L., Ningsu, L., Pujol, T., Gonzalez, J. R., & Ferrer, I. (2019). Impactful engineering education through sustainable energy collaborations with public and private entities. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 20(2), 393–407. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-10-2018-0166>
- Pei-Fang Hsu, Kenneth L. Kraemer, D. D. (2006). Determinants of E-Business Use in U.S. Firms. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/action/showCitFormats?doi=10.2753%2FJEC1086-4415100401>
- Peralta, M., Frías, M., & Chaviano, O. (2015). Criterios, clasificaciones y tendencias de los indicadores bibliométricos en la evaluación de la ciencia, 26(3), 290–309.
- Pereira, M. (2015). Las energías renovables: ¿es posible hablar de un derecho energético ambiental? *Elementos para una discusión*, 26(1), 32–44.

<https://doi.org/10.1353/jod.2015.0004>

- Pineda-ospina. (2018). Tendencias en la producción de artículos científicos en innovación en el campo de las ciencias administrativas, 117–130.  
<https://doi.org/10.15446/innovar.v29n72.77935.ENLACE>
- PNNL. (2018). Agenda Laboratory 2018. Retrieved from  
[https://www.pnnl.gov/about/literature/PDF/lab\\_agenda\\_2018.pdf](https://www.pnnl.gov/about/literature/PDF/lab_agenda_2018.pdf)
- Population.City. (2019a). America Latina. Retrieved from  
<http://poblacion.population.city/world/la>
- Population.City. (2019b). Population City. Retrieved from  
<http://poblacion.population.city/world/>
- Prashar, A. (2019). Towards sustainable development in industrial small and Medium-sized Enterprises: An energy sustainability approach. *Journal of Cleaner Production*, 235, 977–996. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.07.045>
- Prias, O., & Montaña, D. (2014). Modelo Estratégico de Innovación para impulsar la Gestión Energética en Colombia. *Energética*, 0(44), 61–68.
- Rahmanifard, H., & Plaksina, T. (2019). Hybrid compressed air energy storage, wind and geothermal energy systems in Alberta: Feasibility simulation and economic assessment. *Renewable Energy*, 143, 453–470.  
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.05.001>
- Ramirez, A. (2019). Política Mitsubishi, 1–5. Retrieved from  
<https://co.mitsubishielectric.com/es/index.html>
- Ramírez, M. L. (2011). Necesitamos en Colombia mecanismos más asertivos que incentiven la innovación y la inversión. *Portafolio*.
- Ramírez, S. (2009). *Redes de distribución de energía. Redes de distribución de energía*.  
<https://doi.org/10.1109/PESGM.2014.6938875>
- Rand, D. A. J., & Dell, R. M. (2009). FUELS – HYDROGEN PRODUCTION | Coal Gasification. In *Encyclopedia of Electrochemical Power Sources* (pp. 276–292).
- Rave, Builes, Ossa, & Smith. (2008). Identificación de zonas críticas por contaminación atmosférica en el área metropolitana del Valle del Aburra, para el apoyo en la toma de decisiones del ordenamiento ambiental y territorial., (1), 53–66.
- Razmjoo, Shirmohammadi, Davarpanah, Pourfayaz, & Aslani. (2019). Stand-alone hybrid energy systems for remote area power generation.
- Red Eléctrica de España. (2019). Instalaciones conectadas a La red de transporte y equipo generador : Requisitos mínimos de diseño y equipamiento, 4, 30.
- Ren, K., Huang, S., Huang, Q., Wang, H., Leng, G., Cheng, L., ... Li, P. (2019). A nature-based reservoir optimization model for resolving the conflict in human water demand

- and riverine ecosystem protection. *Journal of Cleaner Production*, 231, 406–418. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.221>
- Reyes-Rivas, R. (2016). Modernidad, Modernismo y Tecnología: concepciones y valoraciones. *Comunicación*, 25(2), 48–56. <https://doi.org/10.18845/rc.v25i2-16.3183>
- Rincón, J. M., Durán, D. M., Quintero, O., Duarte, C., Guevara, P., & Velásquez, M. (2018). Disponibilidad de biomasa residual y su potencial para la producción de biogás en Colombia. *CIDET*.
- Robles-Algarín, C., Taborda-Giraldo, J., & Ospino-Castro, A. (2018). Procedimiento para la Selección de Criterios en la Planificación Energética de Zonas Rurales Colombianas, 29. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000300071>
- Roca, J. A., & Roca, R. (2020). El periodico de la energía. Retrieved from <https://elperiodicodelaenergia.com/>
- Rogers, E. M. (1983). *DIFFUSION OF INNOVATIONS*. <https://doi.org/82-70998>
- Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of Innovation*.
- Roy, & Ragunath. (2018). Emerging membrane technologies for water and energy sustainability: Future prospects, constraints and challenges. *Energies*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/en11112997>
- Ruiz, L., Valencia, A., Picón, E., & Villa, E. (2018). Electronic commerce: factors involved in its adoption from a bibliometric analysis. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 13(1), 39–70. <https://doi.org/10.4067/S0718-18762018000100104>
- Ruiz, M. (2011). *El sistema de publicación científica: Tipos de documentos académicos*. Panploma.
- Saaly, M., & Maghoul, P. (2019). Thermal imbalance due to application of geothermal energy piles and mitigation strategies for sustainable development in cold regions: a review. *Innovative Infrastructure Solutions*, 4(1), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s41062-019-0224-1>
- Salamanca-Avila, S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. *Revista Científica*, 3(30), 263. <https://doi.org/10.14483/23448350.12213>
- Salcedo, M. F., Valencia, G. E., & Rojas, J. P. (2018). Five steps for process development under the energy sustainability criteria. *Chemical Engineering Transactions*, 67, 625–630. <https://doi.org/10.3303/CET1867105>
- Saldarriaga-Loaiza, Villada, & Pérez. (2019). Análisis de Costos Nivelados de Electricidad de Plantas de Cogeneración usando Biomasa Forestal en el Departamento de Antioquia, Colombia. Retrieved from [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000100063&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000100063&script=sci_arttext)

- Salvador, R., Barros, M. V., Rosário, J. G. D. P. Do, Piekarski, C. M., da Luz, L. M., & de Francisco, A. C. (2019). Life cycle assessment of electricity from biogas: A systematic literature review. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, 38(4), 2019. <https://doi.org/10.1002/ep.13133>
- Sánchez, L., Pérez, R., & Vásquez, C. (2017). Eficiencia de países desarrollados en el control del uso de combustibles fósiles para generar energía. *Revista Científica ECOCIENCIA*, 4(2), 58–71. Retrieved from <http://ecociencia.ecotec.edu.ec/upload/php/files/abril17/04.pdf>
- Sancho, R. (1990). Indicadores Bibliometricos Utilizados En La Evaluacion De La Ciencia Y La Tec Nologia. Revision Bibliografica. *Revista Española de Documentación Científica*, 13(3–4), 842–865.
- Schweizer-Ries, P. (2008). Energy sustainable communities: Environmental psychological investigations. *Energy Policy*, 36(11), 4126–4135. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.06.021>
- Sears, F., Zemansky, M., Young, H., & Freedman, R. (1999). *Física Universitaria* (Novena edi). California.
- Secretaría de educación. (2019). Institución Educativa Andrés Bello. Retrieved from <https://www.andresbello.edu.co/resena-historica>
- Serrano, M., Pérez, D., Galvis, J., Rodríguez, M., & Correa, S. (2017). Prospective analysis for using solar energy : Colombia's case, (2015), 85–93.
- Sharifzadeh, M., Wang, L., & Shah, N. (2015). Integrated biorefineries: CO 2 utilization for maximum biomass conversion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 151–161. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.001>
- Shiva Prasad, B. G., & Sharma, K. R. (2010). Alternative energy for energy sustainability. *Annals of Arid Zone*, 49(3–4), 175–191.
- Silva, M. D. F. M. E., Calijuri, M. L., Sales, F. J. F. De, Souza, M. H. B. De, & Lopes, L. S. (2014). Integration of technologies and alternative sources of water and energy to promote the sustainability of urban landscapes. *Resources, Conservation and Recycling*, 91, 71–81. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.07.016>
- Singh, B. B. N., Sun, S., Roy, P., Venkatesh, B., Okoye, F., & Muthusamy, V. (2017). Urban sustainability through emerging technologies. *IHTC 2017 - IEEE Canada International Humanitarian Technology Conference 2017*, 161–166. <https://doi.org/10.1109/IHTC.2017.8058180>
- Statista. (2018). Energía y medio ambiente. Retrieved from <https://es.statista.com/estadisticas/635734/consumo-global-de-energia-primaria-distribuido-proporcionalmente-por-paises/>
- Stewart, J. (2001). *Precalculo*.
- Sui, D., Wiktorski, E., Røksland, M., & Basmoen, T. A. (2019). Review and investigations

- on geothermal energy extraction from abandoned petroleum wells. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 9(2), 1135–1147.  
<https://doi.org/10.1007/s13202-018-0535-3>
- Taoufikallah, A. (2016). CAPÍTULO 4: El método AHP 4.1 Introducción, 46–49. Retrieved from  
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70496/fichero/Capitulo+4+El+método+AHP.pdf>
- Terjung, W. H. (1970). A global classification of solar radiation. *Solar Energy*, 13(1), 67–81. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(70\)90008-3](https://doi.org/10.1016/0038-092X(70)90008-3)
- Thomas, G., Pidgeon, N., & Roberts, E. (2018). Energy Research & Social Science Ambivalence , naturalness and normality in public perceptions of carbon capture and storage in biomass , fossil energy , and industrial applications in the United Kingdom. *Energy Research & Social Science*, 46(June), 1–9.  
<https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.06.007>
- Tornatzky, L. G., & Klein, K. J. (1982). Innovation Characteristics and Innovation Adoption/Implementation: A Meta-Analysis of Findings.
- Torres, D., & Muhamad, S. (2019). ¿Debería Colombia invertir en energía nuclear? In *La W*.
- Tosatado, M. (2008). Estaciones y subestaciones transformadoras, 1. Retrieved from  
<http://www.mailxmail.com/curso-estaciones-energia/estaciones-transformador-potencia-sumergido-aceite>
- Trujillo, C. (2017). *Antioquia, a ampliar sus opciones energéticas*. Medellín. Retrieved from  
<https://www.elcolombiano.com/antioquia/opciones-de-energia-en-antioquia-JA7570975>
- Tuballa, M. L., & Abundo, M. L. (2016). A review of the development of Smart Grid technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 710–725.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.011>
- Twenergy. (2019). Condiciones de instalación de la energía eólica. Retrieved from  
<https://twenergy.com/energia/energia-eolica/como-se-elige-la-mejor-zona-para-instalar-molinos-de-viento-1469/>
- UPME. (2015a). Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia, 32. Retrieved from  
[http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/colombia\\_hacia\\_la\\_COP21/ABC\\_de\\_los\\_Compromisos\\_de\\_Colombia\\_para\\_la\\_COP21\\_VF.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/colombia_hacia_la_COP21/ABC_de_los_Compromisos_de_Colombia_para_la_COP21_VF.pdf)
- UPME. (2015b). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia*. Ministerio de Minas y Energía. <https://doi.org/10.1021/ja304618v>
- UPME. (2017). INCORPORACIÓN DE GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA AL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL.
- UPME. (2019). Plan de Expansión de Referencia Generación-Transformación.

- Val-Román, L. (2019). Industria 4.0: la transformación digital de la industria, 1–10.
- Valdés, L. (1998). El sistema tecnológico de las organizaciones y su administración. *Contaduría y Administración*. Retrieved from <http://www.ejournal.unam.mx/rca/191/RCA19103.pdf>
- Valencia-Arias, A. (2012). Aproximación a la dinámica y complejidad del emprendimiento desde los sistemas. *Tesis de Maestría*, 148. Retrieved from [http://www.bdigital.unal.edu.co/9091/1/Tesis\\_-\\_Aproximación\\_a\\_la\\_dinámica\\_y\\_complejidad\\_del\\_emprendimiento\\_desde\\_los\\_sistemas\\_-\\_24ene13.pdf%5Cnhttp://www.bdigital.unal.edu.co/9091/](http://www.bdigital.unal.edu.co/9091/1/Tesis_-_Aproximación_a_la_dinámica_y_complejidad_del_emprendimiento_desde_los_sistemas_-_24ene13.pdf%5Cnhttp://www.bdigital.unal.edu.co/9091/)
- Valencia-arias, J., & Marulanda-Valencia, F. (2019). Evolución y tendencias investigativas en autoeficacia emprendedora : un análisis bibliométrico, *36*(151), 226–240.
- Villadsen, S. N. B., Fosbøl, P. L., Angelidaki, I., Woodley, J. M., Nielsen, L. P., & Møller, P. (2019). The Potential of Biogas; the Solution to Energy Storage. *ChemSusChem*, *12*(10), 2147–2153. <https://doi.org/10.1002/cssc.201900100>
- Villalonga, J. C. (2016). *Energías Renovables ¿ Por qué debería ser prioritario cumplir el objetivo del 8% al 2016?* Retrieved from [http://awsassets.wfar.panda.org/downloads/energias\\_renovables\\_14\\_vf.pdf](http://awsassets.wfar.panda.org/downloads/energias_renovables_14_vf.pdf)
- Wang, J., Liu, Y., Chen, L., & Tang, J. (2016). Using the technology readiness levels to support technology management in the special funds for marine renewable energy. *OCEANS 2016 - Shanghai*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/OCEANSAP.2016.7485608>
- Wang, T., Liu, Z., & Zhou, L. (2018). Toward a Spatial Perspective on Business Sustainability: The Role of Central Urban and Environmentally Sensitive Areas in Energy Corporates' Green Behaviours. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *113*(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/113/1/012116>
- Wang, X., Han, Y., Zhang, J., Li, Z., Li, T., Zhao, X., & Wu, Y. (2020). The design of a direct charge nuclear battery with high energy conversion efficiency. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2019.03.040>
- Weather Spark. (2019). Weather Spark. Retrieved from <https://es.weatherspark.com/>
- Wu, Y., Fu, L., Zhang, S., & Tang, D. (2019). Study on a novel co-operated heat and power system for improving energy efficiency and flexibility of cogeneration plants. *Applied Thermal Engineering*, *163*(August), 114429. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114429>
- Xia, Y., & Qin, J. (2019). A new sizing and optimization framework for stand-Alone hybrid renewable energy systems. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, *37*(3), 4043–4053. <https://doi.org/10.3233/JIFS-190213>
- XM. (2019). Redes sistema interconectado nacional. Retrieved from <https://www.xm.com.co/Paginas/Transmision/redes-sistema-interconectado-nacional.aspx>

- Yang, X., & Li, C. (2019). Industrial environmental efficiency, foreign direct investment and export-Evidence from 30 provinces in China. *Journal of Cleaner Production*, 212, 1490–1498. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.156>
- Yguatyara, M., Marcelo-Rodrigues, P., Antônia, G., Antônio-Eufrázio, da C. J., Jackson-Queiroz, M., Selma, M., & Sousa, R. (2019). A thermogravimetric analysis of biomass wastes from the northeast region of Brazil as fuels for energy recovery. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 41(13), 1557–1572. <https://doi.org/10.1080/15567036.2018.1549132>
- Yin, S., Ai, Q., Li, Z., Zhang, Y., & Lu, T. (2020). Energy management for aggregate prosumers in a virtual power plant: A robust Stackelberg game approach. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 117(June 2019), 105605. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2019.105605>
- Yuksel, I., Arman, H., & Demirel, I. H. (2018). Clean energy for future energy policy in Turkey. *5th International Conference on Renewable Energy: Generation and Application, ICREGA 2018, 2018-Janua*, 260–263. <https://doi.org/10.1109/ICREGA.2018.8337590>
- Zhang, H. (2017). *Crecimiento Urbano y Contaminación en China*.
- Zheng, G., Jing, Y., Huang, H., & Gao, Y. (2011). Applying LCA and fuzzy AHP to evaluate building energy conservation. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 28(2), 123–141. <https://doi.org/10.1080/10286608.2010.482655>
- Zheng, G., Jing, Y., Huang, H., Zhang, X., & Gao, Y. (2009). Application of Life Cycle Assessment (LCA) and extenics theory for building energy conservation assessment. *Energy*, 34(11), 1870–1879. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.07.035>
- Zhou, S., Matisoff, D. C., Kingsley, G. A., & Brown, M. A. (2019). Understanding renewable energy policy adoption and evolution in Europe: The impact of coercion, normative emulation, competition, and learning.
- Zhou, Shan, & Yang, P. (2020). Risk management in distributed wind energy implementing Analytic Hierarchy Process. *Renewable Energy*, 150, 616–623. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.12.125>

## ANEXO A. PORCIÓN DEL DESARROLLO DE CÓDIGO EN PYTHON: ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

### Librerías necesarias

```
%reset -f

import numpy as np
import pandas as pd

import matplotlib
import matplotlib.pyplot as plt

from matplotlib.ticker import MaxNLocator
from matplotlib.ticker import FuncFormatter

from scipy.optimize import curve_fit

p=indiceprod(df2,nombrecol,indicador,tipos)
p

c=cuartil(df2,nombrecol,indicador,50,tipos)
p
```

### Funciones principales

```
def preparar_datos_base(df,nombrecol,indicador):
    if indicador=='cantidad':
        a = df.groupby(nombrecol).agg({'Title':'count'})
    else:
        a = df.groupby(nombrecol).agg({'Cited by':'sum'})
    a.columns=['total']
    if nombrecol == 'Year':
        a=a.sort_index()
    else:
        a=a.sort_values(by='total', ascending =False)
    a['acum']=a['total'].cumsum()
    a['porcacum']=a['acum'].transform(lambda x: x / x.iloc[-1])
    return a

# función para hallar cuartiles
def cuartil(df, nombrecol, indicador, cuartil, tipos):
```

```

b=preparar_datos_base(df,nombrecol,indicador)
prov=b['porcacum'].reset_index(drop=True)
c=prov[prov > cuartil/100].first_valid_index()
total= prov.count()
cuart = (c+1)/total
return (round(cuart*100,1))

# Índice de Herfindahl
# https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_Herfindahl
def herfindahl(df,nombrecol,indicador,tipo):
    b=preparar_datos_base(df,nombrecol,indicador)
    b['participacion']=b['acum'].transform(lambda x: x / b['acum'].sum()
()*100)
    b['participacion2']=b['participacion']**2
    indherfindahl=b['participacion2'].sum()
    if indherfindahl < 1000: tipo_concentracion = 'baja'
    if indherfindahl >= 1000 and indherfindahl <1500: tipo_concentracion = 'moderada'
    if indherfindahl > 1500: tipo_concentracion = 'alta'
    return(int(indherfindahl),tipo_concentracion)

# Índice de transitoriedad
def indicetran(df,nombrecol,indicador):
    b=preparar_datos_base(df,nombrecol,indicador)
    unsolotrabajo=b.loc[b['total']==1, 'total'].count()
    total = b['total'].count()
    porcentaje = unsolotrabajo/total
    return (unsolotrabajo,round(porcentaje*100,1))

# Índice de producción
def indiceprod(df, nombrecol,indicador,tipo):
    b=preparar_datos_base(df,nombrecol,indicador)
    prov=b['porcacum'].reset_index(drop=True)
    c=prov[prov > 50/100].first_valid_index()
    total= prov.count()
    cuart = (c+1)/total
    return(c+1,round(cuart*100,1))

# función de ajuste exponencial
# ajuste de la curva exponencial
def exponencial(x, a, b, c):
    return a*np.exp(b * x + c)

```

```
# función de potencias
def power(x,a,b,c,d):
    return a*(x-b)**c+d

# función lineal de potencias
def lineal(x,a,b):
    return a*x+b

# r2 de los ajustes de las curvas
def rcuad(modelo,fit,x,y):
    residuals = y - modelo(x, *fit[0])
    ss_res = np.sum(residuals**2)
    ss_tot = np.sum((y - np.mean(y))**2)
    r2 = 1 - (ss_res / ss_tot)
    return ('R2 = '+str(round(r2,3)))

# preparar datos para gráficas de ley de potencias
def preparar_datos_potencias(df,nombrecol,indicador,tipo1,tipo2):
    b=preparar_datos_base(df,nombrecol,indicador)
    b = b.reset_index()
    d = pd.DataFrame(b.groupby('total')[nombrecol].count())
    d['sigma']=1
    d = d.reset_index()
    return(d)

# graficar los principales 10
def graficar_principales(df,nombrecol,indicador,tipo1,tipo2,numero):
    b=preparar_datos_base(df,nombrecol,indicador)

    # graficar
    b2=b[0:numero]
    fig, ax = plt.subplots(figsize=(8,4))
    plt.style.use('ggplot')
    ax.bar(b2.index,b2['total'], width=0.4, align="center", color='dim
gray')
    ax.yaxis.set_major_locator(plt.MaxNLocator(12))

    tipo_conteo='publicaciones'
    if indicador != 'cantidad':
        tipo_conteo='citaciones'

    plt.ylabel('número de '+tipo_conteo)
    plt.xlabel(tipo1)
```

```

plt.xticks(rotation=90)
plt.title('principales '+tipo2)
plt.show()

# graficar los principales 10 normalizados
def graficar_principales_norm(df, nombrecol, indicador, tipo1, tipo2, numero):
    a = df.groupby(nombrecol).agg({'Cited by': 'sum', 'Title': 'count'})
    a['cit/rev']=a['Cited by']/a['Title']
    a=a.sort_values(by='cit/rev', ascending=False)
    a=a[0:10]
    fig, ax = plt.subplots(figsize=(8,4))
    plt.style.use('ggplot')
    ax.bar(a.index,a['cit/rev'], width=0.3, align="center", color='dimgray')
    ax.yaxis.set_major_locator(plt.MaxNLocator(12))
    plt.xlabel(tipo1)
    plt.xticks(rotation=90)
    plt.ylabel('número de citas')
    plt.title('principales '+tipo2+' : citas por '+tipo1+' y por artículo')
    plt.show()

# ley de potencias
def graficar_potencias(df, nombrecol, indicador, tipo1, tipo2):
    d=preparar_datos_potencias(df,nombrecol,indicador,tipo1,tipo2)

    # ajuste
    x=d['total']
    y=d[nombrecol]
    p_inicial=[y.max(),0,-1.5,0]
    # mínimo número de datos para encontrar ley de potencias = 4
    if len(x)>=4:
        fit = curve_fit(power, x, y, p0=p_inicial, sigma=d['sigma'], maxfev=100000)

    # gráfica
    fig, ax = plt.subplots(figsize=(8,4))
    d = d.sort_values(by='total', ascending=False)
    plt.style.use('ggplot')
    ax.bar(x,y, width=0.4, align="center", color='dimgray')
    xmodelo=np.linspace(x.min(),x.max(),100)
    plt.ylabel('número de '+tipo1)

```

```

ax.yaxis.set_major_locator(plt.MaxNLocator(12))

tipo_conteo='publicaciones'
plt.xticks(np.arange(min(x), max(x)+1, 1.0))
if indicador != 'cantidad':
    tipo_conteo='citaciones'
    plt.xticks(np.arange(min(x), max(x)+1, 10))

plt.xlabel('número de '+tipo_conteo)
plt.title('distribución del número de ' +tipo_conteo + ' entre '+ti
po2)

if len(x)>=4:
    plt.plot(xmodelo,power(xmodelo,*fit[0]), 'k--')
plt.show()
if len(x)>=4:
    print(rcuad(power, fit, x, y))

# ajuste lineal de la ley de potencias
def graficar_linea(df,nombrecol,indicador,tipo1,tipo2):
    d=preparar_datos_potencias(df,nombrecol,indicador,tipo1,tipo2)
    d=d.loc[d['total']>0,]
    # ajuste
    x=np.log10(d['total'])
    y=np.log10(d[nombrecol])
    p_inicial=[0,0]
    fit = curve_fit(lineal, x,y, p0=p_inicial, sigma=d['sigma'], maxfe
v=100000)

# gráfica
fig, ax = plt.subplots(figsize=(8,4))
plt.style.use('ggplot')
plt.scatter(x,y,color='dimgray')
xmodelo=np.linspace(x.min(),x.max(),100)
plt.plot(xmodelo,lineal(xmodelo, *fit[0]), 'k--')

tipo_conteo='publicaciones'
if indicador != 'cantidad':
    tipo_conteo='citaciones'

plt.xlabel('ln (número de '+tipo_conteo+')')
plt.title('ley de potencias de las '+tipo_conteo)
plt.ylabel('ln (número de '+tipo1+')')

```

```
plt.show()
print (rcuad(lineal,fit,x,y))
```

## Lectura de archivos

```
#lectura de los datos de scopus
from google.colab import files
uploaded = files.upload()

#2. importarla en Pandas (en el código cambia sólo el nombre del archivo)
import io
df = pd.read_csv(io.BytesIO(uploaded['scopus.csv']))
#df.head()
```

```
NameError                                Traceback (most recent call
last)
<ipython-input-4-3748501061fe> in <module>()
      1 import io
----> 2 df = pd.read_csv(io.BytesIO(uploaded['scopus.csv']))
      3 #df.head()
```

```
NameError: name 'pd' is not defined
```

```
# lectura de los datos de scopus
#df = pd.read_csv("scopus.csv")
#df.head()
```

## Indicadores de cantidad

### Tiempo

```
# nuevas publicaciones por año
indicador='cantidad'
nombrecol='Year'
b=preparar_datos_base(df,nombrecol,indicador)

fig, ax = plt.subplots(figsize=(8,4))
plt.style.use('ggplot')
ax.bar(b.index,b['total'], width=0.3, align="center", color='dimgray')
plt.xlabel('año')
plt.ylabel('número de publicaciones')
plt.title('nuevas publicaciones por año')
plt.show()

# nuevas publicaciones acumuladas por año
```

```

indicador='cantidad'
nombrecol='Year'
b = preparar_datos_base(df,nombrecol,indicador)

x=b.index
y=b['acum']
inicial=[0,b['acum'].max()*0.00001,0]
b['sigma']=0.5
fit = curve_fit(exponencial,x,y,sigma= b['sigma'],absolute_sigma=True,
maxfev=10000,p0=inicial)

# graficar
fig, ax = plt.subplots(figsize=(8,4))
plt.style.use('ggplot')
ax.bar(b.index,b['acum'], width=0.4, align="center", color='dimgray')
plt.plot(b.index,exponencial(b.index,*fit[0]), 'k--')
plt.xlabel('año')
plt.ylabel('número de publicaciones')
plt.title('publicaciones acumuladas')
plt.show()

# incremento anual promedio
b['incremento']=b['acum'].transform(lambda x: (x- x.shift(1)) / x.shif
t(1))
iap=b['incremento'].mean()

# incremento de los últimos 5 años (sin contar el que va en curso)
i5a=b[-5:-1].loc[:, 'incremento'].mean()

print ('el número de publicaciones se incrementa un '+ str(round(iap*1
00,1))+ '% anualmente')
print ('el número de publicaciones se ha incrementado un '+ str(round(
i5a*100,1))+ '% anualmente en los últimos 5 años')

# cálculo del semiperiodo
nombrecol='Year'
b = preparar_datos_base(df,nombrecol,indicador)
b=b.reset_index()
b['acum']=b['acum'].astype(float)
b['acum/2']=b['acum']/2
b1=b[['acum', 'Year']]

```

```

b1.columns=['acum/2','Year']
c=pd.merge_asof(b[['acum/2']],b1, on='acum/2')
b['yearsemi']=c['Year']
b['semiper']=b['Year']-b['yearsemi']

fig, ax = plt.subplots(figsize=(8,4))
plt.style.use('ggplot')
plt.plot(b['Year'],b['semiper'], color='dimgray')
ax.yaxis.set_major_locator(plt.MaxNLocator(12))
plt.xlabel('año')
plt.ylabel('semiperiodo')
plt.title('vida media de la literatura científica')
plt.show()
semiperiodo = b['semiper'].mean()
semiperiodo5 = b[-10:-1]['semiper'].mean()

print('vida promedio de la literatura científica = '+str(round(semiperiodo,1))+ ' años')
print('vida promedio de la literatura científica de los últimos 10 años = '+str(round(semiperiodo5,1))+ ' años')

```

## Revistas

```

indicador='cantidad'
nombrecol='Source title'

# cuartiles de las revistas
tipo = 'las revistas'
c1=cuartil(df,nombrecol,indicador, 25, tipo)
c2=cuartil(df,nombrecol,indicador, 50, tipo)
c3=cuartil(df,nombrecol,indicador, 75, tipo)
c80=cuartil(df,nombrecol,indicador, 80, tipo)
print ('el '+ str(c1)+'% de '+ tipo + ' publica el 25% de la producción académica')
print ('el '+ str(c2)+'% de '+ tipo + ' publica el 50% de la producción académica')
print ('el '+ str(c3)+'% de '+ tipo + ' publica el 75% de la producción académica')
print ('el '+ str(c80)+'% de '+ tipo + ' publica el 80% de la producción académica')

# Índice de producción
p=indiceprod(df,nombrecol,indicador,tipo)

```

```

print('índice de producción = '+ str(p[0])+'. '+str(p[0])+' '+tipo + '
      (el ' +str(p[1])+ '%) ' + 'publica el 50% de la producción académica'
      )

# Índice de Herfindahl
h=herfindahl(df,nombrecol,indicador,tipo)
print('índice de Herfindahl (concentración) = '+ str(h[0])+', es decir
      , hay una '+h[1]+' concentración del conocimiento en '+tipo)

# Índice de transitoriedad
t=indicetran(df,nombrecol,indicador)
print('índice de transitoriedad = '+ str(t[0])+'. '+str(t[0])+' '+tipo
      + ' (el ' +str(t[1])+ '%) ' + 'ha publicado un único trabajo')

# graficar las principales 10 revistas
graficar_principales(df,nombrecol,indicador,'revista','revistas',10)
graficar_potencias(df,nombrecol,indicador,'revistas','las revistas'
)
graficar_linea(df,nombrecol,indicador,'revistas','las revistas')

```

## Tipo de publicaciones

```

# preparación de datos
indicador='cantidad'
nombrecol='Document Type'
b=preparar_datos_base(df,nombrecol,indicador)

fig, ax = plt.subplots(figsize=(8,4))
#plt.cm.Pastel2.colors
plt.style.use('ggplot')
ax.pie(b.total, labels=b.index,
       autopct='%1.1f%%',
       startangle=45,
       colors=plt.cm.gray(np.linspace(0.5,0.8,len(b.total))))
ax.axis('equal')
plt.title('tipo de publicación')
plt.show()

```

## ANEXO B. ENTREVISTAS A FUNCIONARIOS DE LAS CINCO ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL MUNICIPIO DE BELLO

### Colegio Jorge Eliécer Gaitán Ayala (JEGA)

La Institución Educativa Jorge Eliécer Gaitán Ayala nació –autorizado mediante la Resolución Departamental 15168 del 30 de octubre de 2002– como resultado de la fusión de tres establecimientos que funcionaban en la misma planta física del municipio de Bello: La Escuela Antonio Uribe Peláez, Escuela Marco Fidel Suárez y Colegio Nocturno Jorge Eliécer Gaitán Ayala. Es una entidad pública con gran trayectoria, teniendo sus orígenes en el año de 1936 con ocasión a la visita del doctor Jorge Eliécer Gaitán al municipio. La abundancia en madera, textiles y las capacidades de las personas aledañas al municipio, favorecieron la creación de instituciones educativas de nivel preescolar, básica primaria, secundaria y nivel técnico para potencializar las habilidades de los ciudadanos (Gaitán, 1937). Para el 2019, la institución educativa JEGA se considera uno de los mega colegios en el municipio de Bello, como se observa en la tabla 24 demarcando la parte frontal, lateral izquierda y parte trasera.

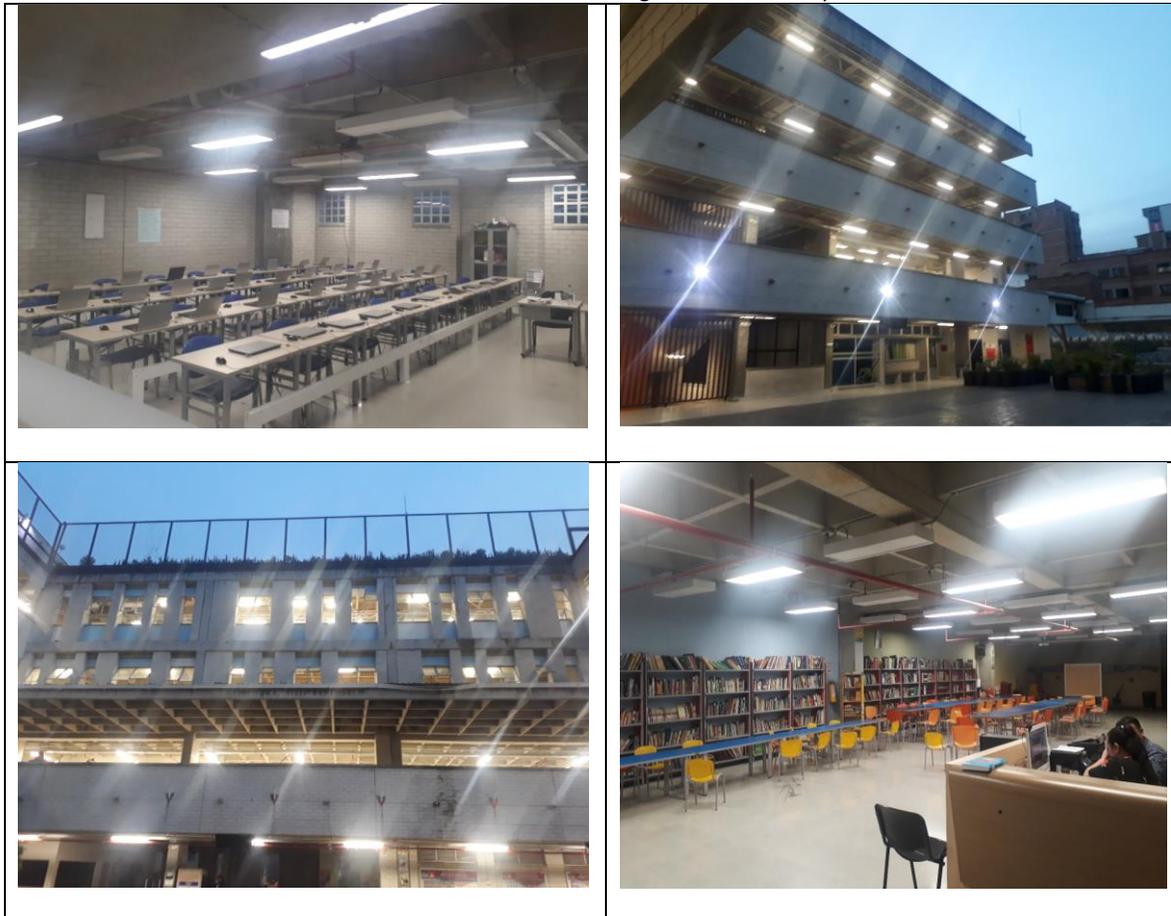
Tabla 24. Colegio Jorge Eliécer Gaitán Ayala

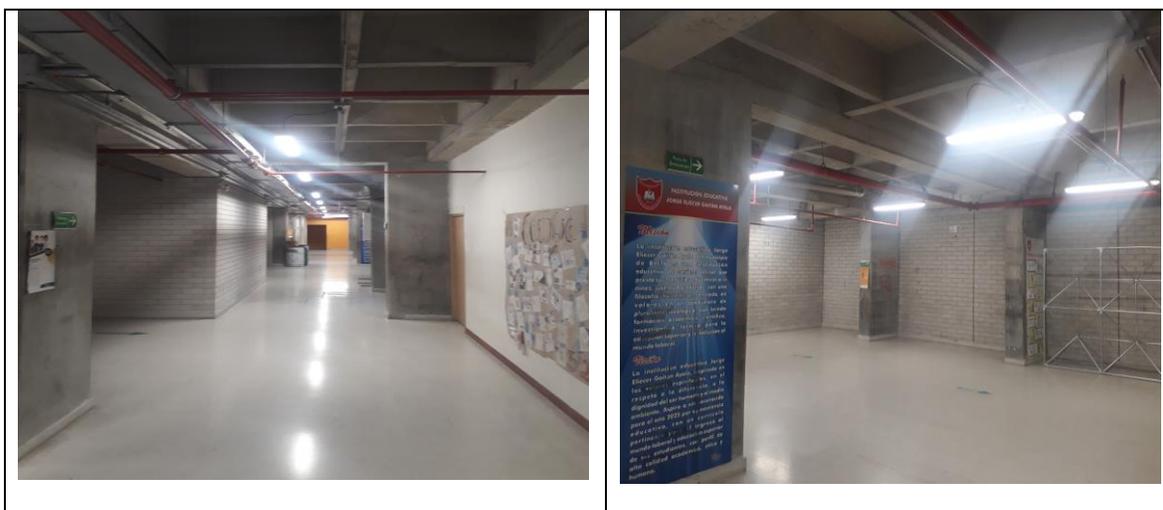


Fuente: elaboración propia

La institución cuenta con una planta física de gran tamaño y refleja un consumo de energía elevado debido al uso inapropiado del recurso eléctrico, afirmación plausible si se tiene en cuenta que las luces de los pasillos y salones están encendidas, durante el día y la noche, con independencia a la presencia de personas. La tabla 25 resalta algunas características mencionadas en diferentes zonas de la institución.

**Tabla 25.** Instalaciones físicas Jorge Eliecer Gaitán Ayala





Fuente: Elaboración propia

Se realizaron entrevistas a funcionarios de la institución, contextualizando en problemática actual en la entidad JEGA practicando las preguntas anteriormente mencionadas y, además, de conocer una primera opinión de como integrar a la entidad y al municipio proyectos de innovación tecnológica en el tema de energías renovables resaltando la necesidad y aprovechando los recursos naturales con los que cuenta el municipio.

**Patricia Jaramillo Holguín, Trabajadora Social graduada de la Institución Universitaria Minuto de Dios y actual estudiante de maestría en Neuropsicología y Educación, quien se desempeña en el cargo de Auxiliar administrativa.**

### **¿Cuáles son las condiciones energéticas actuales del JEGA?**

*La parte energética de la institución no está bien distribuida. Tenemos dificultades en algunos pisos, por ejemplo, el piso -1, donde está la biblioteca y el auditorio, hay dos salas de sistemas que presentan a veces fallas energéticas. Dado el problema, un compañero de la institución, que no es experto en energía, debe ir, abrir una caja que esta por fuera del colegio, manipularla, subir los breques (SIC) y restaurar el servicio de energía en el piso afectado o todo el colegio. Además, muchas veces nos pasa eso estando el colegio vacío, particularmente, en las jornadas de la mañana que son momentos en las que muchas de las luces no están encendidas. Por otra parte, los docentes acostumbran para minorizar el calor*

*del aula apagar la luz y no impide nada ya que los salones son muy iluminados gracias a la estructura física, pero eso ha sido la constante, ya que las condiciones energéticas del colegio en las zonas mencionadas no soportan que se hagan varias cosas a la vez en todo el colegio, por ejemplo, cuando hay sonido instalado en el patio, sonido en la cancha y está funcionando el auditorio se disparan los breques (SIC) constantemente.*

**Si se integran alternativas sostenibles en la entidad ¿qué impactos considera usted que se tendría para el medio ambiente y la comunidad Bellanita?**

*Una de las más claras e importantes, diría yo, se reduciría muchísimo la huella de carbono y el calor en la institución [generado] por las bombillas prendidas todo el tiempo, por otro lado, disminuirá mucho la otra dificultad que hemos identificado en los estudiantes: dolor de cabeza debido al calor por las luminarias y las aulas tan cerradas, adicionalmente, la comunidad, como tal, pasaría de ser monótona y lineal a [ser] novedosa, por ser la primera en incluir alternativas sostenibles, como es el ejemplo de energía renovable para los estudiantes porque no todos conocen las energías renovables y tenemos la cultura de [que] reciclar es la única forma de ayudar el planeta y creo que sería el ideal que los estudiantes vean que se puede ayudar al planeta ahorrando energía e integrando sistemas tecnológicos que impacten el entorno, en acciones como apagar las luces que no se utilizan, teniendo otra forma de generar energía que no sea tan dañina para el planeta.*

**¿Qué impactos de productividad y competitividad se tendrían en la entidad?**

*De competitividad me parece que uno de los grandes impactos es que el JEGA sería pionero en el municipio de Bello en acceder a este tipo de tecnología, porque en muchas instituciones se tiene otra mirada, como te decía de lo del reciclaje, ayudar al medio ambiente no está contemplado desde las energías renovables, solamente incluso hay planes para eso que son los Proyectos Ambientales Escolares (PRAEs) que están dedicados única y exclusivamente al reciclaje, es decir, como ayudar desde el reciclaje más no desde lo energético además por que reduciría el costo que está pagando el municipio por este servicio público en la institución, entonces si tendría grandes impactos.*

**¿Qué otros beneficios se podrían tener al incluir alternativas sostenibles?**

*Uno de los que creo yo que sería súper chévere y sería muy visible no solo para los estudiantes, padres y comunidad aledaña, sino, para los visitantes. Aquí tenemos un auditorio que casi que a diario está en evento, entonces serían otras trescientas dieciocho personas al día que tendrían acceso a una tecnología de energía renovable ¿Cómo? Nos hemos pensado tener torres para cargar celulares por ejemplo porque todo el que llega acá a estos eventos pide que se le cargue el celular entonces el gasto energético es altísimo, acá es altísimo de verdad, incluso es posible que no gaste mucho un celular pero trescientas dieciocho celulares externos más los celulares del personal de la institución hace mucho peso en el consumo energético, entonces las torres, creería yo que una por piso para recarga de celulares tanto de docentes, estudiantes como visitantes, y lo otro, que sería como proyectos a larga escala que las salas de sistemas y las de bilingüismo se incluyeran con este tipo de tecnología porque estas salas y el auditorio por ejemplo tienen un sistema de ventilación que debe mantenerse muy frío y esto es lo que más consume, entonces, si se implementa este tipo de tecnología nos ayudaría mucho no solo a reducir el costo sino a mantener los espacios más limpios, más saludables en condiciones adecuadas, cosa que no se nos dispara la energía porque estamos utilizando las aulas y el auditorio a la vez.*

**Jhon Eric Henrique Giraldo, Psicólogo egresado de la Universidad Católica Luis Amigó y docente de primaria del JEGA.**

**¿Cuáles son las condiciones energéticas actuales del JEGA?**

*Frente al uso de la energía en el JEGA y los sistemas de la institución puedo observar que hay un déficit en cuanto a la forma de cómo está organizado el acceso a la energía en los salones, ya que se evidencia por ejemplo [que] ciertos tomacorrientes que no funcionan, también cabe resaltar que hay unas zonas del piso -2 y -1 que, cuando llueve se inundan, gotea todo el tiempo y los ductos de agua están muy cerca a la red eléctrica del colegio. Otro de los peligros que considero es el uso de nuestros aparatos (celulares y portátiles),*

*puesto que no hay forma de validar si la energía que entra es la adecuada a los equipos, ya que se evidencia caídas de tensión en la iluminación de las lámparas y demora más de lo normal cargar los equipos.*

**¿Si se integran alternativas sostenibles en la entidad que impactos considera usted que se tendría para el medio ambiente y la comunidad Bellanita?**

*Bueno, implementar alternativas de sostenibilidad energética, creo que no solo en el colegio y la comunidad sino un asunto macro en cuanto a todo el territorio nacional un solo espacio por muy alejado que este frente a otro que contribuya a ello tendrá un beneficio, frente al sector pues la cantidad de contaminación que desde acá sale, podríamos nombrarlo, sería mínima, sería menos, cuando hablo de contaminación me refiero a que cada vez que yo consumo más energía estoy contribuyendo más a que no se piensen en otras alternativas, si bien acá mismo no es donde se genera la energía estaría generando otro impacto y el hacerlo visible entonces que implicación tendría. Cada vez que un espacio o una organización u institución genera una propuesta a través de esta alternativa de sostenibilidad el hecho que sea el foco de atención frente a estos trabajos hará que otras organizaciones u otras instituciones educativas piensen en la propuesta y comencemos a formar en una cultura del cuidado por el ambiente, en una cultura de crear formas alternativas de sostenibilidad incorporándose en ese mismo contexto y ese discurso que va a permitir, establecer un interés por el cuidado del medio ambiente, por la economía del hogar, por las energías dentro de un territorio que se vienen tejiendo a través de estas propuestas una cultura y la cultura de la sostenibilidad podríamos nombrarla si llegase a surgir algo así, sería el medio por el cual los territorios piensan en procesos educativos alrededor de la integración del saber en cuanto a una sostenibilidad de las prácticas cotidianas, no solamente decir que en el JEGA lo creamos por crearlo, sino, comenzar a producir proyectos, alternativas para la institución debe generar acciones que permitan extenderlas y mostrarlas para que lleguen a otros espacios para impactar en la comunidad no solo en visualización sino también en ese estudiante o ciudadano que logra comprender esta estrategia de sostenibilidad energética que utilizamos acá es buena es positiva y que*

*logre llevarla a su casa, puesto que hay estrategias que son muy sencillas de implementar que por ejemplo logre crear su propio cargador de celular solar, es una estrategia sencilla de implementar en la práctica del estudiante, de la familia, de las personas allegadas a la institución también permite hacer eco porque se forma una red de conocimiento y se impacta en la innovación del territorio, si logramos conseguir esa red desde los proyectos tendríamos impacto a gran escala, lo nombre en la anterior pregunta, no solo es Bello o la institución, sino todo el territorio colombiano, pero desde Bello el JEGA sería el foco de atención en el municipio y la zona céntrica de la ciudad, podemos incluir conceptos tales como visión de ciudad, empoderamiento del territorio, empoderamiento de estrategias respecto a medio ambiente de este espacio.*

**¿Qué impactos de productividad y competitividad se tendrían en el colegio?**

*Frente a la implementación en estos espacios, la institución se vuelve competitiva, se hace visible porque su foco es formar estudiantes, padres y territorio en el uso de alternativas de sostenibilidad energética.*

**¿Qué otros beneficios se podrían tener al incluir este tipo de tecnologías?**

*Reducir el gasto de los servicios públicos, aunque poco les importa a las instituciones educativas, el beneficio principal es incluir de manera efectiva y evidente proyectos con características I+D+i en los planes de desarrollo de Bello y comiencen a hacer eco en las personas que se forman actualmente en los colegios para que lleven estas ideas a mejorar lo que ya está construido e impactar sustancialmente nuestro territorio, sin olvidar, que se le aporta algo al cuidado del planeta.*

**Andrés Quinto Quinto, Químico de la Universidad de Antioquia y profesor de las asignaturas de Tecnología, Química y Matemáticas del colegio JEGA**

**¿Por qué alternativas de sostenibilidad energética en el Andrés Bello y el municipio de Bello?**

*Las alternativas tecnológicas en sostenibilidad energética son un tema vanguardista que debe priorizarse a todo nivel, particularmente en el colegio JEGA, donde trabajar este tipo*

*de temáticas se vuelve una tendencia fuerte para la institución debido a sus condiciones físicas –el colegio más grande de la comuna 4 de Bello– y cuenta con estudiantes de todo el municipio de Bello, buscando ser pioneros en tener formas de energías alternativas para facilitar un voz a voz y generar conciencia ambiental principalmente en los estudiantes aprovechando las circunstancias institucionales para que la información viaje por todo el territorio, adicionalmente, poder adoptar estas tecnologías y fortalecer el municipio en temas sociales, culturales y económicos siendo aplicables a los proyectos con perfil tecnológicos e innovador. Por último, el JEGA debe apuntar a nuevos planes de desarrollo institucionales, que, desde la teoría, se construya saberes y se apliquen a realidades territoriales ampliando los saberes y generando valor agregado al municipio de Bello.*

### **Colegio Andrés Bello**

La Institución Educativa Andrés Bello surgió el 2 de febrero de 1998 a partir de la fusión de las dos instituciones oficiales que funcionaban en la misma planta física: La Escuela Andrés Bello y Liceo Bello. La escuela Andrés Bello, desde su creación en 1946, ocupó dicha planta física, y tras de compartir 20 años el espacio con el Cooperativo Andrés Bello –de carácter privado– surge en los Consejos Directivos la iniciativa de fusión, iniciando las respectivas gestiones ante la Junta Municipal de Educación –JUME– en septiembre de 1997, llegando más tarde a la formalización de un convenio entre la directora de la escuela María Lucely Zapata y el rector del liceo Alejandro Lopera para la consolidación de un sólo colegio entre ambas instituciones (Secretaría de educación, 2019). Para el 2019, la institución educativa Andrés Bello se reconoce como una de las 10 mejores instituciones del municipio a nivel académica. En la tabla 26 resalta la planta física de la institución.

**Tabla 26.** Colegio Andrés Bello

Fuente: Elaboración propia

La institución cuenta con una planta física de menor tamaño, y se refleja un consumo de energía bastante elevado debido al uso inapropiado del recurso. Luces de los pasillos y salones están encendidas durante el día y la noche con independencia a la permanencia de personas en los espacios. Adicionalmente se anota que es un colegio con dispositivos eléctricos bastante desgastados, haciendo que el consumo sea mayor y se manifiesten efectos secundarios como el calentamiento en las aulas y un incumpliendo a las normas eléctricas actuales en Colombia. En la tabla 27 se ilustra lo mencionado sobre diferentes zonas de la institución.

**Tabla 27.** Instalaciones físicas Colegio Andrés Bello



Fuente: Elaboración propia

En visita se realizó entrevista a funcionarios de la institución, abordando las preguntas anteriormente planteadas y contextualizando la problemática actual que se tiene en la entidad Institución Educativa Andrés Bello, además, de conocer una primera opinión sobre los proyectos de innovación aplicados a las entidades territoriales del municipio de Bello.

**John Fredy Hoyos Murillo, Abogado de la Universidad Cooperativa de Colombia y especialista en Derecho administrativo de la Universidad de Medellín, quien se desempeña en el cargo de bibliotecario del colegio Andrés Bello.**

### **¿Cuáles son las condiciones energéticas del Colegio Andrés Bello?**

*El Andrés Bello es una institución educativa que ofrece preescolar, básica primaria, básica secundaria y media vocacional más o menos para mil doscientos alumnos, alrededor de cincuenta docentes, unos diez empleados administrativos y directivos y ofrece servicios de cafetería y preparación de alimentos para el cubrimiento de los muchachos que estén en el*

*programa de alimentación escolar, el colegio Andrés Bello es un edificio o una construcción muy vieja más o menos de los años sesenta que ha venido creciendo y remodelándose pero en un espacio relativamente pequeño que no alcanza para suplir con las necesidades de la educación de la población de mil doscientos estudiantes. Las características más relevantes en cuando al uso de la energía es que la institución tiene una red demasiado vieja que fallan por ejemplo cuando se conectan o se hace un uso inusual del servicio por ejemplo cuando se adelantan actos cívicos que conectan equipos grandes tales como el sonido se observa que los breques se disparan o las capsulas se queman y hay que reemplazarlas y es constante estas características energéticas en la institución, por otro lado, no hay un uso racional del recurso ya que no se cuenta con medio por ejemplo de sensores que puedan detectar cuando hayan personas en circulación para dar iluminación o de aparatos como aires acondicionados o ventiladores que siguen funcionando en salones vacíos ya sea por actividades por fuera del aula y se evidencia un exceso de consumo generando calor, gastos y altos costos energéticos, en consecuencia, se tiene ya la tecnología para minimizar estos consumos de acuerdo con la presencia de personal. No se han establecido desarrollos que hagan un mejor uso de la energía y en consecuencia seguimos usando lo que nos ofrece epm a través de su red eléctrica generando desperdicio por sus largos años de uso y quizás sea importante resaltar, el peligro que genera al manipular estos aparatos ya que no contamos con expertos en el tema dentro de la institución.*

**Si se integran alternativas de sostenibilidad energética en el colegio ¿qué impactos considera usted que se tendría para el medio ambiente y la comunidad Bellanita?**

*Impactos tremendamente positivos, primero porque estamos en un ambiente y en una institución de carácter educativo-pedagógico que lo que haría es primero demostrarles a los muchachos que es posible integrar este tipo de alternativas de sostenibilidad energéticas y que cuando salgan a su vida social y familiar pueden replicar este tipo de prácticas, es decir, estamos educando unos nuevos ciudadanos que hagan unos mejores usos de los recursos energéticos. Segundo, es que en el municipio a pesar de que están integradas estas nuevas tecnologías y están contempladas por ejemplo en el plan de ordenamiento territorial y en el*

*sistema educativo en la realidad no se ha materializado ninguna institución educativa tiene este tipo de prácticas y lo que los estudiantes ven es que lo conocen por las noticias o por medio de otros países que si se aplican este tipo de tecnologías pero en realidad no lo han conocido, en general, se puede afirmar que un estudiante no conoce que es un panel solar por ejemplo, no lo ha visto instalado ni funcionando lo cual hace muy complejo que lo vayan aplicar en sus vidas cotidianas, por otro lado, el beneficio para la comunidad es el ahorro en los recursos y por supuesto el cuidado del medio ambiente.*

### **¿Qué impactos de productividad y competitividad se tendrían en el colegio?**

*Productividad mucho, porque digamos lo que nos dice la economía es el uso racional de los recursos y estamos usamos irracionalmente los recursos al punto de contaminar más de la cuenta el planeta y por ejemplo el municipio de Bello que recibe mucho sol y puede ser el municipio de más sol en el valle del aburra y eso tendría grandes beneficios, pero lo que se observa en la actualidad es que no aprovechamos ese recurso solar que nos proporciona energía constante y de manera efectiva. En cuando a la competitividad es que el primer beneficio es ahorrar significativamente costos, por ejemplo la factura de los servicios, ahora, si integramos tecnologías renovables el costo mayor es la instalación y compra de equipos con mantenimientos periódicos, pero el mismo ahorro recuperaría la inversión y se podrían dar ganancias en los gastos propios del colegio, además, dentro de lo poco que conozco bajaría la factura alrededor de un 25% o 30%, que finalmente, lo paga es el estado y claramente el mismo se beneficiaría de aprovechar estas tecnologías no solo instaladas en Bello sino en todo el territorio haciendo de la tecnología un beneficio común.*

### **¿Qué otros beneficios se podrían tener al incluir este tipo de tecnologías?**

*Bueno, otras ideas tendría que ver con el uso racional que se le dé al agua, pues en las instituciones educativas por las mismas características de los adolescentes se observa altos desperdicios de este recurso, otro beneficio se relaciona con el reciclaje ya que es una práctica común en los colegios y se entiende como la “única” manera de ayudar al planeta, por ello, destacó la importancia de implementar alternativas de sostenibilidad para*

*evidenciar en la comunidad para cuidar el medio ambiente y usar los recursos adecuadamente.*

**José Miguel Franco Restrepo**, Licenciado en Informática y Artes plásticas de la Universidad de Antioquia, especialista en Gestión Ambiental de la Universidad del Área Andina de Bogotá, actualmente se desempeña como profesor de Tecnología en el Colegio Andrés Bello con 25 años de experiencia en la gestión ambiental comunitaria del cerro Quitasol y separación de residuos en el municipio de Bello.

### **¿Por qué alternativas de sostenibilidad energética en el Andrés Bello y el municipio de Bello?**

*En Colombia en general apenas estamos iniciando con el tema de energías alternas, aún dependemos mucho de las energías fósiles y la energía eléctrica que nos suministra EPM. En el colegio Andrés Bello podría instalarse sobre los techos y las planchas paneles solares para tomar una fuente de energía diferente a la energía eléctrica que es la que se consume en esta institución, además, contamos con una radiación (presencia del sol) de casi todo el año, también podría promover el uso de la bicicleta a partir de tecnología solar para minimizar los impactos ambientales que se están generando por la alta población de motocicletas, adicionalmente, como manera experimentar algunos sistemas de molinos de viento para extraer energía eólica en los meses de enero, febrero, agosto y septiembre ya que contamos con buena velocidad de vientos en el municipio.*

Desde esta perspectiva, se entrevista al señor Alberto Luis Barrios Ospina, con un cargo administrativo de técnico operativo y profesional en ingeniería eléctrico en la alcaldía de Bello, con responsabilidades que relacionan la gestión tecnológica de los colegios públicos del territorio, además de estar encargado del mantenimiento de las redes de comunicación y resolver requerimientos de IT (*Information Technology*) en las infraestructuras tecnológicas de las instituciones.

**¿Cuáles son las condiciones energéticas actuales en los colegios de Bello?**

*Los colegios públicos del municipio de Bello, actualmente cuenta con energía tradicional, los cuales registran altos consumos que se traducen en gastos “exagerados”, resultado inapropiado para la parte administrativa que reporta pagos elevados por el inusual consumo que de evidencia en las instituciones, por otro lado, y como consecuencia del exceso de la energía convencional se registran en las aulas y oficinas altas temperaturas que traen como consecuencias enfermedades a los estudiantes y personal propio de la institución, además, de contribuir al calentamiento global deteriorando constantemente el medioambiente. Las conexiones son estables, pero particularmente en el colegio JEGA se corre el riesgo de inestabilidad por la cantidad de dispositivos que se conectan de manera constante por los eventos que se realizan al interior de la institución, reportando de manera habitual el disparo en los interruptores y la urgencia de reactivar los sistemas para darle continuidad a los eventos que se realizan por instrucciones de los órganos municipales. También es importante resaltar que el colegio Andrés Bello es quizás la institución con mayor tradición en el municipio y tiene problemas de infraestructura, por ejemplo, el armario principal se encuentra en el aula de bilingüismo lo que contextualiza un escenario de alto riesgo por el fácil al lugar. Otras instituciones se han ido adecuando, pero en la mayoría de estas se reporta lo que inicialmente exprese, altos consumos energéticos. Sin duda, cada una de las instituciones de han estructurado pensando en la posibilidad de integrar en un mediano-largo futuro alternativas de sostenibilidad energética.*

**¿Si se integran alternativas sostenibles en la entidad que impactos considera usted que se tendría para el medio ambiente y la comunidad Bellanita?**

*Indiscutiblemente, como lo precise en la anterior respuesta desde la alcaldía se han venido desarrollo esquemas para implementar alternativas sostenibles, es decir, si la alcaldía quiere integrar un panel solar que considero es la más adecuada en el municipio los techos estarían listos para adaptarlos de manera rápida y fácil, pero es relevante señalar desde mi experiencia y opinión algunos impactos:*

- *Entrar en el contexto de la modernidad sustentable y sostenible*

- *Mejorar sustancialmente la vida útil de las instituciones.*
- *Generar planes de mantenimiento en las instalaciones, lo cual impactaría en disminuir los costos de reparación y reposición de edificaciones en cuanto a la energía tradicional.*
- *Reducción de riesgos: contar con edificaciones sostenibles diseñadas para garantizar óptimas condiciones ambientales.*
- *Se reducirán los impactos negativos en la salud de los Bellanitas*
- *Por último, pero no menos importante, seríamos reconocidos a nivel Colombia como instituciones sostenibles sirviendo de ejemplo en las buenas prácticas sobre el cuidado del ambiente y la integración de la sostenibilidad energética.*

#### **¿Qué impactos de productividad y competitividad se tendría en los colegios públicos?**

*A partir de la ciencia, la innovación y la tecnología el aprendizaje se vuelve fundamental para el desarrollo de nuevos proyectos, generando espacios con condiciones amigables en un contexto de ambiente, además, abre las puertas a convertir a las entidades educativas públicas en una herramientas fundamentales de enseñanza, puesto que esta premisa ayuda a cultivar la sensibilidad con el entorno y la importancia mantener una actitud responsable con el uso de los recursos, además, promociona al interior de los colegios incluir en las asignaturas este tipo de desarrollos, no está demás señalar que se podría incluir una metodología STEM (Science-Technology-Engineering-Math) que es adecuada para que los jóvenes estudiantes comprenda la importancia de generar nuevas tecnologías para un mundo mejor. En este orden de ideas la reputación de los planteles educativos carece de ser sostenibles, pero con este tipo de tesis se puede aspirar a tener una tendencia para motivar a los órganos administrativos de Bello en pensar en este tipo de proyectos y ser motivo de orgullo para los estudiantes, padres, comunidad, Colombia y porque no, todo el mundo.*

#### **¿Qué otros beneficios se podrían tener al incluir alternativas sostenibles?**

*Para el municipio de Bello y cualquier región del país o mundo garantizar una calidad óptima del espacio en el uso de las tecnologías, por otro lado, optimizar sustancialmente el consumo*

*de recursos energéticos y por supuesto alcanzar que estudiantes, profesores y comunidad en general cuenten con espacios que potencialicen el aprendizaje y el desempeño de nuevas tecnologías, donde de manera paralela se minimiza el impacto ambiental de la región en el uso de alternativas sostenibles para la sostenibilidad energética.*

### **¿Por qué los colegios consideran alternativas tecnológicas en sostenibilidad energética?**

*Es una pregunta bastante interesante donde se observa a nivel mundial, regional y local un constante crecimiento exponencial de la población, y se vuelve fundamental priorizar sectores que disminuyen los impactos ambientales, además de trazar un camino futurista en cuanto al cuidado de los recursos y el medio ambiente. Desde este punto de vista, se vuelve importante trazar estrategias a partir de metodologías que facilitan los entes administrativos la contribución en incluir esquemáticamente procesos de innovación (de la parte técnica nos encargamos los ingenieros) que contribuya a la sostenibilidad y el desarrollo de un colegio o institución pública*

*Como se ha mencionado anteriormente, el objetivo de un diseño sostenible es lograr su funcionamiento en el largo plazo sin agotar los recursos disponibles, generar beneficios a nivel económico, social y ambiental,*

*Por último, se mejoraría la calidad de los espacios para el desarrollo de las actividades inherentes a los colegios. En un ambiente más amigable y agradable en cuanto a la humanización del servicio.*

### **Mercados y carnes OR**

En el año 2000, dos hermanos Bellanitas emprendieron un proyecto de negocio en el municipio de Bello. Abrieron un granero y proyectaron que sería un supermercado con gran variedad de productos y servicios: una idea ambiciosa que inició como una tienda de barrio como cualquier otra. Al principio no fue fácil. La idea era convertirlo en un supermercado de gran magnitud, generador de empleo y único en el territorio. Se presentaron dificultades

en la adquisición de algunos espacios para empezar con el proyecto y llevarlo a posición actual, aunque finalmente los dueños de los predios ayudaron a la construcción del lugar. Al comienzo se pensaron muchos nombres para el supermercado, llevando ocho nombres como propuesta a la Cámara de Comercio. En la revisión de los nombres se notificó que ya todos existían, optando finalmente por el nombre que lleva actualmente: Mercados y Carnes OR, por las iniciales de los nombres de los actuales dueños.

Al inicio del proyecto el personal que trabajaba estaba integrado por familiares. Al popularizarse el negocio en el municipio de Bello se inició con el proceso de contratación de personal idóneo para cubrir esas necesidades con prioridad de contratación a las personas oriundas de Bello. Mercados y carnes OR es una entidad líder en productos para la canasta familiar, con calidad, buen servicio y los mejores precios en el municipio, así también es una entidad generadora de empleo, donde se brinda la oportunidad a las personas que hagan parte de esta gran familia (OR, 2019). En la tabla 28 se detalla la fachada del supermercado.

**Tabla 28.** Mercados y carnes OR



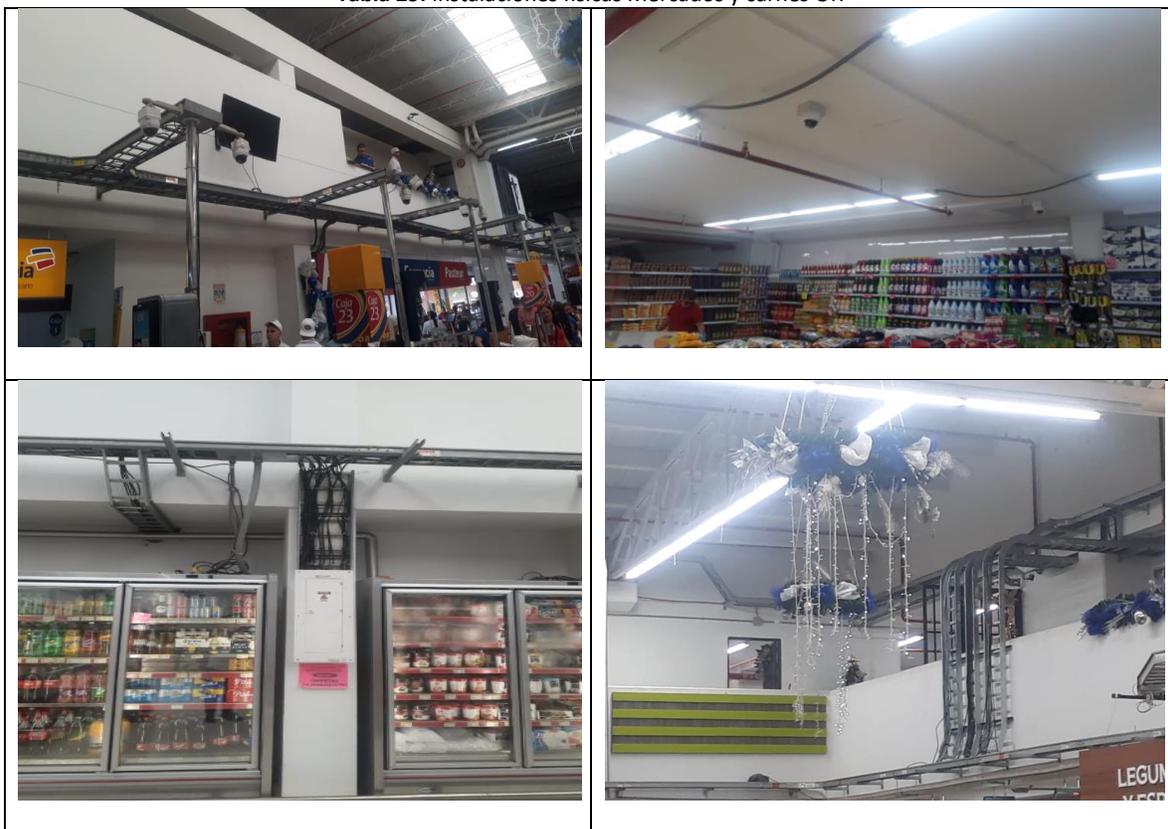
Fuente: elaboración propia

En visita se realizó entrevista a algunos empleados de Mercados y carnes OR para que expresase su opinión frente a las condiciones energéticas actuales de la entidad, previa contextualización de la problemática y la posibilidad de integrar alternativas sostenibles, además, de conocer una primera opinión en Mercados y carnes OR acerca de proyectos

tecnológicos que impacten positivamente el medio ambiente y la economía de la entidad dentro del municipio Bello.

Mercados y carnes OR cuenta con una planta física de gran tamaño ubicada en el barrio Mesa del municipio de Bello. Proyecta un consumo de energía bastante elevado debido la utilización de luminarias, aires acondicionados, máquinas refrigeradoras y los procesos industriales que se desarrollan al interior de la entidad. La tabla 29 muestra algunas zonas de la entidad.

**Tabla 29.** Instalaciones físicas Mercados y carnes OR





Fuente: elaboración propia

**Laura Cristina Saldarriaga Cataño, Contadora de la Fundación Universitaria María Cano, Contadora Mercados y carnes OR**

**¿Cuáles son las condiciones energéticas en mercador OR?**

*Las condiciones energéticas en mercados y carnes OR son óptimas, cada puesto de trabajo tiene debidamente instaladas todas las acometidas con suficiente capacidad de operación, el local donde funciona esta remodelado con espacios nuevos, por lo cual las instalaciones cuentan con todos los requerimientos exigidos por la normatividad, el proveedor de servicios energéticos es EPM, sin embargo, por el tamaño y la cantidad de servicios se consume mucha energía eléctrica. Se han realizado cambios de estructura como por ejemplo lámparas led que son ahorradoras de energía, pero están encendidas desde que se abre 7:00am hasta que se cierra 8:00pm.*

***Si se integran alternativas de sostenibilidad energética en mercados OR ¿qué impactos considera usted que se tendría para el medio ambiente y la comunidad Bellanita?***

*Las alternativas sostenibles deben estar lo suficientemente desarrollada para que pueda abastecer las necesidades del negocio, si cumple con esta condición sería positivo para la comunidad y para el medio ambiente, resaltando que estamos en la era donde la gente debería tener más conciencia del cuidado de la naturaleza, entonces impactaría positivamente la comunidad, además, generaría ganancias para la entidad porque se*

*entiende que en una alternativa sostenible es alta la inversión pero minimiza los costos mensuales que acarrea el funcionamiento de equipos y procesos propios de mercados carnes OR.*

***¿Qué impactos de productividad y competitividad se tendrían en mercados y carnes OR?***

*En cuanto a la competitividad y productividad hay que tener en cuenta que cualquier alternativa sostenible debe cumplir con todas las condiciones de cobertura que permitan que el negocio tenga siempre los servicios disponibles, en este caso, en mercados y carnes OR se tendría un plus en adquirir un servicio que no lo tiene nadie en el sector, lo cual seríamos más competitivos y se generaría mejores ingresos, mejor productividad y contribución al medio ambiente y la innovación en el territorio.*

***¿Qué otros beneficios se podrían tener al incluir este tipo de tecnologías?***

*Educar a la comunidad para que no se limiten al uso de energías convencionales, sino, que se enteren de que existen alternativas tecnológicas amigables lo que permite tener una ciudad más actualizada y en función de mejorar aspectos ambientales e impactos económicos que finalmente es que lo que se quiere porque se le ayuda al medio ambiente y se reduce los gastos en energías mejorando el bolsillo de cada uno.*

***¿Por qué alternativas de sostenibilidad energética en mercador OR?***

*Mercados y carnes OR es un negocio de mucha trayectoria y trascendencia en el municipio de Bello y esto puede generar en las diferentes comunidades un ejemplo a seguir, implementando tecnologías que puedan ser replicadas en los hogares, escuelas, zonas del municipio y que a su vez estén ayudando con la construcción de conceptos como autocuidado, medio ambiente, economía, orden territorial e implementación de proyectos de innovación que puedan fortalecer las condiciones de productividad y calidad en el municipio de Bello.*

Desde esta perspectiva, se realiza la entrevista a la persona encargada de la entidad en temas relacionados con procesos técnicos, mantenimiento de equipos y requerimientos de tecnología con el propósito de tener una visión más clara sobre lo que espera la entidad en el municipio de Bello.

**José Yesid Cardeño, Ingeniero Eléctrico Universidad de Antioquia, Ingeniero Mercados y carnes OR**

**¿Por qué su entidad considera alternativas tecnológicas en sostenibilidad energética?**

*La actualidad y la realidad exige a mercados y carnes OR eficiencia en consumos y responsabilidad con el medio ambiente, la entidad le apuesta a consumos de energías renovables a mediano y largo plazo, en ese contexto, la utilización de celdas solares es una meta para el año 2020, por lo que la descentralización de algunos consumos como la iluminación en la oficinas hacen que tipo de generación por energías renovables sean más viables y de mayor divulgación técnica disponible para todos, por lo que podemos citar dos aspectos fundamentales que soportarían la implementación de estas tecnologías (al interior de la red eléctrica) en nuestra organización.*

*El primero sería la confiabilidad y la seguridad, no tendríamos interrupciones por no depender de una red de energía externa, esto quizás afectaría la continuidad en los procesos y la seguridad física, por lo que, tener un sistema de energía propio sería perfectamente predecible la capacidad de funcionamiento y lo segundo apunta a la regularidad en consumos de energía por producción , por ejemplo, las cargas variables por iluminación en oficinas que fluctúan todo el tiempo y más en la noche serian soportados por un sistema de energía solar dando como resultado consumos constantes de producción día y noche, no se presentarían picos de consumo altos y se podría ajustar la capacidad instalada a los nuevos requerimientos a cargas constantes.*

## Colegio Betsabé Espinal (Niquia)

Betsabé Espinal fue una de las líderes sindicales en el Bello de los años 1920. Trabajadora de fábrica y mujer con propuestas de avanzada en el derecho al trabajo de mujeres cabezas de hogar (Gutiérrez & Marín, 2012). El colegio que lleva su nombre se asienta en la comuna Niquía y es una institución fundamental para la educación de los niños de este sector. La tabla 30 muestra la parte frontal y lateral de la institución.

Tabla 30. Colegio Betsabé Niquía



Fuente: elaboración propia

En visita se realizó una entrevista a un empleado del colegio Betsabé Espinal para que manifestase su opinión respecto a las condiciones energéticas actuales de la institución, previa contextualización de la problemática en el manejo de la energía y la posibilidad de integrar alternativas sostenibles para impactar positivamente en el municipio de Bello. La entidad cuenta con una planta física de gran tamaño, ubicada en el barrio Niquia y proyecta un consumo de energía elevado debido a que en las diferentes zonas se emplean equipos de iluminación, aires acondicionados, máquinas y de servicios generales. La tabla 31 muestra algunas zonas de la entidad.

Tabla 31. Instalaciones físicas Colegio Betsabé Niquía



Fuente: elaboración propia

**Sandra Milena Ortega Gómez, Auxiliar contable del Politécnico Mayor, Auxiliar administrativa del colegio Betsabé Espinal**

**¿Cuáles son las condiciones energéticas en el colegio Betsabé Espinal?**

*El colegio Betsabé Espinal cuenta con 17 aulas que cubren desde preescolar hasta básica secundaria, cuenta con un aula de sistema equipado con 30 equipos, también se cuenta con una biblioteca. Se evidencia un correcto funcionamiento de la energía a nivel institucional, sin embargo, cabe señalar que muchas veces las luces están encendidas en el día y razón alguna, este fenómeno también de evidencia en el aula de profesores cuando está totalmente vacía olvidan apagar las luces y pueden estar así por horas. Las acometidas están mal ubicadas, cualquier persona de la institución tiene acceso fácil a ellas y generar un accidente a falta de aplicar adecuadamente la norma que se rige en Colombia para este tipo de redes.*

**Si se integran alternativas de sostenibilidad energética en el colegio Betsabé Espinal ¿qué impactos considera usted que se tendría para el medio ambiente y la comunidad Bellanita?**

*Definitivamente sería un impacto muy grande, no solo en la institución sino por fuera de la misma, partiendo de los costos que están generando mes a mes atender la cantidad de alumnos inscritos en la institución que son aproximadamente 1042 alumnos que hay sostenerlos con servicios básicos como la energía y realmente se están generando unos costos elevados para el tamaño y la cantidad de estudiantes, adicionalmente, desde lo personal y desde mi poco conocimiento, si aplicáramos este trabajo científico o tecnológico nos estaría reduciendo a un 60% menos de gastos en la institución, estaríamos alrededor del 30% de gastos netos en energía y reduciríamos significativamente llamando la atención de las personas aledañas a la institución porque contamos con pequeñas, medianas y grandes empresas, además, de los muchos negocios que tenemos en el sector de Niquia – alrededor del centro comercial Puerta del Norte– no solo en el día, sino, en la noche motivando a las entidades para adoptar estas tecnologías y poder ser implementadas en nuestro municipio.*

**¿Qué impactos de productividad y competitividad se tendrían en el colegio Betsabé?**

*Los impactos serían muchos, hablemos de la competitividad a nivel empresarial; cuando las entidades del municipio de Bello se enteren de que el colegio Betsabé adopto tecnologías renovables entonces querrán ver físicamente como está instalado, como se ejecutó el proyecto y por supuesto también adoptarlo, por ende, esto va a generar otras personas u organizaciones quieran tenerlo y de esta manera en el valle del aburra podernos expandir y podremos aportar al cuidado del planeta que es uno de los puntos más relevantes en este tipo de estudios, aprendiendo a conocer todos los beneficios que se pueden generar y mitigar el gasto de nuestro mundo, impactando desde Bello y llegar a todo Colombia, es más, llegar a nuestro vecinos países.*

**¿Qué otros beneficios se podrían tener al incluir este tipo de tecnologías?**

*Partamos desde mi experiencia que llevo 10 años trabajando en esta entidad pública del municipio de Bello y el mayor tiempo estoy en la oficina expuesta a la luz lo cual ha desarrollado enfermedades tales como migraña, cansancio y otras patologías a causa de campo que se genera por la energía eléctrica, se considera de alta importancia integrar paneles solares, por ejemplo, para mitigar este tipo de fenómenos que se evidencian no solo en las oficinas, sino también, en las aulas de las clases. Ayudaría mucho no solo al medio ambiente y reducción de costos, sino, al cuidado de la salud de las personas que interactúan constantemente en estas instituciones, llegando a permanecer entre 7 y 8 horas, lo que representa un 30% del día.*

**¿Por qué alternativas de sostenibilidad energética en mercador en el colegio Betsabé?**

*Partamos desde lo primero, adoptando esto en nuestra institución aportamos al cuidado del planeta, que evidentemente, estamos en una era donde el mundo se descompone rápidamente por el mal uso que le damos, por lo que debemos crear e incorporar proyectos que nos ayuden con esta catástrofe mundial, por otro lado, Colombia pueda adoptar metodologías que son actualmente usadas en Alemania, Japón, Turquía lo que permitiría posesionarnos en el mundo, porque así sería, además es relevante mencionar que Colombia*

*tiene una posición geográfica adecuada cumpliendo con todo lo que se necesita para adoptar estas alternativas y como estamos dentro de un municipio nos generaría una muy buena rentabilidad en los servicios públicos y por último que el municipio de Bello tiene la presencia del sol durante los 12 meses del año.*

**Diego Alejandro Arango, Ingeniero Eléctrico Universidad de Antioquia, Contratista proyectos municipales en colegios públicos y privados**

**¿Por qué su entidad considera alternativas tecnológicas en sostenibilidad energética?**

*Todos de alguna forma u otra hemos escuchado hablar del cambio climático, es una situación real que amenaza nuestra supervivencia y la de muchas especies en el planeta y es algo que debemos enfrentar directamente con la hipótesis de que muchos gobiernos desestiman los hechos tangibles de contaminación y deterioros que se representadas en el mundo materializados en el medio ambiente, es así como en el 2015 se firma por parte de muchos países el acuerdo de Paris para trabajar en el cambio climático con objetivos claros y concretos y con acciones efectivas que para detener la tendencia de la destrucción de la vida en el planeta, Colombia es firmante de este acuerdo y adquiere compromisos muy serios para la disminuir los gases del efecto invernadero adoptando de políticas de desarrollo sostenible que llevada a las regiones y subregiones del país, concretamente, el área metropolitana caso municipio de Bello sumamos de pequeños aportes que llevaran el cumplimiento de los objetivos globales del planeta, es más, desde nuestra individualidad podemos aportar con líderes que aporten en este tipo de proyectos, dentro de entes contexto podemos citar un objetivo de inversión de energías renovables, que para Bello serían solar, eólica e hidroeléctrica con un alto grado de innovación que pueden ser factibles económicamente y también desde lo técnico puesto que la tecnología actual lo hace posible y entre tanto las entidades públicas y privadas del municipio de Bello deben considerar acciones en los portafolios de innovación, para listar algunos: la industria textil, como la empresa Fabricato tiene la idea de incluir tecnología solar (prototipos), en el transporte*

---

*público, MetroMed (metro de Medellín) en las estaciones de metro cable ya tienen paneles solares que aportan parte de la energía eléctrica al sistema, en hoteles y centros comerciales y terminales de transporte este tipo de implementaciones son una realidad, que se ajusta idealmente a los modelos institucionales de las entidades del municipio de Bello, ya que por ejemplo, El metro de Medellín cruza de extremos a extremo el municipio en cuestión.*

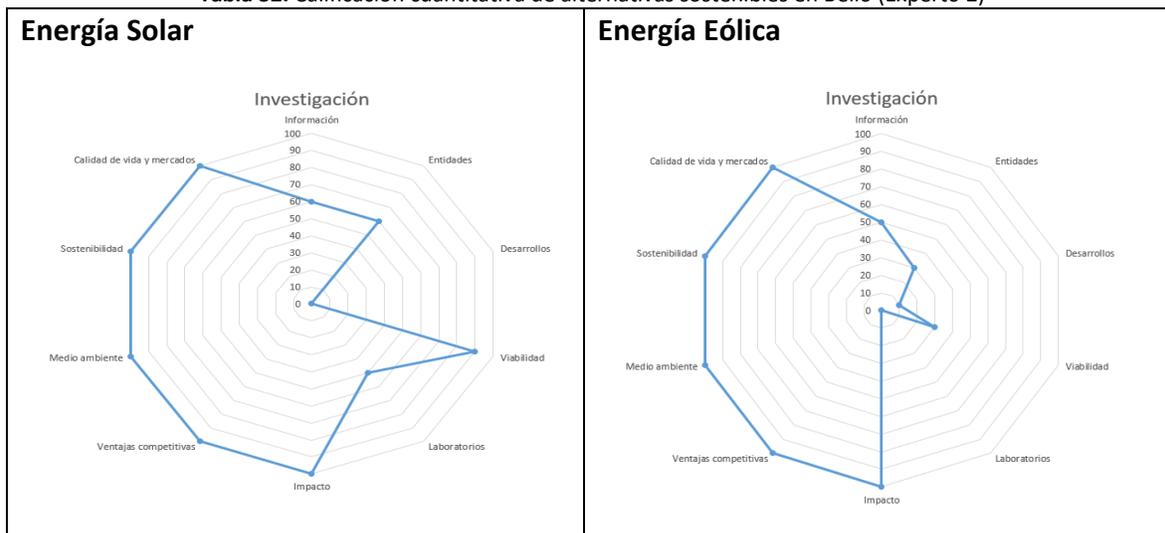
*Se habla desde la innovación, que para el 2021 el metro de Medellín estará en funcionamiento con un ciento por ciento de uso de energías renovables, ideas que desde el municipio de Bello se deben adoptar, implementar, ejecutar y proyectar para cumplir con los compromisos globales, por tanto, Bello no puede ser ajeno a este tipo de ideas, puesto que las energías renovables son una realidad y proyectos como el que me presentas deben ser visibles para la administración y la comunidad.*

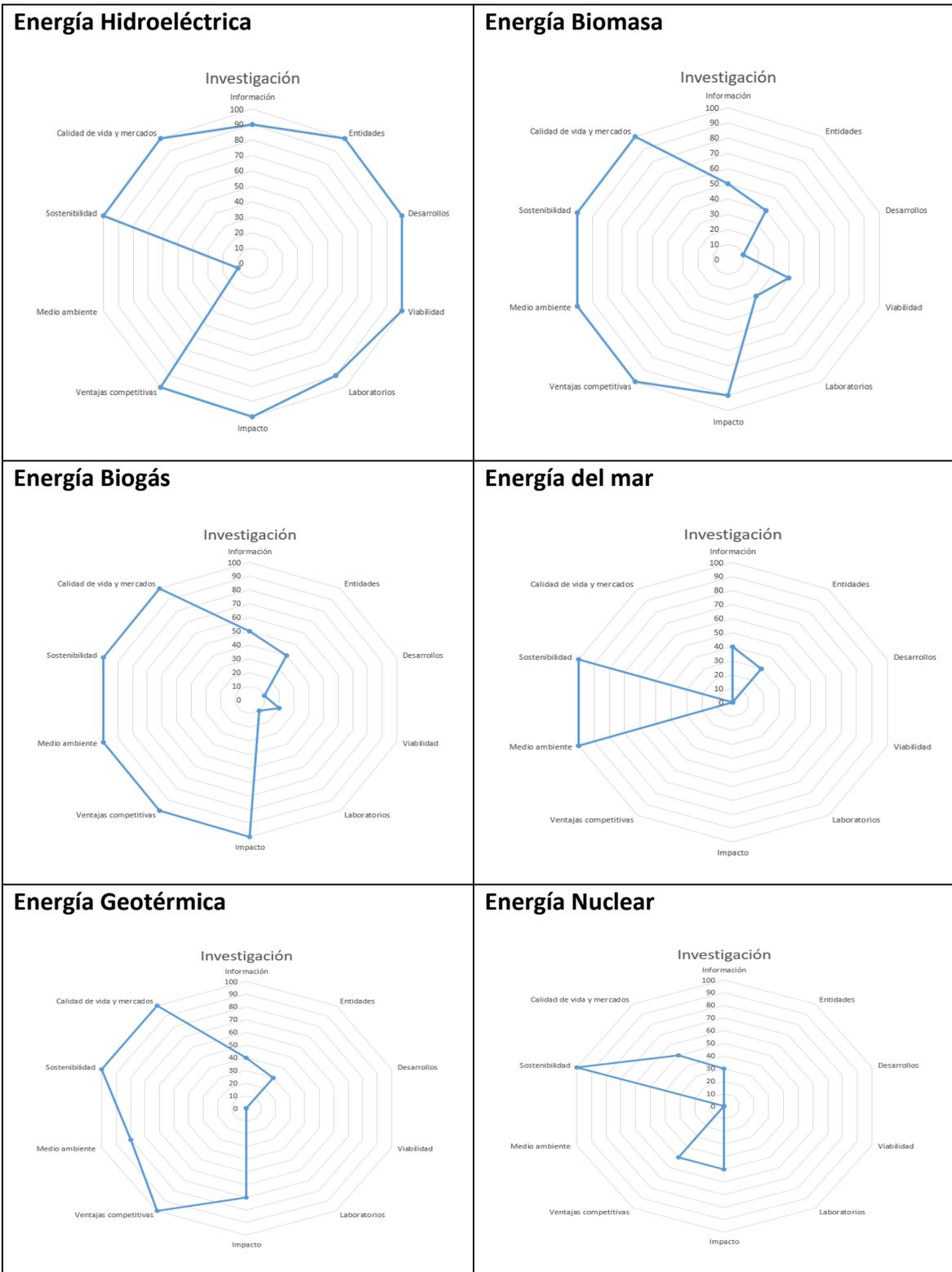
## ANEXO C. RESULTADO ENTREVISTAS A EXPERTOS DE DIFERENTES PERFILES TECNOLÓGICOS DEL MUNICIPIO DE BELLO

- *Edison Andrés Hincapié Monzalve, Ingeniero electrónico del ITM, Ingeniero de planta en Porcicarne Bello.*

*La sostenibilidad energética es un tema muy amplio y que evidentemente se está incorporando lentamente en los procesos de innovación de la empresas, pero es una realidad que muchas organizaciones no les interesa integrar este tipo de tecnologías, por lo que se ha fortalecido la idea de dar “premios” a las empresas que demuestren este tipo de gestión, desde esta perspectiva, el municipio de Bello es rico en fuentes renovables pero limitado en acciones públicas, es decir, a los funcionarios de esta región no les interesa invertir en este tipo de proyectos, podría apostar que en los desarrollos municipales se habla de proyectos de innovación y se queda en el papel, pero esta característica la tiene solo el metro y beneficia a Bello por un lado porque están las oficinas del metro y por el otro porque la línea del metro cruza de lado a lado todo el municipio. Integrar estas alternativas en Bello, especialmente la solar y eólica, nos resaltaría como ciudad y seríamos un ejemplo a nivel nacional, pero mientras existan esas limitaciones culturales y políticas veo complicado hacerlo, ahora, a Bello lo que le falta son investigaciones como esta que ayuden a potencializar esas ideas y llevarlas al campo.*

**Tabla 32.** Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 2)





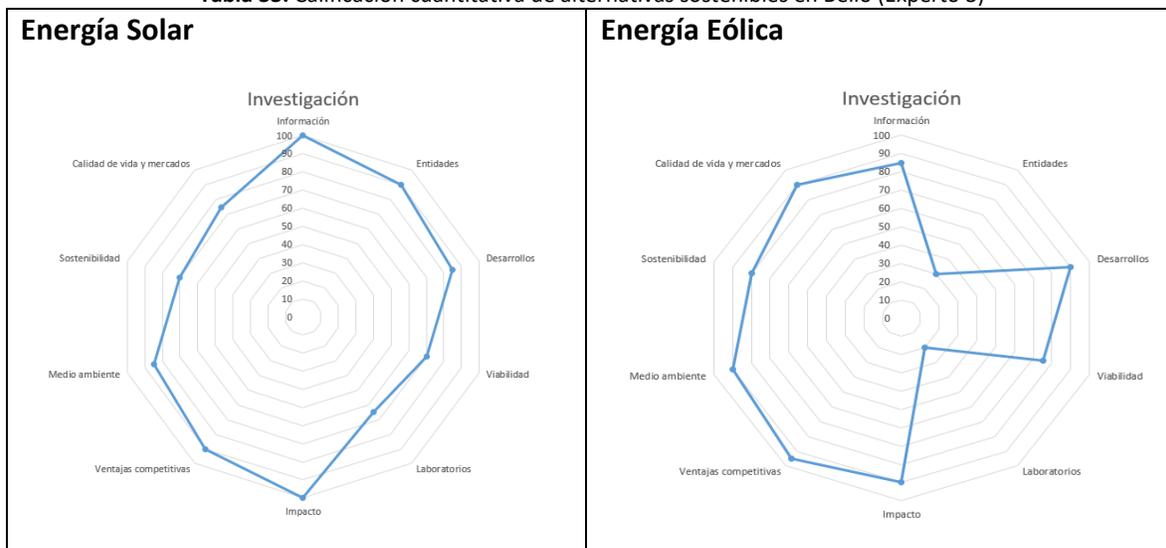
Fuente: elaboración propia

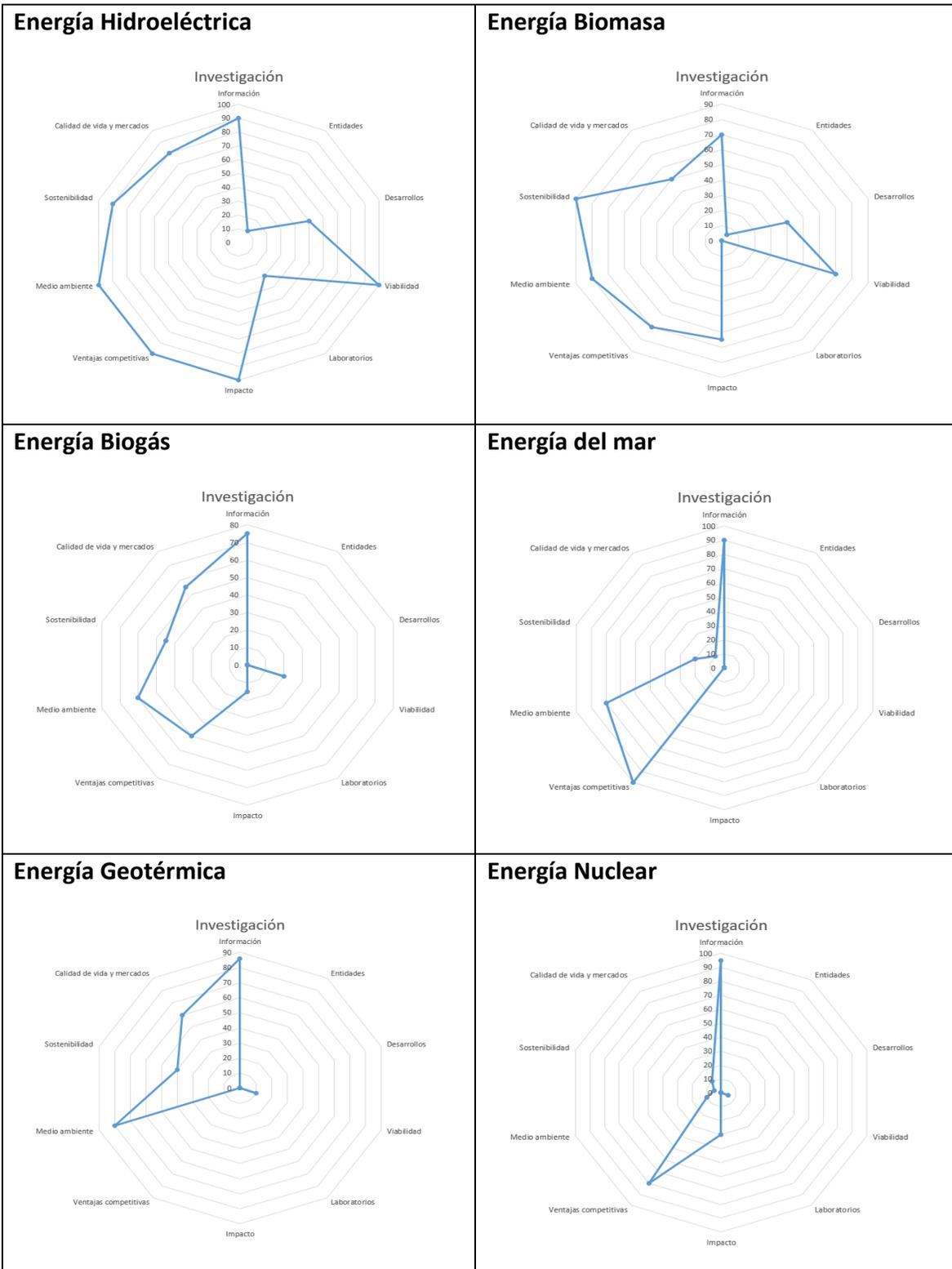
- *Cristian Suarez Acosta, Ingeniero Electrónico del ITM, Analista de innovación en Wicalling.*

*Las empresas en el municipio de Bello deben considerar el uso de energías renovables, ya que los estudios demuestran que son alternativas más rentables en relación con la cantidad y calidad que ofrecen en términos energéticos, además, serían de gran beneficio al medio ambiente para aquellos que exceden los gastos habituales de un hogar o una empresa. En este sentido, las energías renovables son el presente y el futuro de las organizaciones a nivel nacional, regional y local ya que se atribuye al deber fundamental de todo ser humano en el planeta y es el cuidado del planeta, la razón por la que ahora muchas empresas están apostando.*

*Los recursos naturales del planeta son vitales, por eso como seres humanos se debe sacar el máximo provecho en beneficio propio, actualmente para el valle de Aburra el uso de energía eólica o solar serían las principales fuentes de producción de energía para mejorar la calidad de vida e incremento en la creación de nuevos empleos, por eso los profesionales de hoy son capaces de promover, gestionar, comprender y potenciar el uso de las energías renovables que permitan un crecimiento exponencial en la optimización de los recursos y reducción de gastos.*

**Tabla 33.** Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 3)



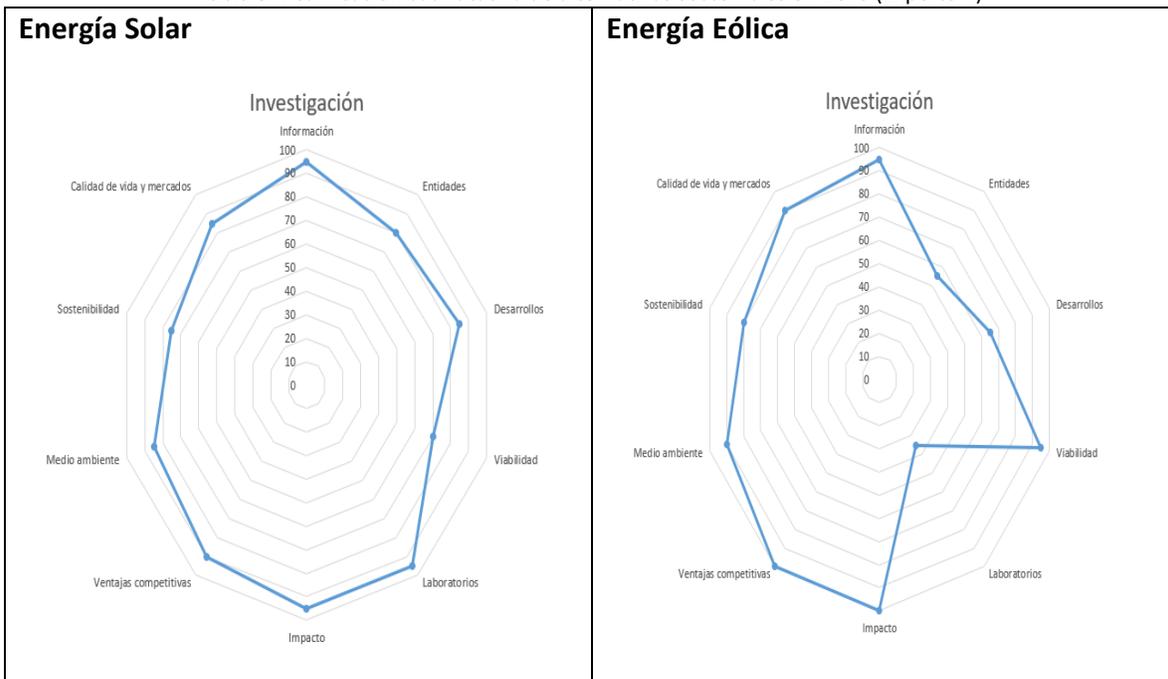


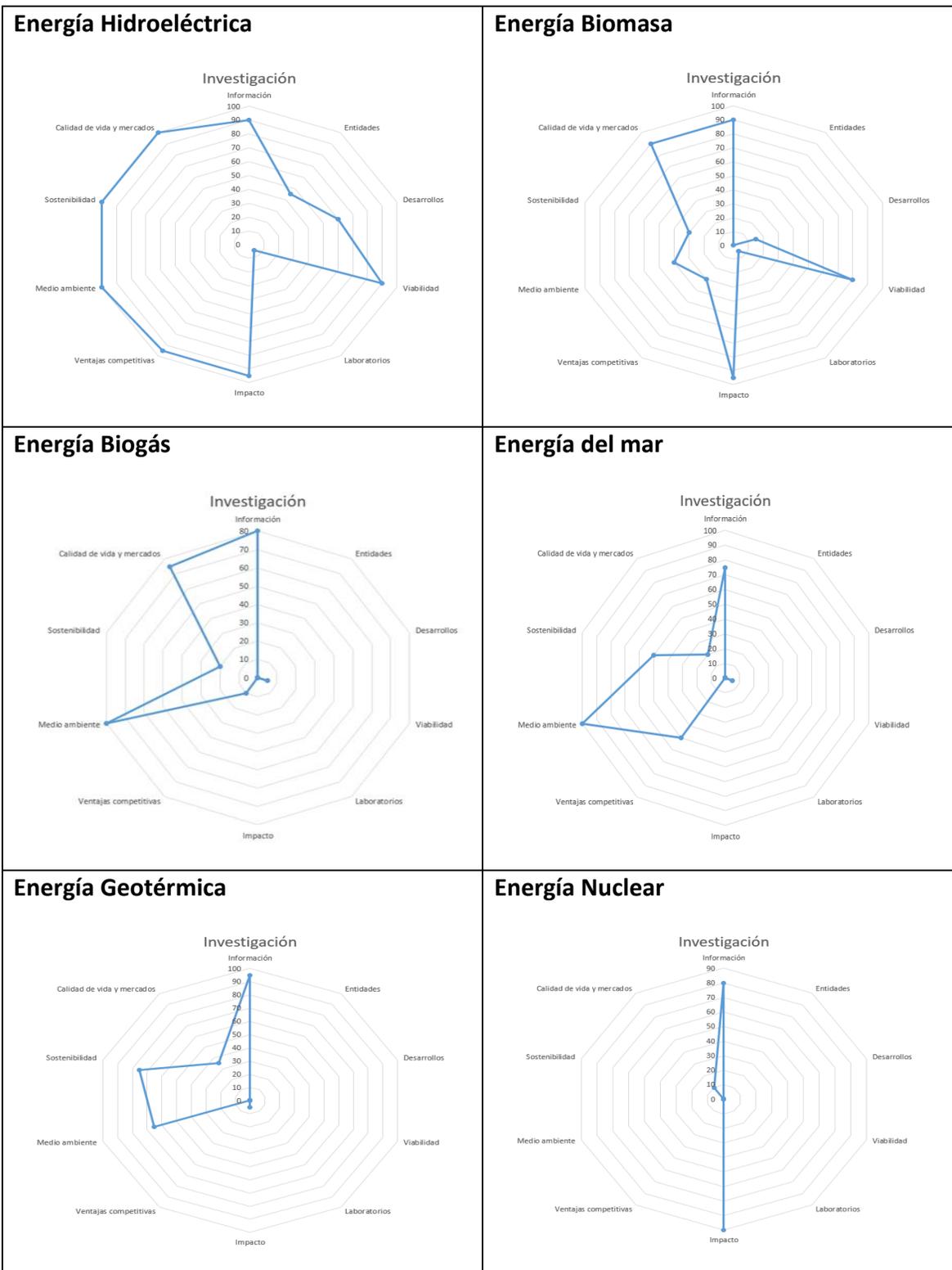
Fuente: elaboración propia

- Santiago Acevedo Pérez, Ingeniero Electrónico del ITM, Auxiliar de laboratorio - Energías Renovables en el ITM

Es importante que las empresas en el valle del aburra integren este tipo de tecnologías, es considerado un “Boom” porque la apuesta en impactar principalmente al medio ambiente, podríamos remitirnos al acuerdo de Tokio donde muchos países hicieron convenios para adoptar este tipo de energías, impactando a la sostenibilidad energética y al cuidado del medio ambiente (cambio climático), el municipio de Bello, por ejemplo, está muy bien ubicado topográficamente se observa una excelente ubicación resaltando la incidencia del sol (en m<sup>2</sup> que es la medida a considerar de esta tecnología) y vientos favorables especialmente en dos temporadas del año que son enero y entre agosto y septiembre lo cual representa oportunidades de crecer a nivel tecnológico, innovador, gestión y todas las representaciones que se le quieran denotar, además, cabe señalar que implementar este tipo de tecnologías da como garantía la disminución de impuestos propiamente en la huella de carbono, podríamos traer al metro de Medellín como ejemplo, lo cual es una manera de contribuir al medio ambiente. Ahora bien, la parte técnica no es tan sencilla, se debe no solo poner un panel solar o un aerogenerador, se deben pensar en modelos matemáticos debidamente estructurados que realmente si cumplan las condiciones que se necesitan en el municipio, no es solo poner y ya, es entrar en materia y profundizar en el estudio.

Tabla 34. Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 4)



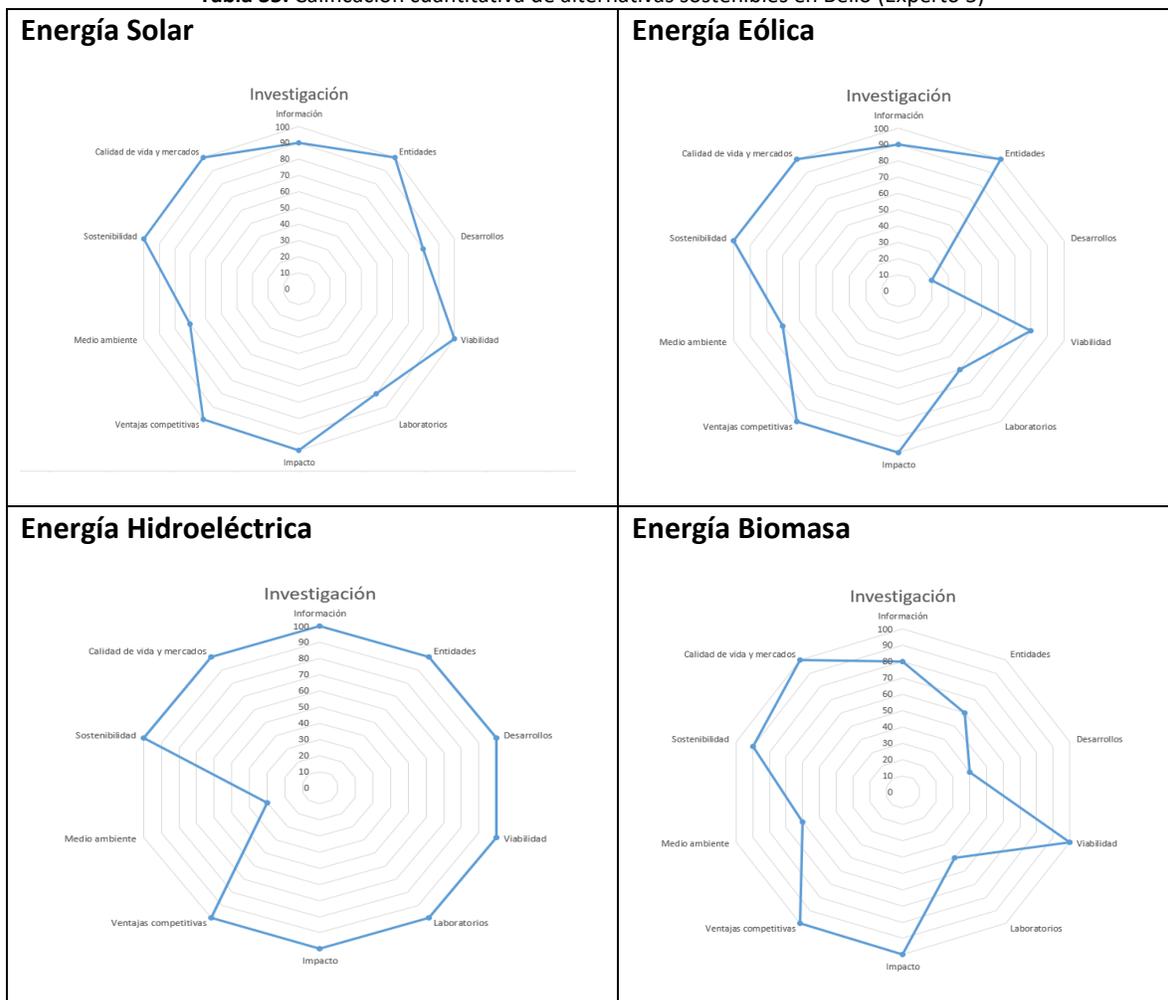


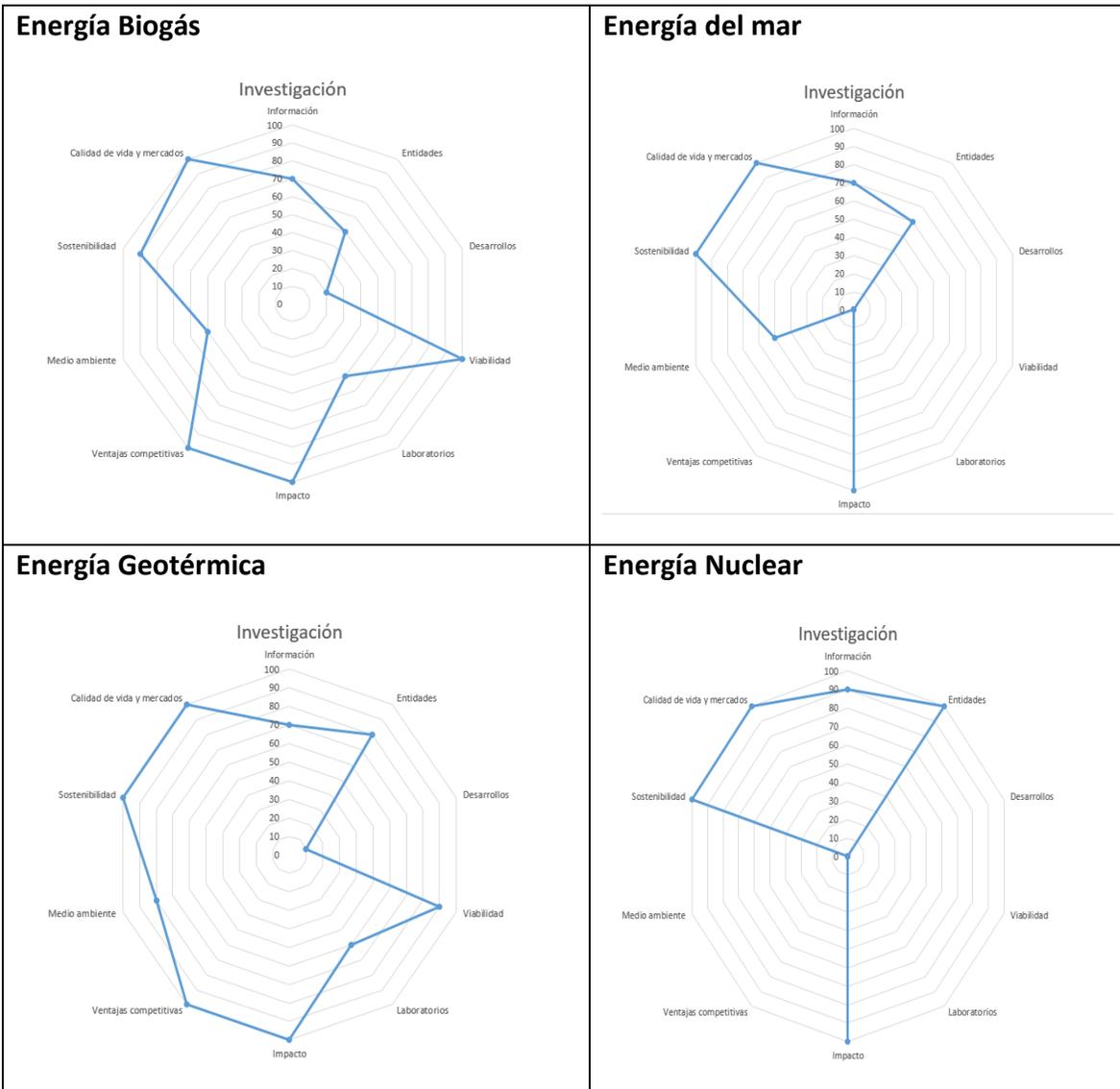
Fuente: elaboración propia

- Harlinson Javier Chavarro Hurtado, Ingeniero electrónico ITM, estudiante de maestría en automatización y control ITM, Salesforce developer en Globant.

Considero que el municipio de Bello podría implementar dos de las siguientes energías: solar, eólica e hidroeléctrica, esta última solo se produce con la fuerza del movimiento del agua, sin embargo, podemos aplicar el mismo principio para llevarlo a un río o quebrada y así aprovechar el principio de la energía cinética y luego convertirla en electricidad. por otra parte, la energía solar también sería una buena opción ya que en el valle del aburra (especialmente en Bello) la luz solar que recibe es suficiente para producir electricidad, no está demás, pensar en un sistema híbrido entre solar y eólica para integrar a la red y ser pioneros a nivel nacional en el uso de alternativas tecnológicas.

Tabla 35. Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 5)



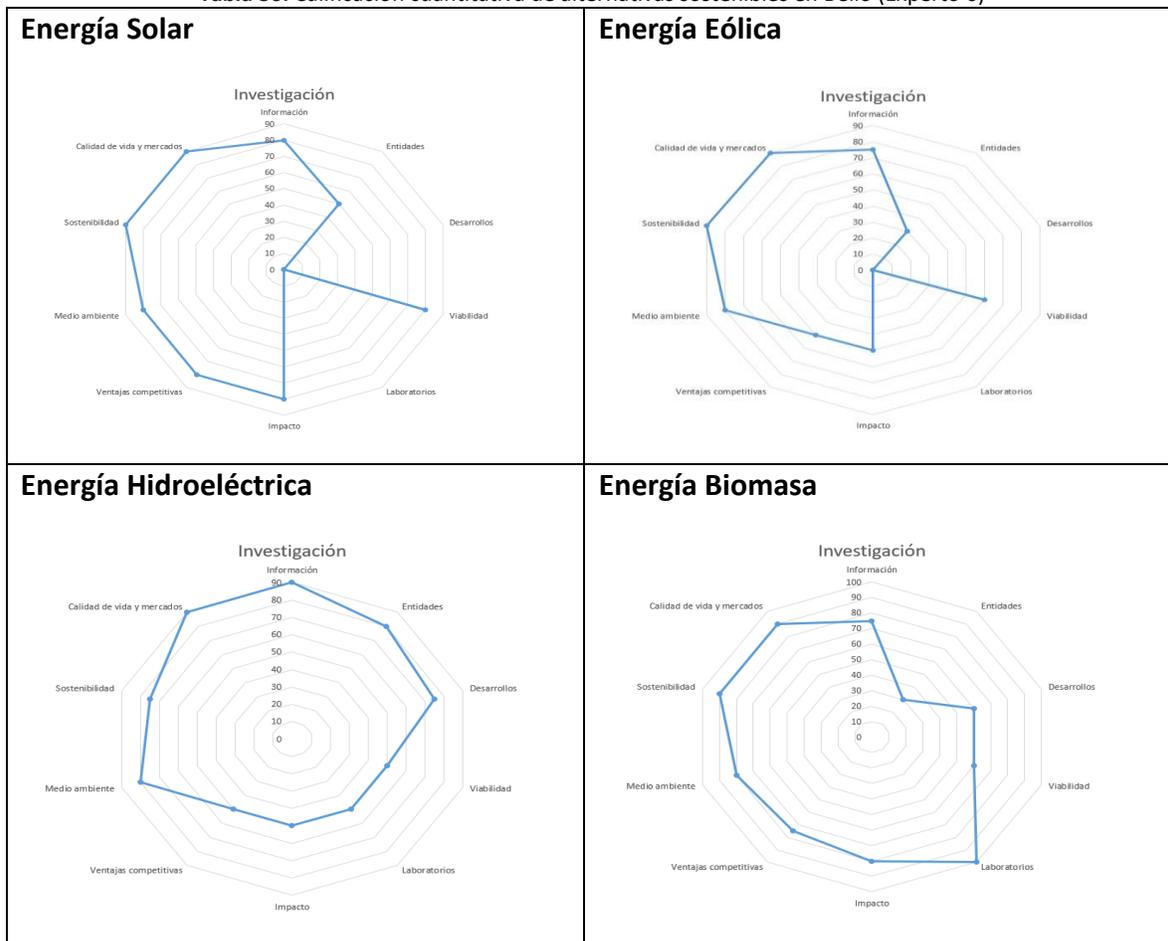


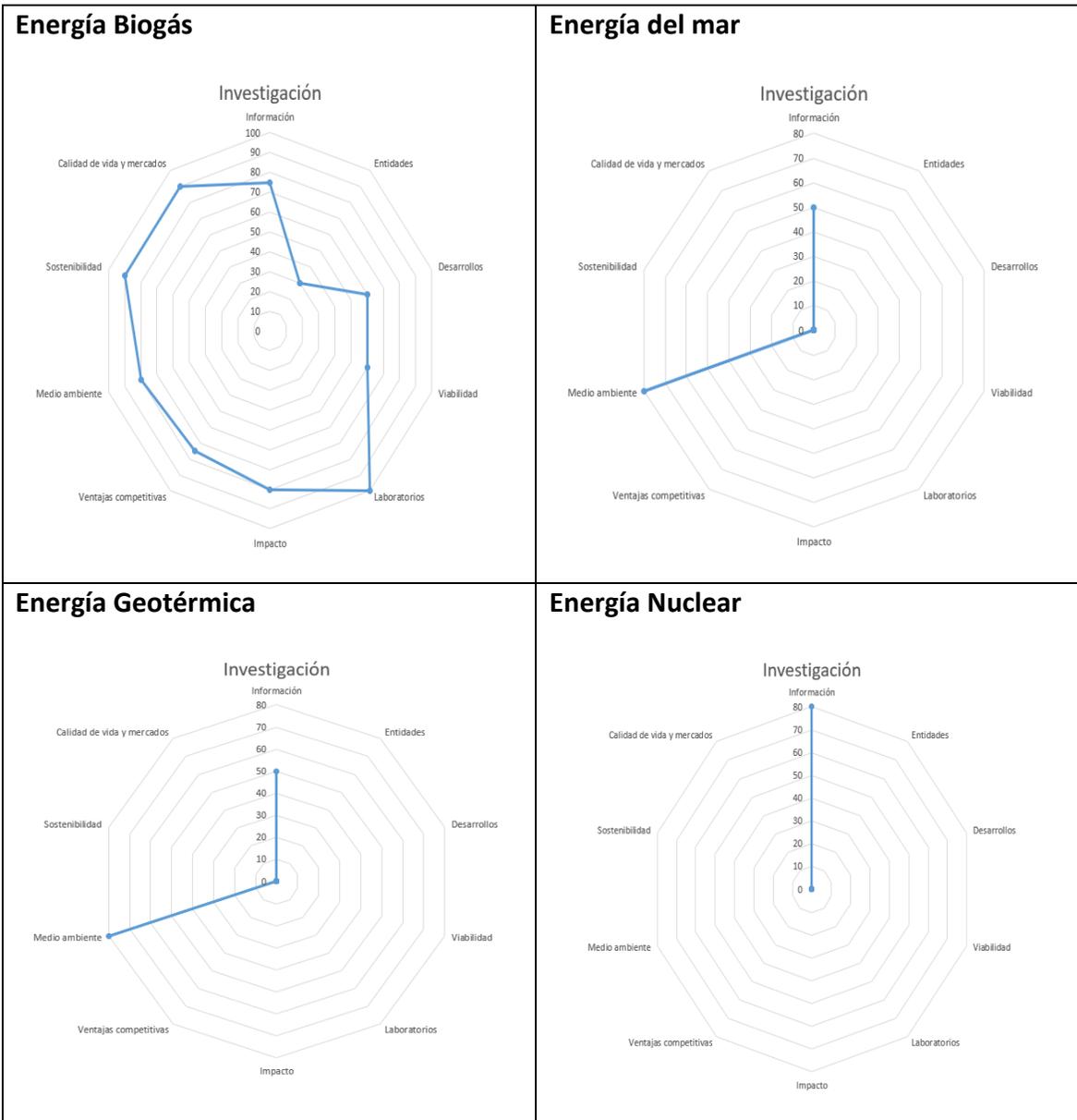
Fuente: elaboración propia

- Luis Mario Mejía Laverde, Gerente de Ingeniería en Cervecería Unión S.A., Ingeniero Eléctrico y Mecánico UNAL, Especialista en Administración Universidad de los Andes, Magister en Gestión Tecnológica UPB.

Históricamente en Bello ha existido desarrollo de generación de energía renovable como es el caso de la generación hidroeléctrica en Fabricato (Sistema que amerita un estudio de repotenciación); actualmente con el inicio de operaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de EPM se abre un excelente panorama de desarrollo en energías renovables a partir del biogás y la biomasa (Proyecto a gran escala); sin dejar a un lado el enorme potencial de desarrollo que tiene el Municipio en la implementación de energías como la Solar y la Eólica, analizando su factibilidad para la implementación en las comunidades de estrato bajo, preferiblemente.

**Tabla 36.** Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 6)



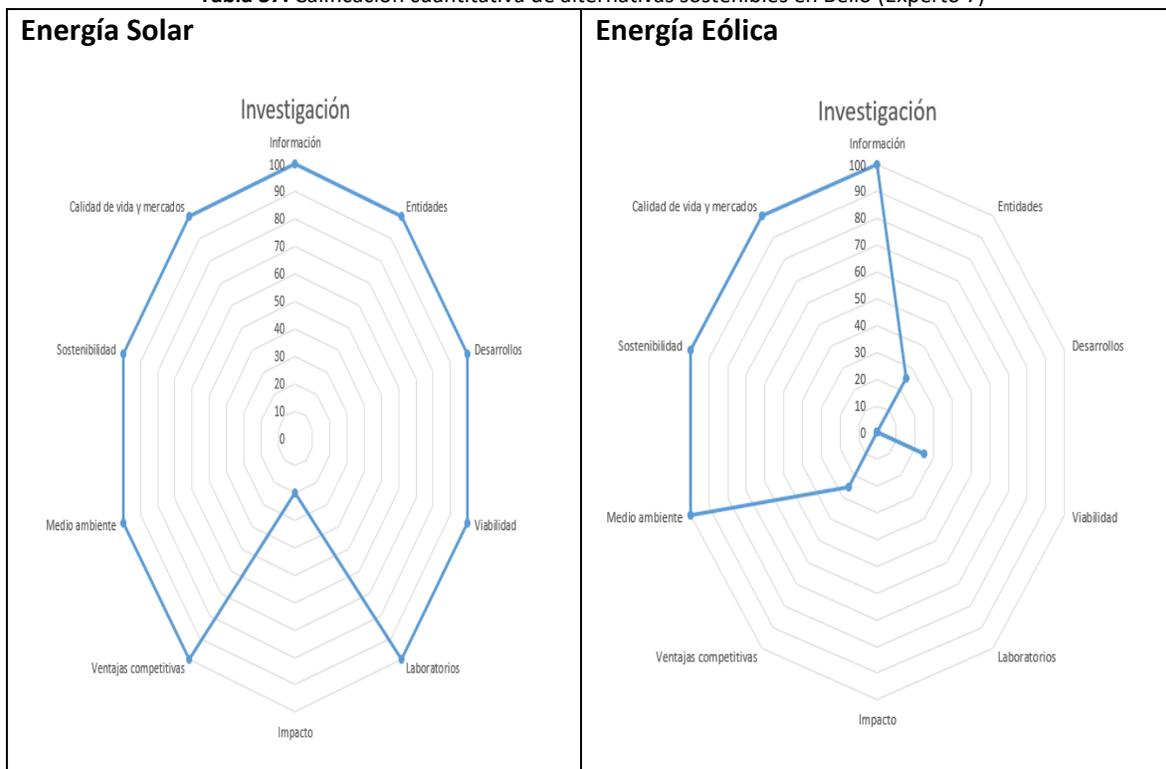


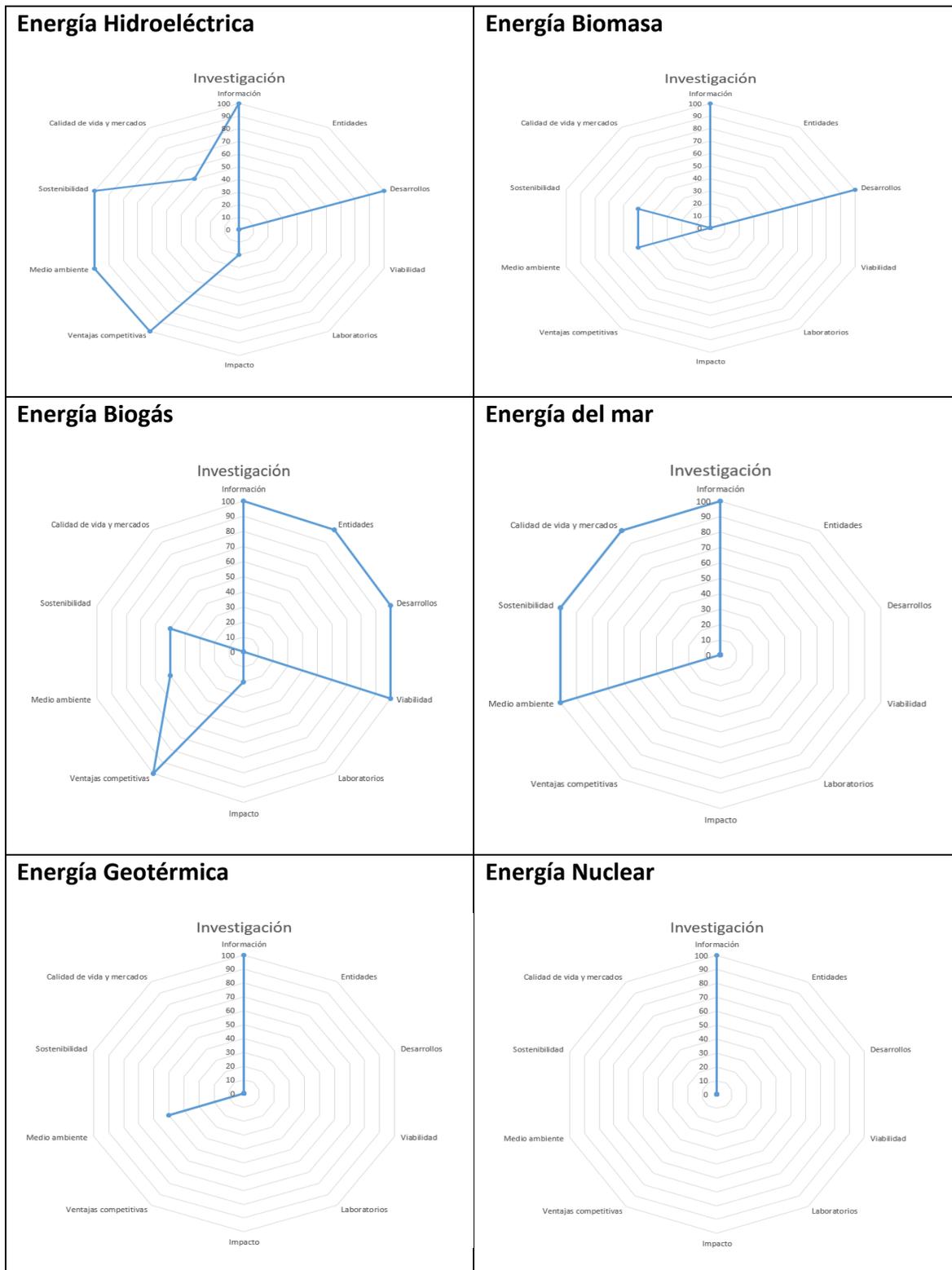
Fuente: elaboración propia

- *Hernán Alberto Cuervo Colorado, Administrador de empresas e Ingeniero Industrial de la Universidad Católica Luis Amigo, Especialista en Gestión Financiera empresarial de la Universidad de Medellín y Doctor en Ciencias administrativas y Económicas de la UCI en México.*

*La respuesta al uso de energías renovables es variada, empezando por el motivo más importante que es la lucha contra el cambio climático, las entidades del municipio de Bello consideran las alternativas de sostenibilidad energética en sus objetivos institucionales porque pretenden mantener estables los recursos municipales y aportar significativamente en sostener los recursos del planeta para la conservación del equilibrio, además, generar el menor impacto ambiental en las comunidades aledañas en un contexto regional (valle del aburra). Finalmente, las fuentes de energía renovable tienen costos previsible y planificales pudiendo ser un aporte importante para la economía de un país o región como el municipio de Bello.*

**Tabla 37.** Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 7)



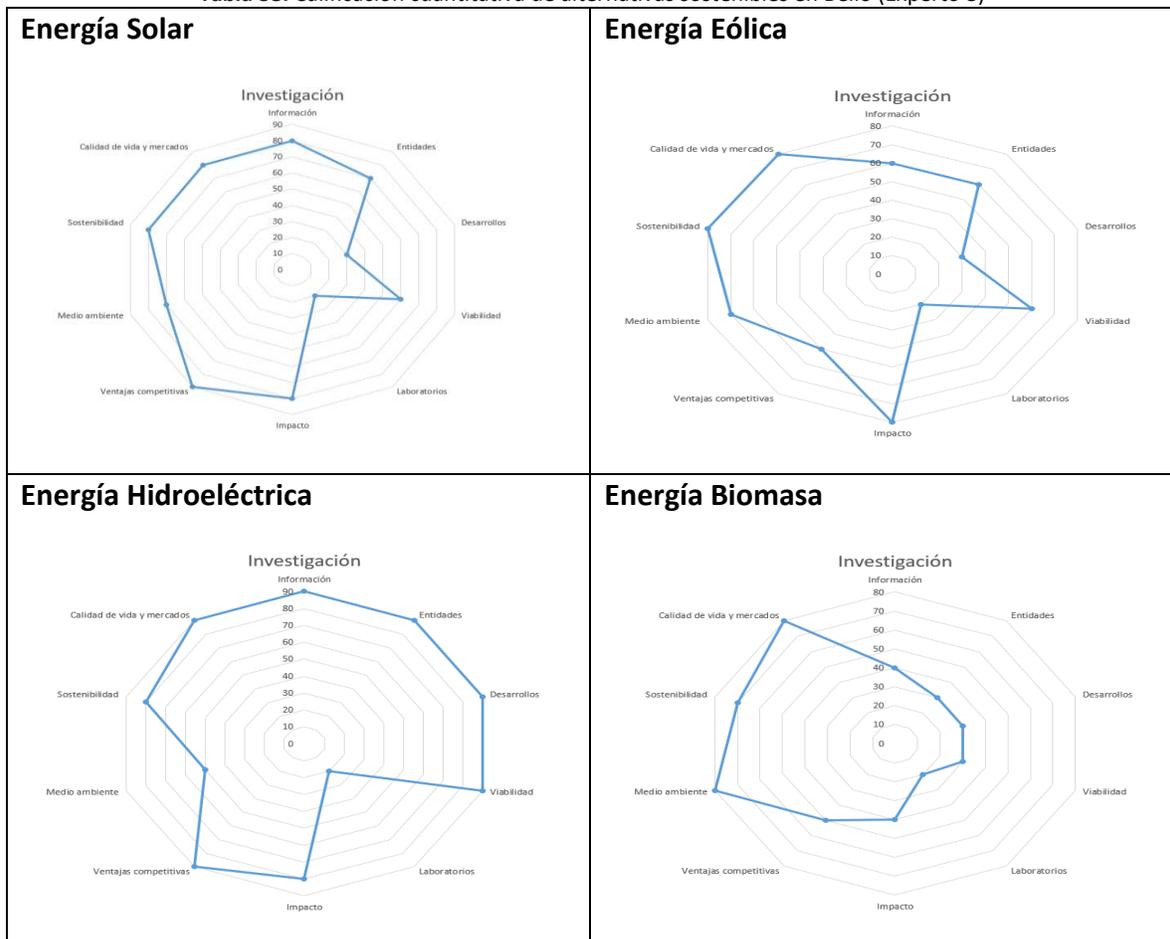


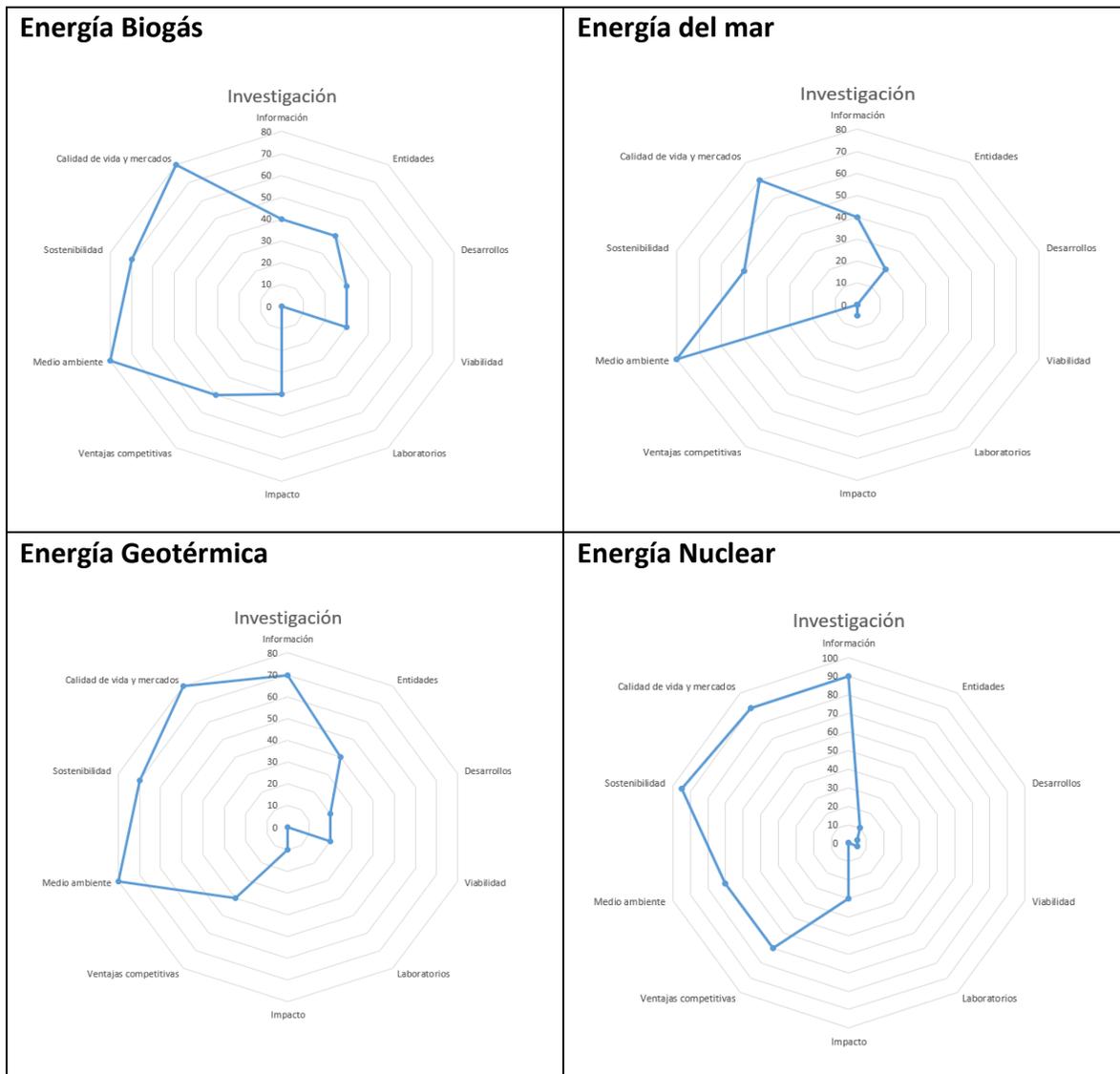
Fuente: elaboración propia

- *Andrés Felipe Córdoba, Ingeniero Eléctrico de la Institución Universitaria Pascual Bravo, Ingeniero de planta en Empresas Públicas de Medellín (EPM).*

*Teniendo en cuenta las consideraciones de geográficas del terreno, factores demográficos, entre otros, la energía renovable más optima que puede aplicarse en el municipio de bello es la solar, la implementación de la energía solar provee una versatilidad en la ubicación de los paneles si se posee un espacio abierto como se observa en las entidades públicas y privadas del municipio, además, desde la ciencia y la innovación podría combinarse con un parque eólico, dado que el municipio cuenta con meses como enero y agosto con velocidades ideales en los vientos, además estudios demuestran que existen aerogeneradores de bajas velocidad, claro está que se requiere que todos los estudios de viabilidad previos, no estaría de más, incorporar un modelo de innovación en los planes de desarrollo de Bello.*

**Tabla 38.** Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 8)





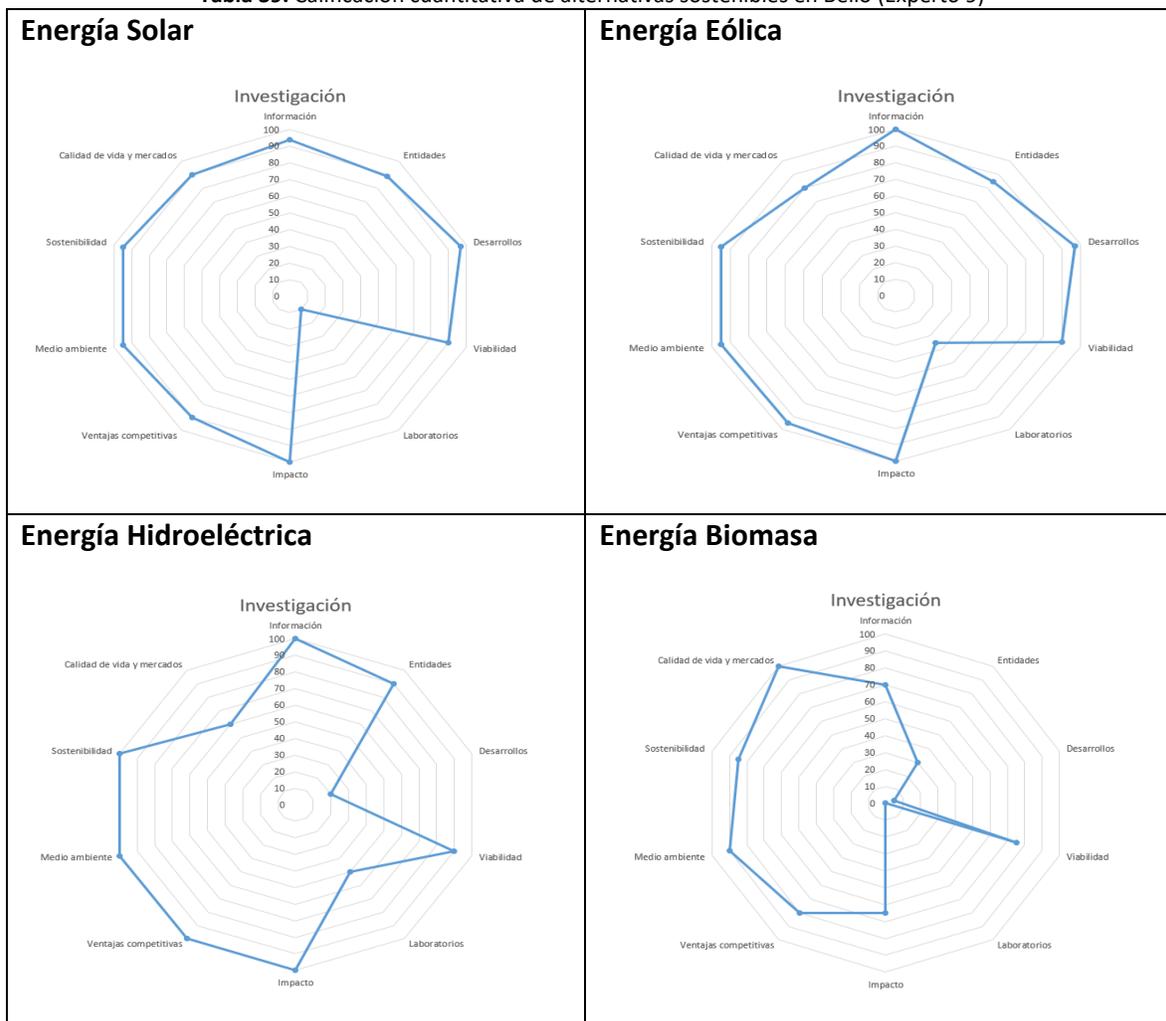
Fuente: elaboración propia

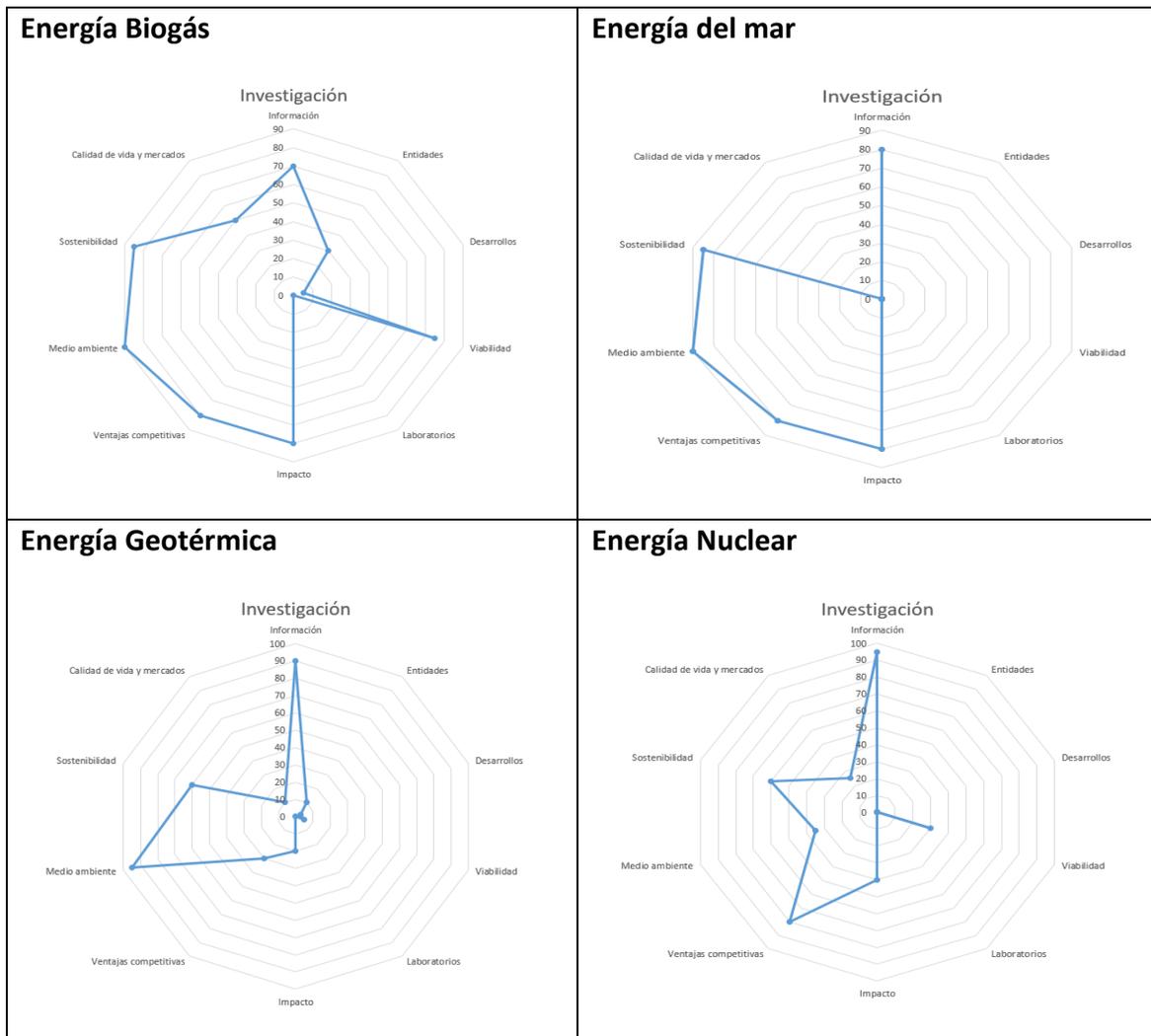
- *Wilfer Herney Cuartas Carmona, Tecnólogo e Ingeniero en Instrumentación y Control del Politécnico Jaime Izasa Cadavid, Instrumentista en Cervecería Unión S.A.*

*Dentro de un contexto municipal se pueden hacer diferentes proyectos que impacten la sostenibilidad del municipio de Bello, por ejemplo, se tiene el sector del “Salto del Chorrolato” ubicado en el corregimiento de San Félix del municipio de Bello donde se podría estructurar un proyecto hidráulico y ser potencialmente beneficioso para los habitantes de estos sectores, aprovechando el entorno del lugar para potencializar la agricultura y*

*productos de alimentos en masa, además, de contribuir con el medio ambiente y el desarrollo de la región, también, es viable desde este contexto implementar una turbina hidráulica (como la que se tiene en Cervecería Unión S.A.) y sacarle el mayor provecho al recurso, indicando que cuenta con una caída (con mucha fuerza) del agua. Se vuelve fundamental pensar desde lo tecnológico considerar los fuertes vientos de San Félix, no estaría demás en pensar un sistema híbrido que se sustente energía a partir de este recurso y el solar que es primario en esta región. Implementar energías renovables en Bello no solo beneficiaría el medio ambiente, sino también, el desarrollo innovador de la región siendo pioneros en modelar sistemas que impacten de manera positiva a la comunidad en general, empresas y habitantes.*

**Tabla 39.** Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 9)





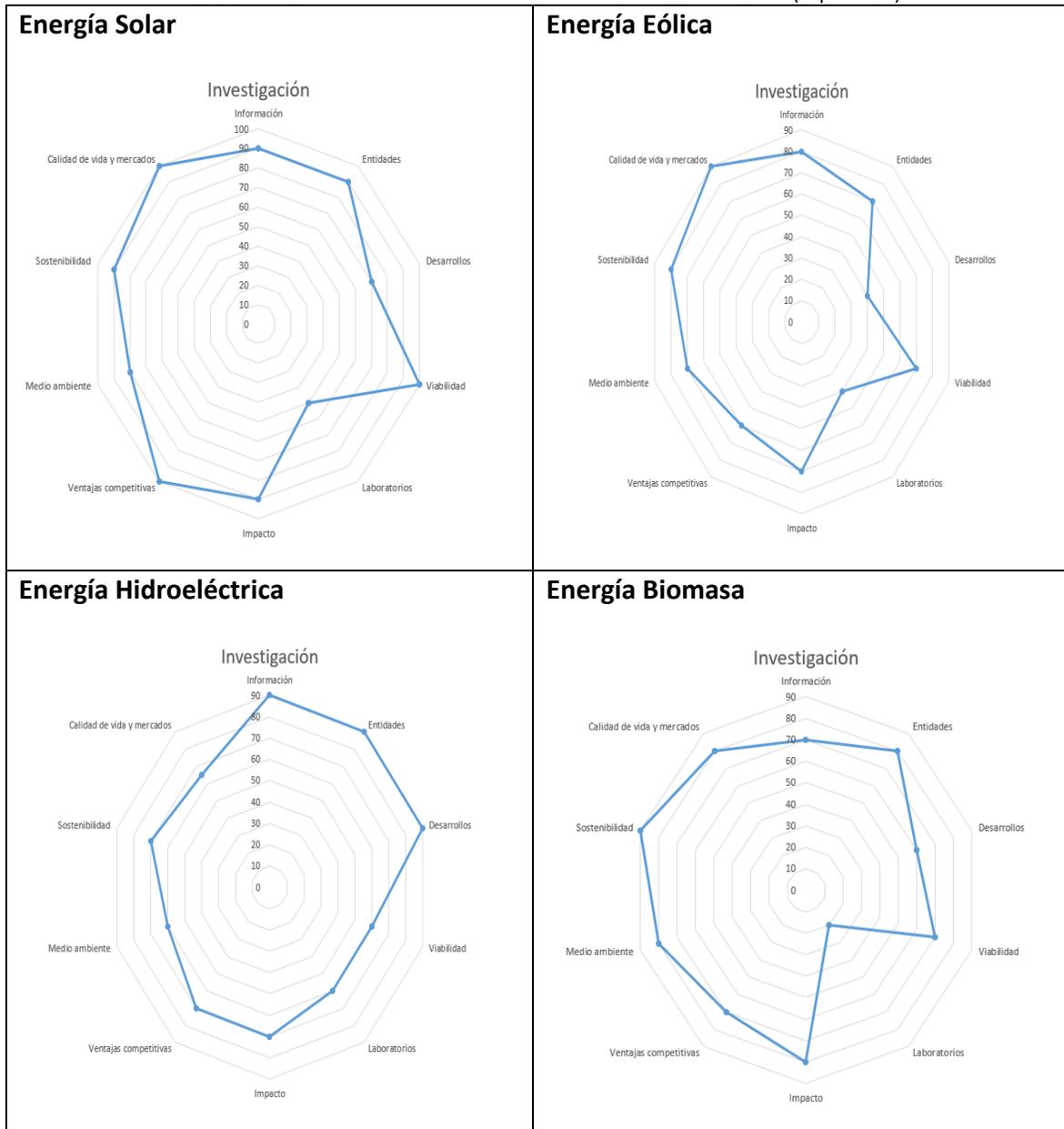
Fuente: elaboración propia

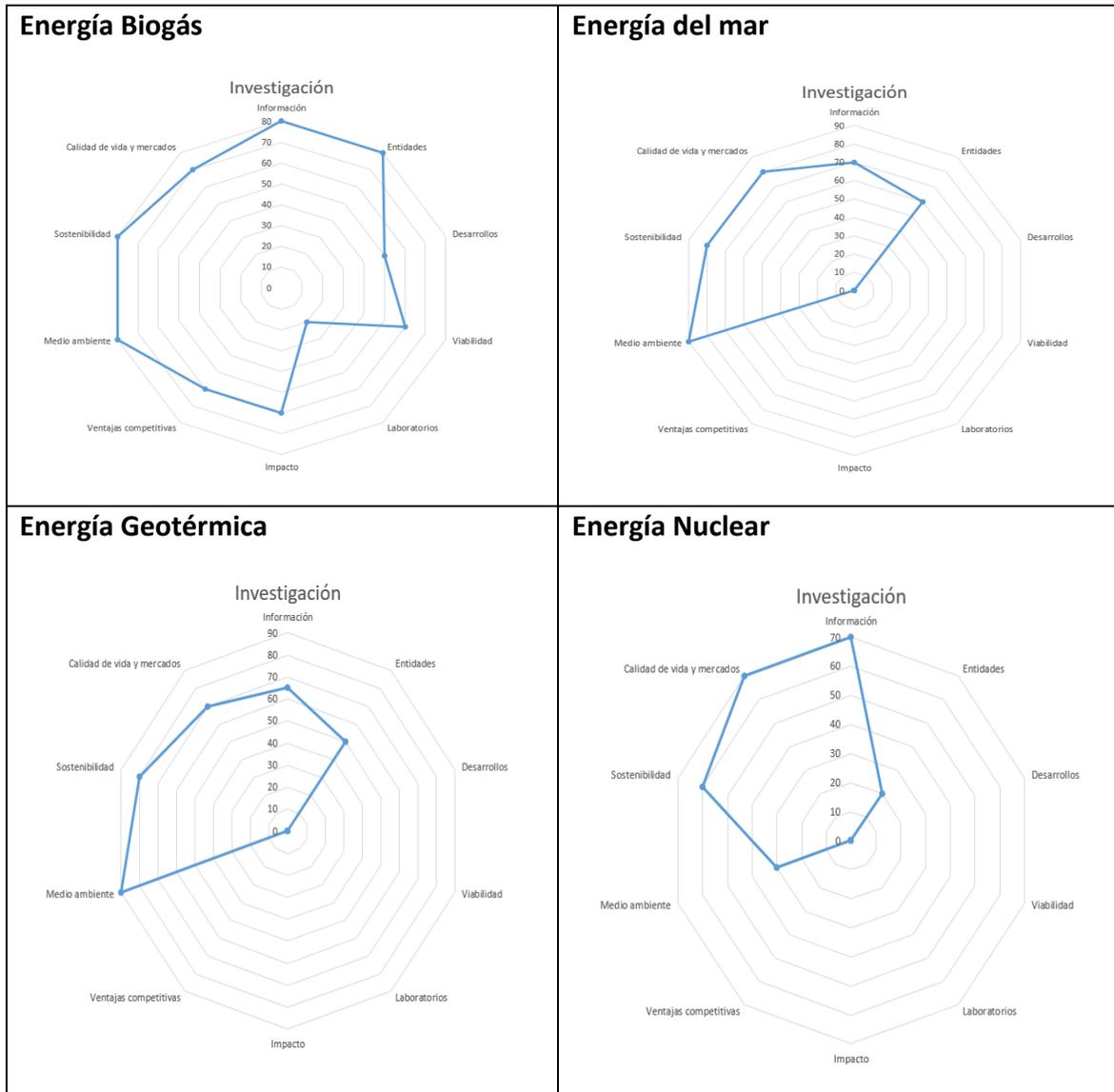
- Sergio Andrés Medina Álzate, Ingeniero de Telecomunicaciones del ITM, Consultor en Teleperformance.

*Bello presenta un problema de dependencia de la principal entidad energética de Medellín, EPM, pero además presenta una carencia en la falta de universidad pública municipal que permita avanzar en varios frentes de ciencia, tecnología e investigación; puesto que sus instituciones son más enfocadas en formación técnica. Considero que la energía solar es la mejor que puede implementarse porque, aunque se requiere avanzar en la eficiencia energética, permite en muchos sectores entidades públicas y privadas permitan diversificar*

*el espectro energético de la región y avanzar en cobertura y desarrollo. Sin embargo, a nivel ambiental hay que solucionar la gestión de los materiales de los paneles cuyo tiempo de vida útil caduca, también, podría pensar el municipio en implementar la eólica y usar los meses de enero y agosto y el corregimiento de San Félix como fuente generadora.*

**Tabla 40.** Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 10)





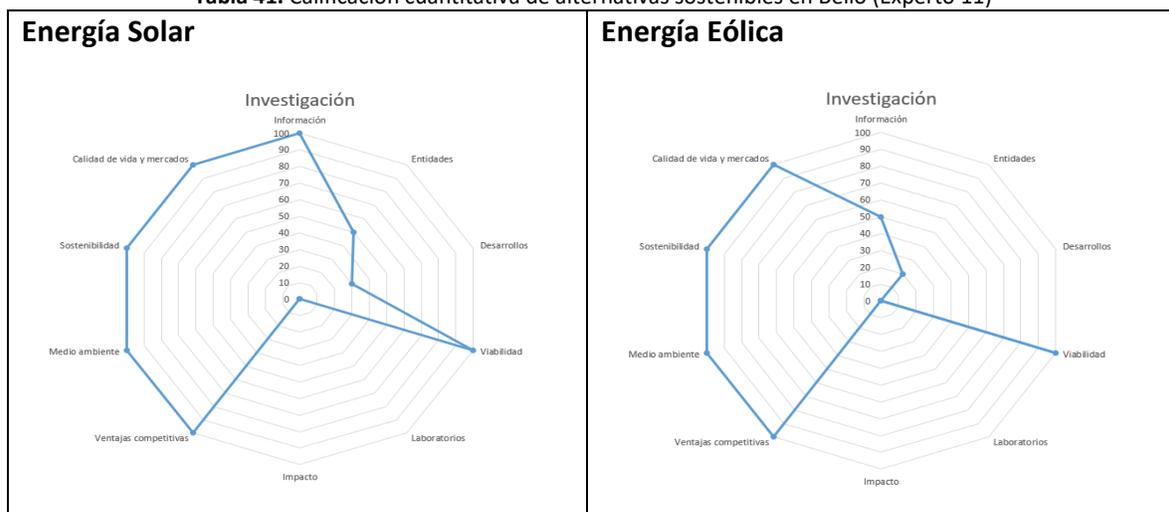
Fuente: elaboración propia

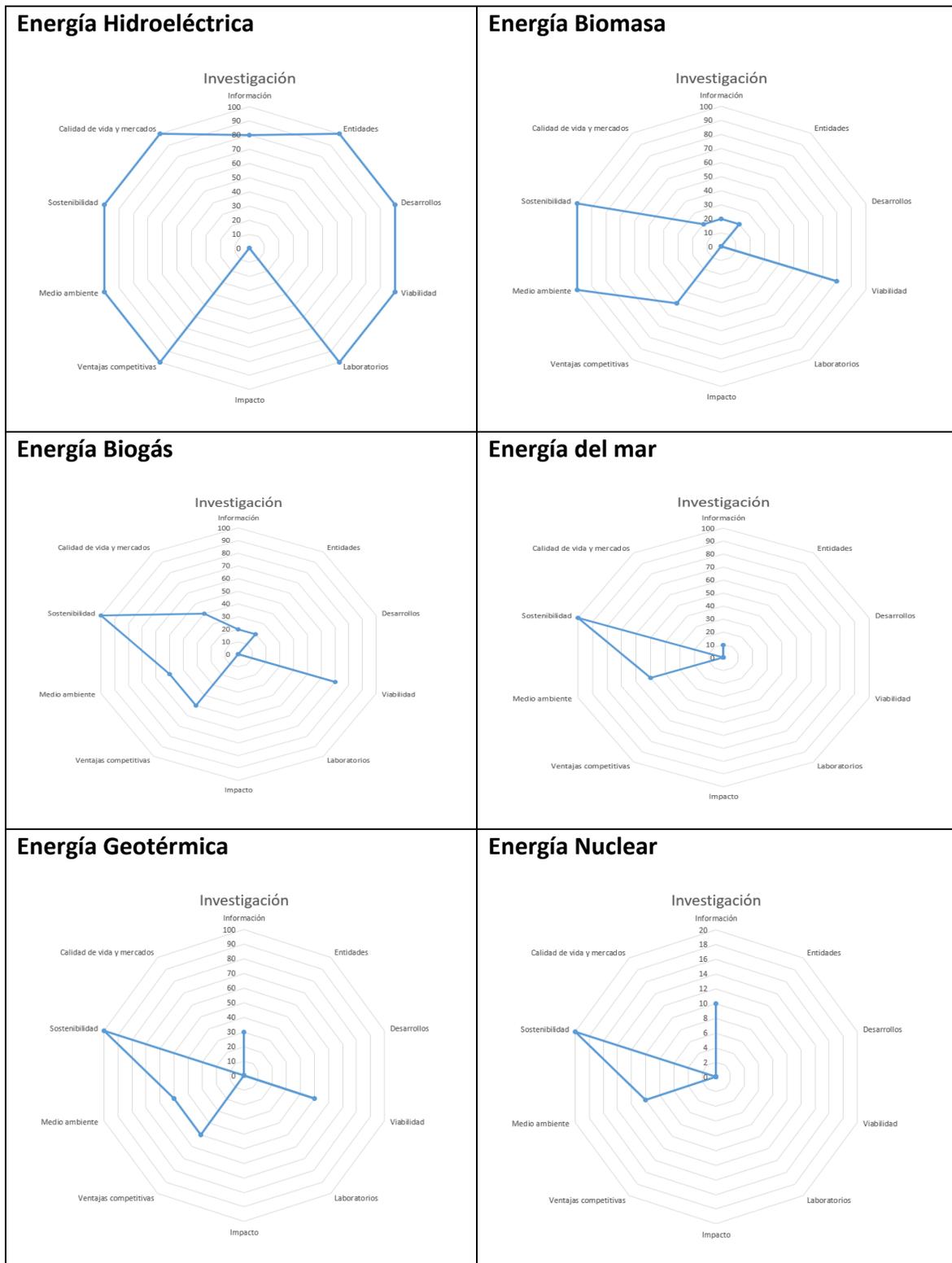
– Juan David Betancur Cardona, Ingeniero de Telecomunicaciones UNAD, Ingeniero programador en UNE Telecomunicaciones

Considero que es de vital importancia plantear un proyecto en sostenibilidad energética, particularmente para Bello, está la opción principal (desde mi perspectiva como ingeniero) en hacerlo basado en la energía solar, puesto que se evidencia una gran cantidad de energía durante el día (considero que Bello es el municipio más caliente del valle del aburra en

*términos de temperatura), por lo que las entidades Bellanitas deben sustentar proyectos con este tipo de características, por otro lado, la energía eólica es otra opción, tengo entendido que en HACEB ya implementaron este tipo de proyectos, por lo que se me viene a la mente aprovechar la montaña del quitasol donde hay buena velocidad del viento, además es un lugar que no está habitado generando un excelente impacto. Pero también debo destacar la cultura del municipio, estamos muy arraigados al uso de combustibles convencionales y políticamente hay muchas barreras. En este sentido, permíteme irme al siglo XVII donde la humanidad está implementando proyectos de energías, sin embargo, obstáculos de toda índole hacen que se obstruya la idea de progresar, hace poco leí un artículo publicado en una revista de México donde se hacía la comparación entre el precio del petróleo y la energía solar, y se evidencia una graficas muy interesantes de como la temática ha podido avanzar en el tiempo, sin embargo, se tiene mucha información pero realmente poca implementaciones, sin embargo, soy participe de que se debe aprovechar la era de la información (cuarta revolución industrial) y poder integrar todo este tipo de sistemas para potencializar la sostenibilidad energética en Bello, Colombia y todo el mundo. Por último, considero que es una inversión que retorna, no requiere mantenimientos exhaustivos, pero si la disposición de las entidades que lo hagan, por ende, Bello es un excelente candidato para este tipo de innovaciones.*

**Tabla 41.** Calificación cuantitativa de alternativas sostenibles en Bello (Experto 11)

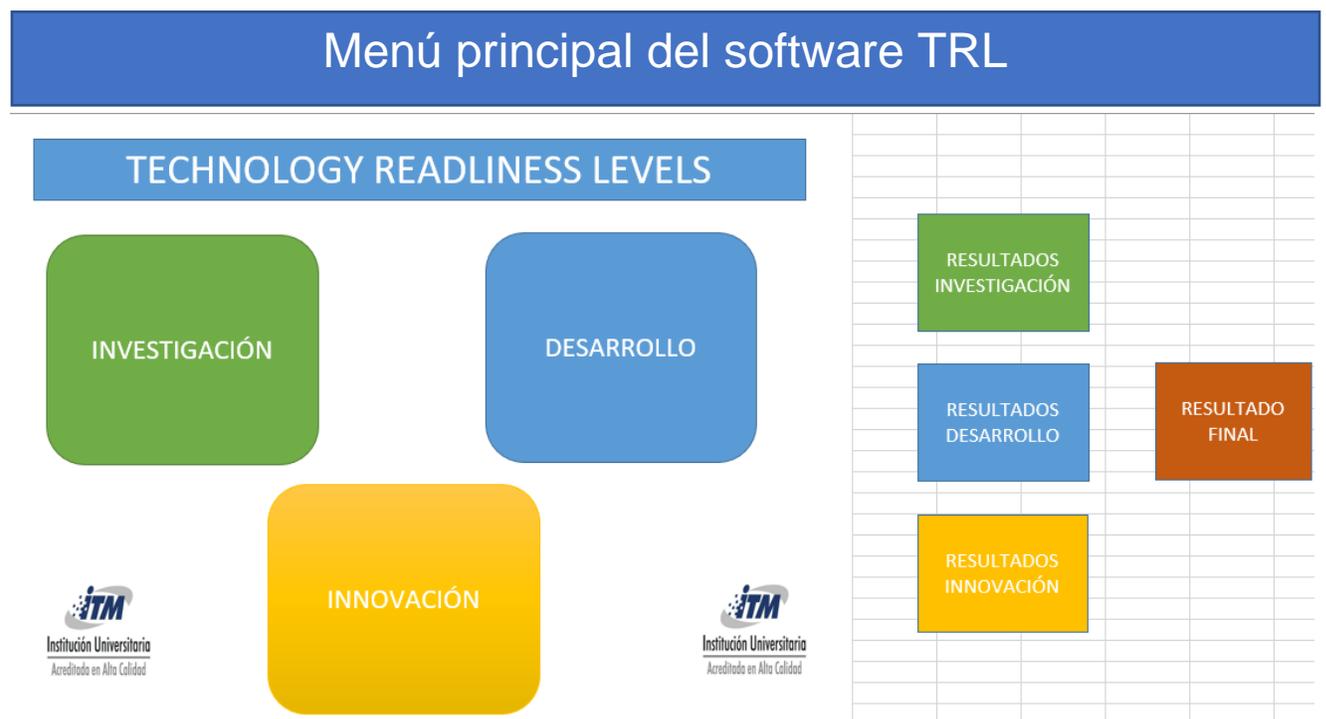




Fuente: elaboración propia

## ANEXO D. CALCULADORA TRL

A continuación, se encuentra el software utilizado para la recolección de datos mediante las entrevistas al personal calificado (ingenieros de otras ramas), entre ellos, los ingenieros electrónicos del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM), este software se realizó en Excel con la ayuda de las Macros de Visual Basic como herramienta para compilar la información.



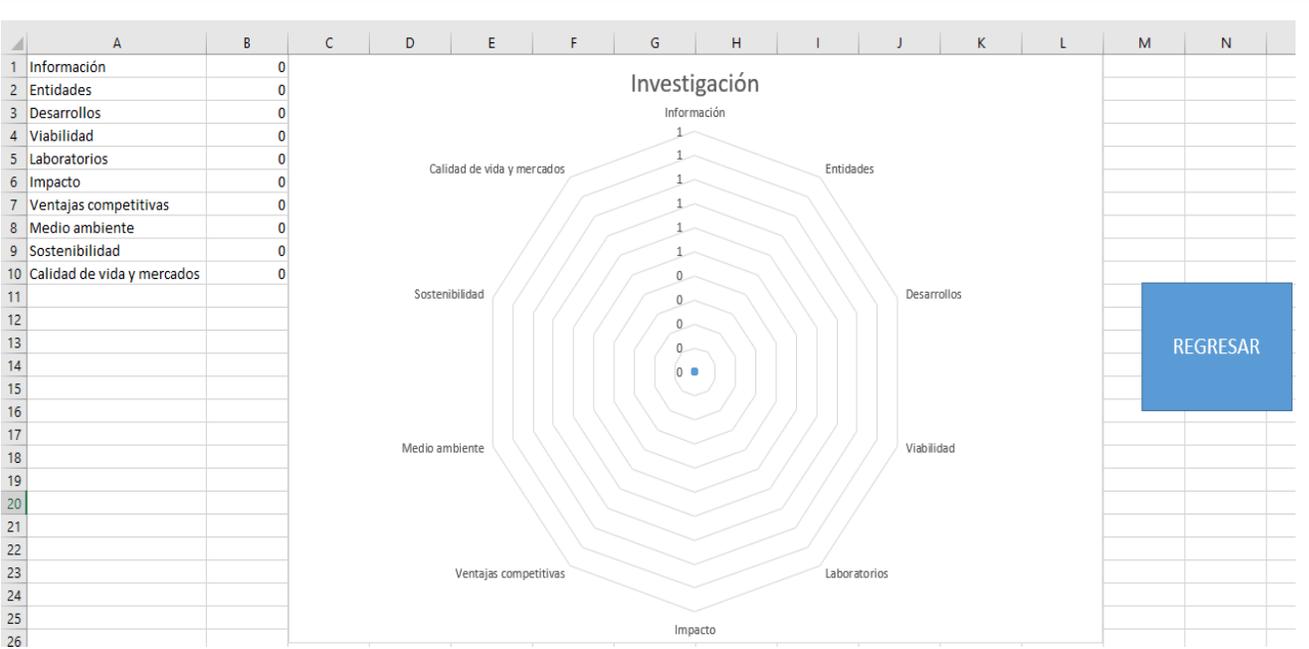
Fuente: elaboración propia

## Preguntas relacionados con las alternativas sostenibles

<	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
4	<b>Área de investigación</b>		100%		Preguntas	CALCULADORA TRLS									
5	<b>Ingeniería y tecnología</b>		Nivel de porcentaje (%)												
6	↑		<	>	0	1	¿Hay suficiente información en las bases de datos científicas, libros, tesis y artículos?								
7			<	>	0	2	¿Existen entidades que puedan adoptar o implementar la tecnología?								
8			<	>	0	3	¿Existen desarrollos similares en la región o territorio estudiado?								
9			<	>	0	4	De acuerdo a la información, ¿Se puede implementar la tecnología en la región o territorio?								
10			<	>	0	5	En el lugar de implementación ¿Existen laboratorios de pruebas?								
11			<	>	0	6	¿La tecnología impacta en el plan de desarrollo o los objetivos de la entidad?								
12			<	>	0	7	¿La tecnología ofrece ventajas competitivas en el territorio?								
13			<	>	0	8	¿Los componentes de la tecnología impactan positivamente el medio ambiente?								
14			<	>	0	9	¿La tecnología es sostenible en el tiempo?								
15			<	>	0	10	¿La tecnología abre el mercado y mejora la calidad de vida de las personas?								
16															
17			<b>Institución Universitaria</b>		<b>Institución Universitaria</b>		<b>Institución Universitaria</b>		<b>Institución Universitaria</b>						
18			Acreditada en Alta Calidad		Acreditada en Alta Calidad		Acreditada en Alta Calidad		Acreditada en Alta Calidad						
19															
20															
21															
22															
23															

REGRESAR

## Resultados de las preguntas



REGRESAR

Fuente: elaboración propia

## Valoración de las respuestas de acuerdo con el color

A	B
Investigación (%)	
0,00	
Valoración 1	
Valoración 1	
Valoración 1	

**Investigación**

1. Podría considerarse una oportunidad de mejora dentro de un país, territorio o empresa.
2. Investigación básica inapropiada.
3. Pocos usos de la aplicación o la tecnología en el territorio.
4. Pocas ventajas competitivas identificadas.
5. Herramientas de simulación con resultados inapropiados.
6. La investigación científica inicial carece de argumentos.



Salir

A	B
Investigación (%)	
0,00	
Valoración 1	
Valoración 1	
Valoración 1	

**Investigación**

1. La tecnología funciona dentro del área de estudio.
2. Puede mejorarse a partir de procesos que involucren procesos de I+D+i.
3. Se evidencian herramientas analíticas para aplicarlas en la tecnología.
4. Ventajas competitivas identificadas.
5. Se han completado pruebas de laboratorio, pero quizás requieran ajustes.
6. Sistemas adecuados pero sin intención de integrar componentes.



Salir

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1			TRL											
2		Investigación (%)												
3														
4		0,00												
5														
6		Valoración 1												
7														
8														
9		Valoración 1												
10														
11														
12		Valoración 1												
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														

**Investigación**

1. La tecnología esta implementada en muchos contextos.
2. Si se desea continuar con la investigación el resultado debe ser innovador para el territorio.
3. El Componente de la tecnología ha sido validado y probado.
4. Elementos básicos integrados adecuadamente.
5. La investigación científica arroja información de gran utilidad.
6. Se tienen publicaciones de la tecnología que validan el uso.



Salir

Fuente: elaboración propia

## ANEXO E. MATRIZ DE HALLAZGOS ENTIDADES EVALUADAS EN EL MUNICIPIO DE BELLO

A continuación, se representa una matriz de hallazgos de las entidades estudiadas en la presente tesis de investigación, resaltando características relevantes en las condiciones energéticas.

**Tabla 42.** Categorización de hallazgos en el Andrés Bello

Entidad	Colegio Andrés Bello	
	CUMPLE	NO CUMPLE
Accidente		X
Acometida		X
Acometida Fraudulenta	X	
Acometida Primaria	X	
Acometida Secundaria		X
Acometida Subterránea		X
Aviso de seguridad		X
Cable		X
Capacidad instalada	X	
Carga		X
Contratista	X	
Control de calidad		X
Distancia de seguridad	X	
Falla		X
Gabinete		X

Fuente: elaboración propia

**Tabla 43.** Categorización de hallazgos en Mercados y carnes OR

<b>Entidad</b>	<b>Mercados y carnes OR</b>	
	<b>CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>
Accidente	X	
Acometida	X	
Acometida Fraudulenta	X	
Acometida Primaria	X	
Acometida Secundaria	X	
Acometida Subterránea	X	
Aviso de seguridad	X	
Cable	X	
Capacidad instalada	X	
Carga	X	
Contratista	X	
Control de calidad	X	
Distancia de seguridad	X	
Falla	X	
Gabinete	X	

Fuente: elaboración propia

**Tabla 44.** Categorización de hallazgos en el Colegio Betsabé Niquia

<b>Entidad</b>	<b>Colegio Betsabé Niquia</b>	
	<b>CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>
Accidente		X
Acometida		X
Acometida Fraudulenta	X	
Acometida Primaria	X	

Acometida Secundaria		X
Acometida Subterránea	X	
Aviso de seguridad		X
Cable		X
Capacidad instalada		X
Carga		X
Contratista		X
Control de calidad		X
Distancia de seguridad		X
Falla		X
Gabinete		X

Fuente: elaboración propia

Tabla 45. Categorización de hallazgos en Mitsubishi

Entidad	Mitsubishi	
	CUMPLE	NO CUMPLE
<b>TERMINO</b>		
Accidente	X	
Acometida	X	
Acometida Fraudulenta	X	
Acometida Primaria	X	
Acometida Secundaria	X	
Acometida Subterránea	X	
Aviso de seguridad	X	
Cable	X	
Capacidad instalada	X	
Carga	X	
Contratista	X	
Control de calidad	X	

---

Distancia de seguridad	X	
Falla	X	
Gabinete	X	

Fuente: elaboración propia

## ANEXO F. REFERENCIA DE EQUIPOS Y PROYECTOS EN MUNICIPIOS CERCANOS EN SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA

### Mitsubishi-Bello

#### Extractor Axial, Serie GL-Con Persiana En La Descarga

El equipo esta implementado en la planta Mitsubishi de Bello (parte exterior), tiene un alto caudal de aire, la eficiencia del equipo está entre 24-26 CFM/Watt, técnicamente representa un bajo consumo, es de operación silenciosa y libre de vibraciones, el rotor es de acero Inoxidable para una alta eficiencia, cuenta con motores trifásicos Siemens IP 55 de 220/440V. la ficha técnica establece que “Los ventiladores y extractores Axiales AirMAX serie GL han sido diseñados para el manejo eficiente de altos caudales de aire en aplicaciones industriales y/o agroindustriales con bajo nivel de ruido y libres de vibración para una larga y económica vida de operación”.



**Figura 62.** Extractor Axial

**Fuente:** elaboración propia desde la planta Mitsubishi

#### Ventiladores/Extractores Axiales, VAXA 50

El equipo esta implementado en la planta Mitsubishi de Bello (parte interior), tiene un alto caudal de aire, alta eficiencia y bajo consumo, rotor en silicio con alta resistencia a la

corrosión e ideal para ambientes húmedos, trabaja a 220/440V, el motor es de 3HP, 480 RPM y un peso de 98 Kg. La ficha técnica establece que “Al personal de planta la ventilación le resuelve necesidades importantes como el suministro de oxígeno, control de calor excesivo producido por maquinarias, procesos y el ganado por el recinto mismo a través de paredes y techo. Adicionalmente, la sensación de frescura inherente al movimiento de aire aumenta el nivel de confort y contribuye al mantenimiento de mejores condiciones de Salud Ocupacional e Higiene Industrial, reduciendo riesgos inherentes a Calor, Toxicidad, Calidad y Pureza del Aire o el potencial de explosión”.



**Figura 63.** Extractor VAXA 50

**Fuente:** elaboración propia desde la planta Mitsubishi

El sistema de ventilación de la empresa se establece como lo muestra la figura 63 y la figura 64, usando los equipos anteriormente mencionados.

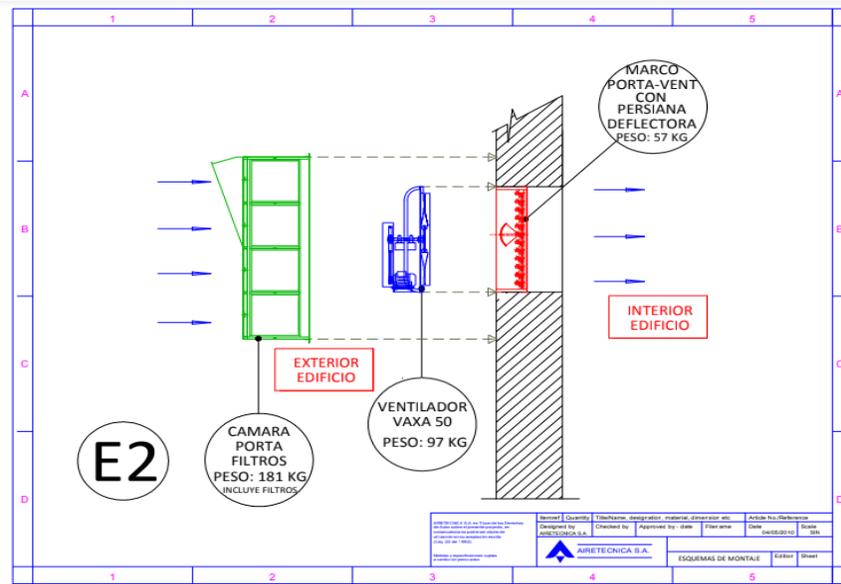


Figura 64. Esquema de montaje de Extractores  
Fuente: tomado de la planta Mitsubishi

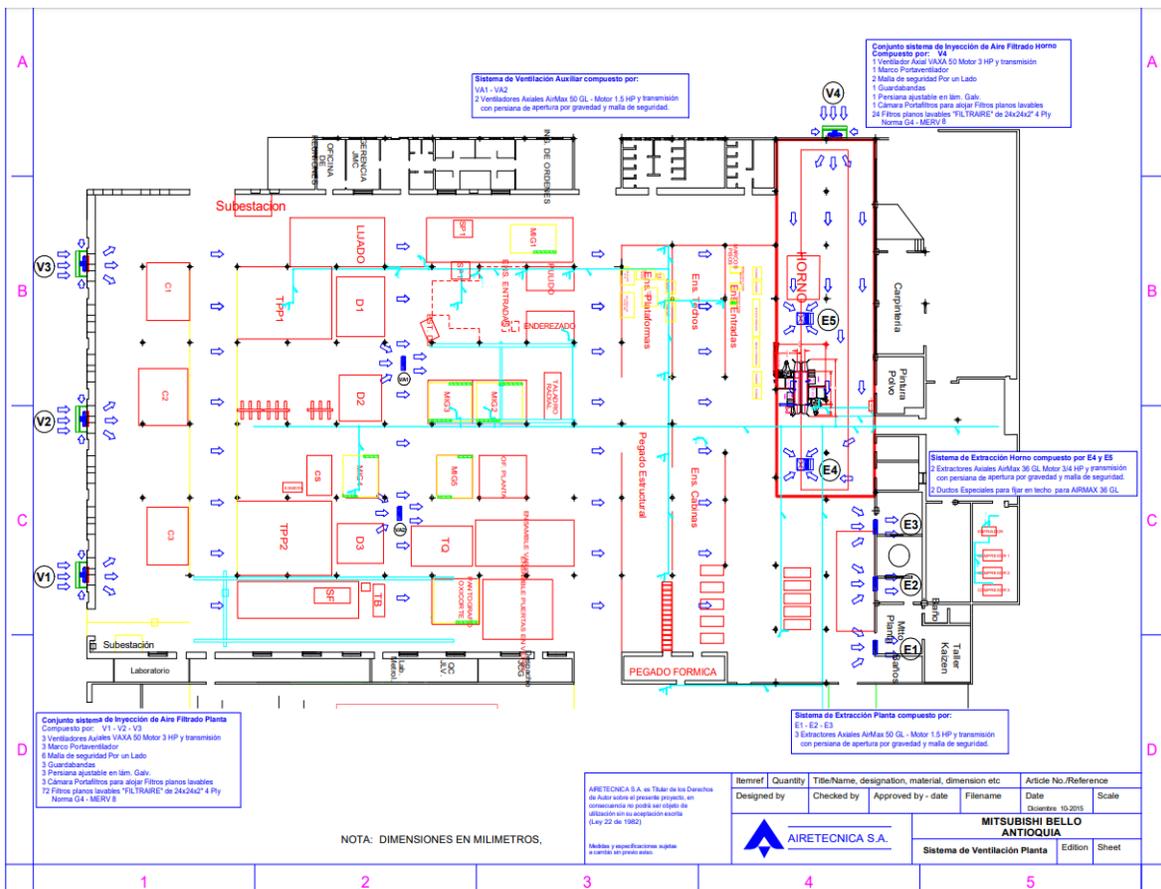


Figura 65. Planos de ventilación de la planta  
Fuente: tomado de la planta Mitsubishi

### **Cervecería Unión S.A.-Itagüí**

Planta hidráulica ubicada en Itagüí-Antioquia, las figuras 66, 67, 68 y 69 representan superficialmente la estructura de la central hidroeléctrica, donde se aprecia la tubería donde se capta el agua, la estructura física de la planta, los tableros de control y la turbina generadora de energía. Todo lo anterior es información que se extrae de la entidad por medio del Ingeniero Luis Mario Mejía gerente de Ingeniería y servicios.



**Figura 66.** Tubería captadora del agua  
**Fuente:** tomado de la planta Cervecería Unión S.A.



**Figura 67.** Planta eléctrica  
**Fuente:** tomado de la planta Cervecería Unión S.A.



**Figura 68.** Puesto de control de la planta  
**Fuente:** tomado de la planta Cervecería Unión S.A.



**Figura 69.** Turbina hidráulica  
**Fuente:** tomado de la planta Cervecería Unión S.A.

*Andrés*

*Alejandro Volcano*