

Reporte de línea base y estado actual del sector de la edificación en Colombia con miras a edificaciones neto cero carbono

Proyecto Acelerador de Edificaciones Neto Cero Carbono

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible – CCCS

Septiembre 2021

Tabla de contenido

Introducción y contexto de este documento.....	9
Capítulo 1: Marco de referencia del estudio	1
Capítulo 2: Componentes generales de la línea base y estado actual del sector de la edificación en Colombia	6
2.1. Demanda de edificaciones.....	6
2.1.1. Stock actual nacional de edificaciones	6
2.1.2. Proyecciones nacionales de crecimiento de edificaciones para vivienda.....	9
2.1.2.1. Crecimiento demográfico	10
2.1.2.2. Distribución de las viviendas por estrato socioeconómico	13
2.1.2.3. Déficit de vivienda	13
2.1.2.4. Renovación del parque inmobiliario	15
2.1.2.5. Proyecciones de vivienda al 2030 y 2050	15
2.1.3. Proyecciones nacionales de crecimiento de edificaciones para usos no residenciales	16
2.1.4. Proyecciones de remodelaciones y adecuaciones.....	17
2.1.5. Estado actual y proyecciones de la construcción informal.....	20
2.1.6. Entorno urbano: Infraestructura, equipamientos y espacio público.....	22
2.2. Matriz energética nacional y proyecciones de corto, mediano y largo plazo	24
2.2.1. Factor de emisión de CO _{2eq} de la electricidad en Colombia	27
2.2.2. Perfiles de consumo energético, consumo de agua y emisiones	28
2.3. Articulación del sector de la edificación con las políticas, estrategias y acciones de gobierno en cambio climático.....	33
2.3.1. Políticas, estrategias y acciones a nivel nacional.....	33
2.4. Sistemas de certificaciones.....	41
2.5. Finanzas climáticas.....	49
Capítulo 3: Descripción del estado actual por componentes	54
3.1. Provisión de materiales y aprovechamiento	54
3.1.1. Contexto y caracterización	54
3.1.1.1. Cemento y concreto	55
3.1.1.2. Acero	61
3.1.1.3. Plástico	65



- 3.1.1.4. Vidrio67
- 3.1.1.5. Productos cerámicos68
- 3.1.1.6. Madera70
- 3.1.1.7. Aspectos generales.....72
- 3.1.2. Política y regulación.....76
 - 3.1.2.1. Cemento y concreto80
 - 3.1.2.2. Acero84
 - 3.1.2.3. Plástico86
 - 3.1.2.4. Vidrio88
 - 3.1.2.5. Productos Cerámicos.....89
 - 3.1.2.6. Madera89
- 3.1.3. Tecnología.....91
- 3.1.4. Finanzas93
- 3.1.5. Desarrollo de capacidades.....95
- 3.1.6. Equidad e inclusión96
- 3.1.7. Innovación96
- 3.1.8. Hábitos de consumo97
- 3.1.9. Mapa de actores involucrados y roles en el camino de descarbonización.....98
- 3.1.10. Resiliencia y Gestión del Riesgo101
- 3.1.11. Habitabilidad.....101
- 3.2. Planeación y diseño.....102**
 - 3.2.1. Política y regulación.....102
 - 3.2.1.1. Planeación y Diseño Urbano.....102
 - 3.2.1.2. Planeación y Diseño Edificaciones.....104
 - 3.2.2. Tecnología.....107
 - 3.2.2.1. Planeación y Diseño Urbano.....107
 - 3.2.2.2. Planeación y Diseño de las Edificaciones.....109
 - 3.2.3. Finanzas110
 - 3.2.4. Desarrollo de capacidades.....112
 - 3.2.5. Equidad e inclusión114
 - 3.2.6. Innovación115
 - 3.2.7. Hábitos de consumo116
 - 3.2.8. Mapa de actores involucrados y roles en el camino de descarbonización.....117





3.2.9. Resiliencia y Gestión del Riesgo.....120

3.2.10. Habitabilidad.....121

3.3. Construcción122

3.3.1. Contexto y Caracterización.....122

3.3.2. Política y regulación.....126

3.3.3. Tecnología.....130

3.3.4. Finanzas132

3.3.5. Desarrollo de capacidades.....133

3.3.6. Equidad e inclusión.....133

3.3.7. Innovación134

3.3.8. Hábitos de consumo134

3.3.9. Mapa de actores involucrados y roles en el camino de descarbonización.....135

3.3.10. Resiliencia y Gestión del Riesgo137

3.3.11. Habitabilidad.....137

3.4. Operación137

3.4.1. Contexto y Caracterización.....143

3.4.1.1. Energía.....143

3.4.1.1.1. Sector Residencial.....145

3.4.1.1.2. Sector terciario: Comercial/ Institucional.....151

3.4.1.2. Agua.....155

3.4.1.3. Residuos157

3.4.1.4. Gases Refrigerantes.....159

3.4.2. Política y regulación.....160

3.4.2.1. Energía.....160

3.4.2.2. Agua.....165

3.4.2.3. Residuos167

3.4.3. Tecnología.....169

3.4.4. Finanzas170

3.4.5. Desarrollo de capacidades.....173

3.4.6. Equidad e inclusión.....174

3.4.7. Innovación174

3.4.8. Hábitos de consumo175

3.4.9. Mapa de actores involucrados y roles en el camino de descarbonización.....175



3.4.10.	Resiliencia y Gestión del Riesgo	178
3.4.11.	Habitabilidad	178
3.5.	Sistemas de las edificaciones	178
3.5.1.	Política y regulación	181
3.5.2.	Tecnología	186
3.5.3.	Finanzas	191
3.5.4.	Desarrollo de capacidades	192
3.5.5.	Equidad e inclusión	192
3.5.6.	Innovación	193
3.5.7.	Hábitos de consumo	193
3.5.8.	Mapa de actores involucrados y roles en el camino de descarbonización	193
3.5.9.	Resiliencia y Gestión del Riesgo	197
3.5.10.	Habitabilidad	197
3.6.	Energías limpias y compensaciones	198
3.6.1.	Política y regulación	199
3.6.2.	Tecnología	208
3.6.3.	Finanzas	210
3.6.4.	Desarrollo de capacidades	213
3.6.5.	Equidad e inclusión	213
3.6.6.	Innovación	213
3.6.7.	Hábitos de consumo	214
3.6.8.	Mapa de actores involucrados y roles en el camino de descarbonización	215
3.6.9.	Resiliencia y Gestión del Riesgo	218
3.6.10.	Habitabilidad	218
Bibliografía	219

Índice de tablas

Tabla 2. Distribución de Hogares - CNPV 2018, DANE.	7
Tabla 3. Área total construida, en proceso y paralizada 1957-2020.	8
Tabla 4. Área licenciada para construcción según destino 2019-2020- Total 302 municipios.	8
Tabla 5. Número de hogares rurales y urbanos.....	11
Tabla 6. Tasa de crecimiento de los hogares.	12
Tabla 7. Distribución de hogares por estrato.	13
Tabla 8. Construcción de metros cuadrados de viviendas por estrato socioeconómico	13
Tabla 9. Necesidad habitacional 2020-2030 a nivel Nacional.....	16
Tabla 10. Proyección de edificaciones no residenciales.	17
Tabla 11. Área de remodelaciones por tipo de vivienda.	20
Tabla 12. Plan de expansión 2016-2030 de la UPME - Escenario 1.1.	26
Tabla 13. Escenario de referencia NDC 2020 - Periodo 2016-2050.	26
Tabla 14. Expansión de capacidad para el periodo 2016-2030.	27
Tabla 15. Factor de emisión de CO _{2eq} de la electricidad.	27
Tabla 16. Demanda energética por combustible para el sector residencial.....	30
Tabla 17. Consumo sectores comercial y público por energético. (TJ)	31
Tabla 18. Emisiones de GEI.	32
Tabla 19. Comparación entre los sellos más utilizados en Colombia.	47
Tabla 20. ESTIMACIÓN DE EMISIONES CO2 2015.	56
Tabla 21. Uso de residuos en la producción de clínker y cemento.....	57
Tabla 21. Materias primas utilizadas en concreteras.	59
Tabla 22. Proyección de emisiones por producción de cemento.	60
Tabla 23. Cantidades de acero largo producido e importado en Colombia.	63
Tabla 24. Principales países de origen y tipo de producto importado de acero, 2018.....	63
Tabla 25. Proyección de emisiones GEI por producción de hierro y acero.....	64
Tabla 26. Producción, consumo, importaciones y exportaciones de plásticos en Colombia en 2017.	65
Tabla 27. Producción, consumo, importaciones y exportaciones de plásticos en Colombia en 2019.	66
Tabla 28. Proyección de emisiones por producción de vidrio.	68
Tabla 29. Impacto de estrategias implementadas en el Programa de Eficiencia Energética en Ladrilleras EELA Colombia.	69
Tabla 30. Producción, consumo, importaciones y exportaciones de productos de madera en Colombia en 2017.....	71
Tabla 31. Producción, consumo, importaciones y exportaciones de materiales en Colombia.	73
Tabla 32. Recopilación del Potencial de Calentamiento Global de algunos materiales de construcción presentados en distintas fuentes de información.....	75
Tabla 33. Tipos de etiquetas y declaraciones ambientales	78
Tabla 34. ESTIMACIÓN DE EMISIONES CO2 2030.....	82
Tabla 35. Metas principales empresas productoras de cemento en Colombia.....	82
Tabla 36. Área en proceso nueva por sistemas constructivos- 20 áreas censadas.	123
Tabla 37. Consumo de materiales por m ² para tres sistemas constructivos: Sistema Industrializado, Mampostería Estructural y Mampostería Confinada.	124
Tabla 38. Obligaciones de aprovechamiento de RCD para grandes generadores.	125
Tabla 39. Factores de eficiencia para las diferentes tecnologías y usos finales del sector residencial.	141

Tabla 40. Factores de eficiencia para las diferentes tecnologías y usos finales del sector comercial/institucional.....	142
Tabla 41. Consumo anual de energía eléctrica total y promedio por tipo de suscriptor (2019). ...	143
Tabla 42. Consumo anual de gas natural total y promedio por tipo de suscriptor (2019).	145
Tabla 43. Consumo de energéticos de un hogar promedio colombiano.....	145
Tabla 44. Intensidad energía útil (MJ/Hogar).	146
Tabla 45. Participación de combustible (%) y eficiencia (%) por combustible.....	147
Tabla 46. Factor de eficiencia por equipo utilizado en el sector residencial.	148
Tabla 47. Participación de combustible (%) y tecnología utilizada.....	148
Tabla 48. Participación Tecnología utilizada por tipo de combustible y factor de eficiencia.	148
Tabla 49. Proporción (%) de tecnologías de iluminación en hogares urbanos y su eficiencia.....	149
Tabla 50. Demanda energética por uso final [TJ] para sector residencial.	151
Tabla 51. Eficiencia (%) por tecnología en iluminación- Sector terciario.....	152
Tabla 52. Participación de cada tecnología de acuerdo con la potencia instalada.....	153
Tabla 53. Participación por tipo de aparato en el consumo de energía de refrigeración.	153
Tabla 54. Consumo energía final por equipos - uso fuerza motriz.	153
Tabla 55. (I) Demanda energética por uso final [TJ].	154
Tabla 56. Consumo de energía en edificaciones por uso y clima.	154
Tabla 57. Consumo anual de agua total y promedio por tipo de suscriptor (2019).	155
Tabla 58. Consumo de agua en edificaciones por uso y clima.....	156
Tabla 59. Distribución de aire acondicionado por tecnología y eficiencia.....	160
Tabla 60. Estrategias en energía.....	160
Tabla 61. Senda de implementación Resolución 549 de 2015.	162
Tabla 62. Objetivos propuestos por medida de mitigación en el sector residuos.....	167
Tabla 63. <i>Beneficios percibidos por la certificación LEED de un proyecto</i>	171
Tabla 64. Factores de eficiencia para las diferentes tecnologías y usos finales en sector residencial.	180
Tabla 65. Factores de eficiencia para las diferentes tecnologías y usos finales en sector comercial/institucional.....	181
Tabla 66. Edificaciones que finalizaron su construcción y aplican algún sistema de ahorro de energía- Total nacional III trimestre de 2019 - III trimestre de 2020.....	186
Tabla 67. Edificaciones que finalizaron su construcción y aplican algún sistema de ahorro de agua- Total nacional III trimestre de 2019 - III trimestre de 2020.	187
Tabla 68. Participación de cada tecnología de acuerdo con la potencia instalada sector terciario.	188
Tabla 69. Participación Tecnología utilizada por tipo de combustible y factor de eficiencia.	188
Tabla 70. Proporción (%) de tecnologías de iluminación en hogares urbanos y su eficiencia.....	190
Tabla 71. Capacidad instalada y participación tecnológica 2019 [MW].	198
Tabla 72. Objetivos e indicadores PEN 2020-2050.	204
Tabla 73. Capacidad Instalada del parque generador en los escenarios.	205
Tabla 74. Consumo final de energía y emisiones generadas.	206
Tabla 75. Consumo de energéticos en los sectores de transporte, industrial y residencial.	207
Tabla 76. Edificaciones que finalizaron su construcción y aplican algún sistema de energía alternativa- Total nacional III trimestre de 2019 - III trimestre de 2020.	208

Índice de figuras

Figura 1. Cuatro grandes fases del ciclo de vida de la edificación.....	2
Figura 2. Categorías de acción y actividades del ciclo de vida de la edificación.....	3
Figura 3. Distribución de emisiones de CO2 en el ciclo de vida de las edificaciones.....	4
Figura 4. Distribución de emisiones de CO2 en el ciclo de vida de las edificaciones.....	5
Figura 5. Distribución de viviendas según su tipo, en el total nacional 2018.....	6
Figura 6. Proyecciones demográficas CNPV 2018.....	10
Figura 7. Proyecciones hogares del CNPV 2018.....	11
Figura 8. Déficit habitacional, 2018.....	15
Figura 9. Composición canasta remodelación.....	19
Figura 10. Unidades constructivas iniciadas en Colombia con y sin licencia de construcción entre 2013-II semestre de 2021.....	21
Figura 11. Porcentaje de unidades constructivas construidas con y sin licencia por departamento entre 2013 y II semestre de 2021. Fuente: DANE, 2021.....	22
Figura 12. Acceso a servicios públicos - Años 2005 y 2018.....	24
Figura 13. Composición canasta de generación 2022.....	25
Figura 14. Consumo de energéticos del sector transporte.....	28
Figura 15. Consumo de energéticos del sector industrial.....	29
Figura 16. Consumo de energéticos del sector residencial.....	30
Figura 17. Consumo de energéticos del sector terciario.....	31
Figura 18. Proyectos certificados LEED en Colombia.....	43
Figura 19. Proyectos certificados LEED en Colombia por uso.....	44
Figura 20. Categorías de la sostenibilidad – Certificación CASA Colombia.....	45
Figura 21. Áreas de rendimiento - Certificado Living Building Challenge.....	47
Figura 22. Estadísticas de cemento gris - Total nacional.....	57
Figura 23. Brechas de reciclaje y reutilización de materiales en Colombia frente a referentes internacionales.....	61
Figura 24. Consumo de madera por estrato socioeconómico.....	72
Figura 25. Consumo de madera en vivienda, por tipo de producto (m ³ en troza/m ² construido) ...	72
Figura 26. Mapa de actores provisión de materiales.....	100
Figura 27. Mapa de actores planeación y diseño edificaciones.....	119
Figura 28. Área en proceso nueva por sistemas constructivos- 20 áreas censadas.....	123
Figura 29. Mapa de actores etapa construcción.....	136
Figura 30. Modelo analítico de consumo energético del sector Comercial.....	139
Figura 31. Modelo analítico de consumo energético del sector Residencial.....	140
Figura 32. Consumo de energía eléctrica total anual nacional KWh (2019) por tipo de suscriptor.....	143
Figura 33. Consumo de gas natural total nacional m3 (2019) por tipo de suscriptor.....	144
Figura 34. Consumo de agua total nacional m3 (2019) por tipo de suscriptor.....	155
Figura 35. Ahorros en energía y agua por tipología de certificación LEED.....	171
Figura 36. Mapa de actores etapa de operación.....	177
Figura 37. Distribución de la refrigeración en las principales ciudades.....	190
Figura 38. Mapa de actores etapa sistemas de edificaciones.....	196
Figura 39. Capacidad instalada y participación tecnológica [MW] Escenario 0.1.....	199
Figura 40. Mapa de actores sectores energía y copensaciones.....	217

Introducción y contexto de este documento

Este documento presenta la línea base y estado actual del sector de la edificación en Colombia con miras a edificaciones neto cero carbono. El objetivo es analizar las estrategias, políticas y regulaciones actuales, así como programas existentes o en desarrollo, de tal forma que se puedan establecer prioridades y un punto de partida del sector de la edificación y todo su ciclo de vida en Colombia. Este a su vez servirá como condición actual para el desarrollo de una hoja de ruta de largo plazo para llevar el sector de la edificación en el país hacia neto cero carbono, incluyendo planes de acción y medidas a corto plazo para alcanzar una mitigación de carbono que sea socialmente, ambientalmente y financieramente viable a nivel local.

El documento está estructurado de la siguiente manera:

- En el **primer capítulo** se presenta el marco de análisis con base en el cual se define y se establece el estado actual del sector de la edificación en Colombia. Como parte del marco de referencia se proveen definiciones fundamentales sobre el ejercicio que se está desarrollando.
- En el **segundo capítulo** se presenta el estado actual del sector de edificación en cinco componentes: i) demanda de edificaciones; ii) relación entre las edificaciones y la matriz energética; iii) articulación del sector de edificaciones con políticas, estrategias y acciones del gobierno en cambio climático; iv) sistemas de certificaciones; y v) finanzas climáticas.
- En el **tercer capítulo** se presenta un análisis para cada una de las líneas de acción definidas para el estudio. Se aborda para cada una los aspectos habilitadores y otros criterios relevantes: contexto y caracterización, política y regulación, tecnología, finanzas, desarrollo de capacidades, equidad e inclusión, innovación, hábitos de consumo, mapa de actores involucrados y roles en el camino de descarbonización de las edificaciones, resiliencia y gestión del riesgo y habitabilidad.

El presente estudio es una obra derivada del trabajo de grado *El Camino de Colombia hacia las edificaciones Neto Cero Carbono*, desarrollado en el mes de julio del año 2021 por Melissa Ferro, quien conoce del uso del trabajo de su autoría y autorizó la realización de la obra derivada.

Capítulo 1: Marco de referencia del estudio

Para el desarrollo del estado actual y análisis de línea base de las edificaciones en Colombia se diseñó el marco de referencia que se describe a continuación. Se toma como punto de partida la definición de edificación neto cero carbono, desarrollada por el comité asesor del proyecto Acelerador de Edificaciones Neto Cero Carbono:

“Es una edificación altamente eficiente y resiliente al cambio climático que en su ciclo de vida y la interacción con el entorno genera bienestar a sus ocupantes y un balance neto de emisiones de carbono igual a cero”

Esta definición incorpora un componente importante de eficiencia, resiliencia, bienestar, ciclo de vida e interacción con el entorno de la edificación. Por lo tanto, es una definición de ciclo de vida completo lo cual va a determinar una hoja de ruta que va a incluir tanto el carbono operacional como el embebido de la edificación, a lo largo de todo el ciclo de vida.

Para entender como se distribuyen las emisiones a lo largo del ciclo de vida de las edificaciones y dónde se deberían generar acciones específicas para alcanzar neto cero, el análisis toma como base el ciclo de vida de las edificaciones de acuerdo la “Política Nacional de Edificaciones Sostenibles” (CONPES 3919 de 2018), en la cual se presentan cuatro grandes fases del ciclo de vida de la edificación y a partir de las cuales se identifican las primeras cuatro categorías de acción que corresponden a (ver Figura 1): Aprovechamiento; Diseño y Planeación; Construcción; y Uso y Mantenimiento.



Figura 1. Cuatro grandes fases del ciclo de vida de la edificación.
Fuente: Dirección de Desarrollo Urbano del Departamento Nacional de Planeación (DNP)

Como complemento a estas fases, se analizan las seis actividades descritas en la hoja de ruta para Latinoamérica de la Alianza Global para Edificaciones y Construcción (Global ABC)¹: materiales, planeación urbana, edificaciones nuevas, edificaciones existentes, operación de edificaciones y resiliencia; y se incluyen dentro de cada una de las 4 grandes fases mencionadas anteriormente. Adicionalmente, se analizan dos categorías de acción adicionales de la hoja de ruta para Latinoamérica del Global ABC que no están relacionadas con el ciclo de vida de la edificación pero que tienen un alto impacto en el desempeño y emisiones de las edificaciones: sistemas de las edificaciones y energías limpias. De esta manera se determinan las seis categorías de acción que se van a trabajar en el proyecto: Aprovechamiento y provisión de materiales, Planeación y diseño, Construcción, Operación, Sistemas de las edificaciones y Energías limpias.

Cada una de las categorías de acción es analizada con respecto a los cuatro habilitadores descritos en la hoja de ruta para Latinoamérica del Global ABC: política, tecnología, finanzas y desarrollo de capacidades. Adicionalmente cada habilitador se analiza a la luz de cuatro temas transversales: Equidad, resiliencia, Hábitos de consumo y Habitabilidad. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta un resumen de las categorías y actividades incluidas en el análisis.

¹ [GlobalABC Regional Roadmap for Buildings and Construction in Latin America](#)

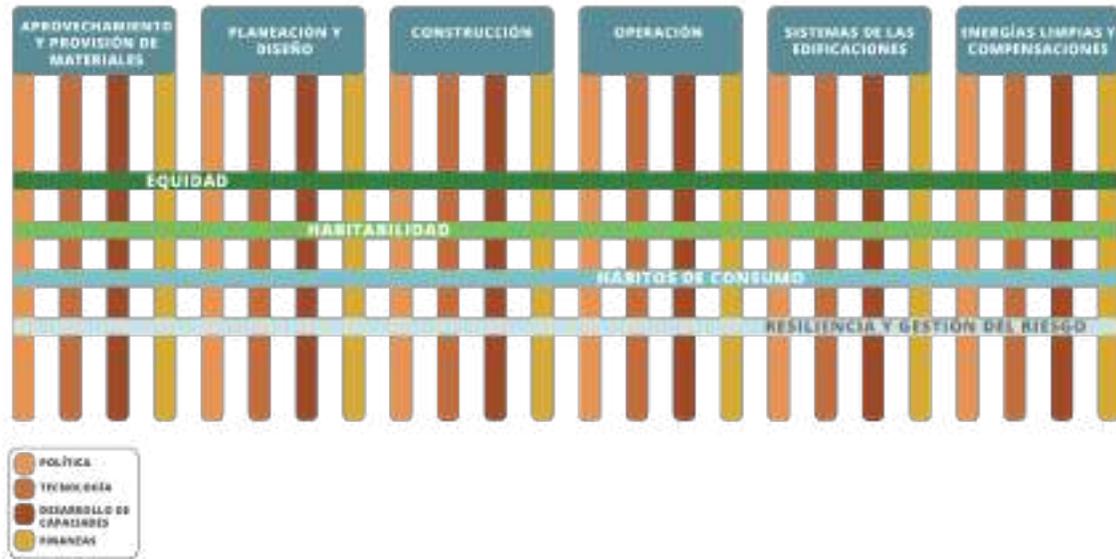


Figura 2. Categorías de acción y actividades del ciclo de vida de la edificación.
Fuente: Elaboración propia

Estas categorías de acción son aquellas en las que se deberán generar acciones claras y específicas para alcanzar neto cero. Adicionalmente es importante entender en qué momentos del ciclo de vida se están generando las emisiones, para poder establecer la línea base y las sinergias entre las categorías de acción. Los puntos de emisión establecidos de acuerdo con las fases detalladas del ciclo de vida de las edificaciones se presentan en las **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y 3.



Distribución de emisiones de CO2 en el ciclo de vida de las edificaciones

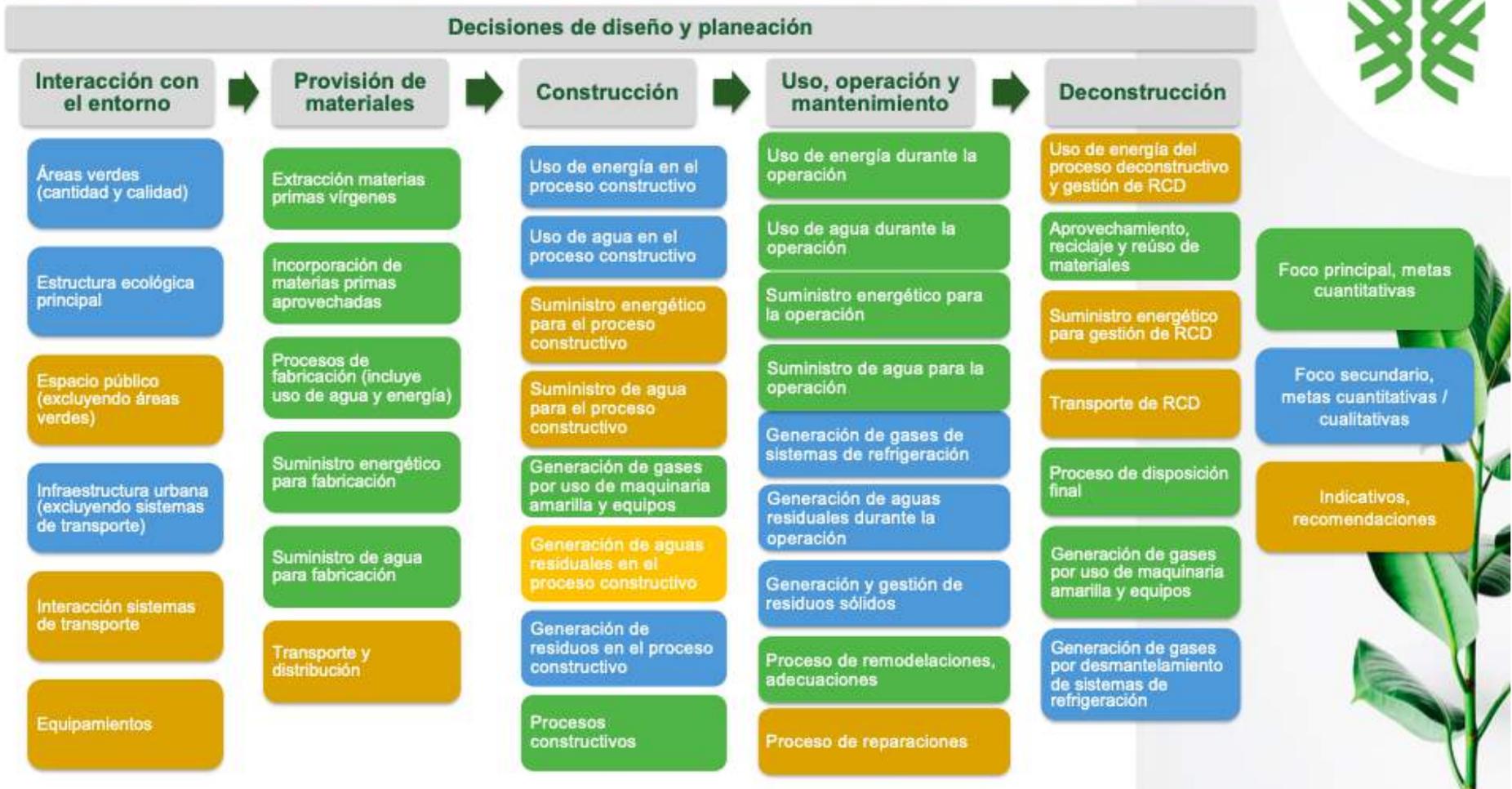


Figura 3. Distribución de emisiones de CO2 en el ciclo de vida de las edificaciones.

DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES DE CO2 EN EL CICLO DE VIDA DE LAS EDIFICACIONES



Figura 4. Distribución de emisiones de CO2 en el ciclo de vida de las edificaciones

Nota: Como parte del análisis técnico se busca establecer una línea base cuantitativa para todas las emisiones establecidas en esta tabla, sin embargo, se priorizan las señaladas con color verde en primera instancia en función de la importancia en el ciclo de vida y según la disponibilidad de información nacional para generar los análisis.

Capítulo 2: Componentes generales de la línea base y estado actual del sector de la edificación en Colombia

2.1. Demanda de edificaciones

2.1.1. Stock actual nacional de edificaciones

Según el Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV, 2018) existen en Colombia 16,070,893 unidades de vivienda. De las viviendas no étnicas ni indígenas (14,243,223)², 3,765,616 hogares se encuentran en déficit habitacional cualitativo, lo cual corresponde a 26.8% del total de hogares, mientras que el déficit cuantitativo de vivienda alcanza un total de 9.8%. Es decir, 1,378,829 hogares habitan en viviendas con deficiencias estructurales y de espacio, y para los cuales es necesario adicionar nuevas viviendas al stock de edificaciones. De acuerdo con el CNPV el 78% de las personas habitan en hogares urbanos y el 22% en zonas rurales.



Figura 5. Distribución de viviendas según su tipo, en el total nacional 2018.

Fuente: DANE - Dirección de Censos y Demografía, Información actualizada: 30 de agosto 2019.

² DANE - Dirección de Censos y Demografía. La información del número de viviendas, hogares y personas, a nivel municipal se actualizó el 12 de noviembre de 2019, de acuerdo con la revisión de límites oficiales municipales dispuestos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. Esta información fue consultada antes de junio de 2021. Los valores se actualizarán al finalizar la publicación.

De acuerdo con el DANE (DANE, 2019), el número de hogares que habita una vivienda construida de manera informal corresponde a 1.9% del total (1.1% en cabeceras y 5.3% en rural) y totalizan 236,800 hogares en condición de informalidad. Del total de los hogares, de acuerdo con la Encuesta Nacional de Calidad de Vida del 2019 del DANE, el 35.7% vive en arriendo o subarriendo, el 46% en vivienda propia (41.6% totalmente pagada y 4.6% la están pagando), y el 1.8% habita en una propiedad colectiva. Por otro lado, el Censo de Edificaciones del DANE (CEED) permite conocer el total de edificaciones construidas a partir de 1997. El área censada de obras culminadas desde 1997 (II trimestre) al 2020 (IV trimestre), es de alrededor de 277 millones de metros cuadrados³.

Tabla 1. Distribución de Hogares - CNPV 2018, DANE.

Tipo de Hogar	Número	Porcentaje
Total de hogares	14,243,223	100%
Hogares en déficit cuantitativo	1,378,829	9.8%
Hogares en déficit cualitativo	3,765,616	26.8%
Hogares en déficit habitacional	5,144,445	36.6%
Hogares informales	236,800	1.9%

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del CNPV de 2018 del DANE

Adicionalmente, según Camacol (2017), en las últimas seis décadas (1957-2017), se han construido 470 millones de metros cuadrados en edificaciones formales en el país. Del total de área construida, 348 millones de metros cuadrados corresponden a vivienda formal, lo que representa más de cinco millones de viviendas y 122 millones de metros cuadrados en edificaciones comerciales, industriales, servicios, colegios, administración pública, hospitales, entre otros.

Según el Censo de Edificaciones del DANE, desde el 2017 hasta el 2020 se construyeron 63.8 millones de metros cuadrados, de las cuales 46.6 millones de metros cuadrados corresponden a vivienda, lo que representa cerca de 545,500 unidades⁴. En el último trimestre de 2020 existían 22.8 millones de metros cuadrados en proceso de construcción y 9.6 millones de metros cuadrados en obras paralizadas o inactivas, de las cuales 16.7 millones corresponden a vivienda en proceso de construcción y 6.2 millones a vivienda

³ Se calcula con base al CEED de la siguiente manera: De la serie de 6 áreas se toman los datos desde el II trimestre de 1997 al IV trimestre de 1999, de la serie de 7 áreas se toman los datos desde el I trimestre del 2000 hasta el II semestre de 2007. De la serie de 15 áreas se toman los datos desde el III trimestre de 2007 hasta el I trimestre de 2012. De la serie de 16 áreas se toman los datos desde el II trimestre de 2012 hasta el III trimestre de 2015 y de la serie de 20 áreas se toman los datos desde el IV trimestre de 2015 hasta el IV trimestre de 2020.

⁴ Obras culminadas y nuevas desde el 2017 (I trimestre), hasta 2020 (IV trimestre) de la serie de 16 áreas.

paralizada o inactiva. Si sumamos estos datos podemos obtener un valor aproximado del stock de edificaciones desde 1957 hasta hoy, como se muestra en la tabla a continuación.

Con la información aportada por la sección de área (m²) licenciada para construcción según destino para un total de 302 municipios del Censo de Edificaciones del DANE, se pueden determinar los metros cuadrados licenciados para construcción de vivienda y para otras destinaciones en el periodo comprendido entre 2015 y enero de 2021.

Tabla 2. Área total construida, en proceso y paralizada 1957-2020.

Tipo de área	Área (millones m ²)	Porcentaje (%)
Total área construida formal 1957-2020	533.8	100%
Área vivienda 1957-2020	394.6	74%
Área otros 1957-2020	139.2	26%
Área vivienda en proceso de construcción 2020	16.7	73.2%
Área otros en proceso de construcción 2020	6.1	26.8%
Total en proceso de construcción IV trimestre 2020	22.8	100%
Área paralizada 2020 (m²)	9.6	
Total construida, en proceso y paralizada 1957-2020 (m²)	566.2	

Fuente: elaboración propia, datos del CEED, DANE y Camacol.

En la Tabla 3 a continuación se muestran además los resultados en los años 2019 y 2020 que nos permiten ver la proporción y tendencia en los últimos años. Cabe aclarar que el año 2020 es un año atípico, en el cual se redujeron significativamente los licenciamientos especialmente en edificaciones diferentes a vivienda.

Como se puede observar la vivienda tiene la mayor participación (~75%), seguida por el área comercial que se caracteriza en su mayoría por almacenes de grandes superficies y centros comerciales (~8-9%). Las oficinas participan en alrededor de 2.7% de los metros cuadrados construidos.

Por último, el IGAC, de acuerdo con el panorama catastral de Colombia en 2014 reportó que existían 1,347 millones de metros cuadrados de área construida en el país. De este total, 1,092 millones de metros cuadrados están en zona urbana (81.8%) y 255 millones en zona rural (18.9%) (IGAC, 2015).

Tabla 3. Área licenciada para construcción según destino 2019-2020- Total 302 municipios.

Destino	Metros cuadrados licenciados de 2015-2021 (I)	Porcentaje	Metros cuadrados licenciados en 2019	Porcentaje	Metros cuadrados licenciados en 2020	Porcentaje

Vivienda	108,395,264	75.6%	22,880,389	72.9%	14,478,657	80.4%
Industria	3,041,210	2.1%	931,749	3.0%	355,048	2.0%
Oficina	3,817,992	2.7%	876,930	2.8%	296,471	1.6%
Bodega	4,706,431	3.3%	1,303,371	4.2%	419,821	2.3%
Comercio	11,873,041	8.3%	2,883,368	9.2%	1,307,052	7.3%
Hotel	2,038,874	1.4%	478,910	1.5%	317,371	1.8%
Educación	4,773,311	3.3%	904,227	2.9%	419,756	2.3%
Hospital	2,193,633	1.5%	620,805	2.0%	216,478	1.2%
Admn. pública	873,764	0.6%	148,154	0.5%	91,451	0.5%
Religioso	439,127	0.3%	101,001	0.3%	41,795	0.2%
Social	1,063,352	0.7%	238,239	0.8%	65,854	0.4%
Otros	180,000	0.1%	35,386	0.1%	7,785	0.0%
TOTAL	143,395,999	100%	31,402,529	100%	18,017,539	100%

Fuente: Elaboración propia a partir del CEED, DANE, 2021.

Tabla 5. Total área construida en Colombia

Zona	Metros cuadrados a 2014	Metros cuadrados culminados entre 2015-2021 (I) CEED	Metros cuadrados Total nacional
Urbano	1,092,316,477	99,837,138 ⁵	1,192,153,615
Rural	254,946,013	-	-
Total	1,347,262,490	99,837,138	1,447,099,628

Fuente: elaboración propia, datos IGAC y CEED, DANE

2.1.2. Proyecciones nacionales de crecimiento de edificaciones para vivienda

El crecimiento de la demanda de edificaciones para el sector residencial responde a cinco grandes componentes que se explorarán en esta sección: Componente demográfico, déficit

⁵ Actualizado con cifras de julio de 2021.

habitacional, construcción informal, renovación del parque inmobiliario y crecimiento económico. Estos determinan tanto la necesidad habitacional como de otros servicios en el país a futuro.

2.1.2.1. Crecimiento demográfico

Diferentes estimaciones sobre el crecimiento de la población de Colombia proyectan que esta será entre 56-61.9 millones de habitantes en 2050. Este crecimiento demográfico se ve reflejado en un número de hogares que varía entre 21 y 28 millones en 2050. Estos ejercicios coinciden en que se espera un decrecimiento en el tamaño promedio de los hogares y en que cerca del 80% de la población habitará zonas urbanas en las próximas décadas. A continuación, se presentan los escenarios desarrollados por diferentes estudios.

El DANE estima que para el 2030 la población en Colombia será de 55.6 millones de personas y en 2050 la población aumentará a nivel nacional a 61.9 millones (DANE, 2018). Se espera que el crecimiento de la población incremente en gran medida los procesos de crecimiento urbano. El DANE estima que para 2030 vivan 42.7 millones de personas en centros urbanos, es decir 6.3 millones de personas más en comparación con la población del año 2018 y a 2050 se espera que la población urbana aumente en 10.6 millones de personas.

Según estas proyecciones del DANE la población rural no aumentará de manera significativa, un millón a 2030 y tres millones a 2050. Por su parte, se estima que el 77% de la población nacional vivirá en zonas urbanas en los años 2030 y 2050.

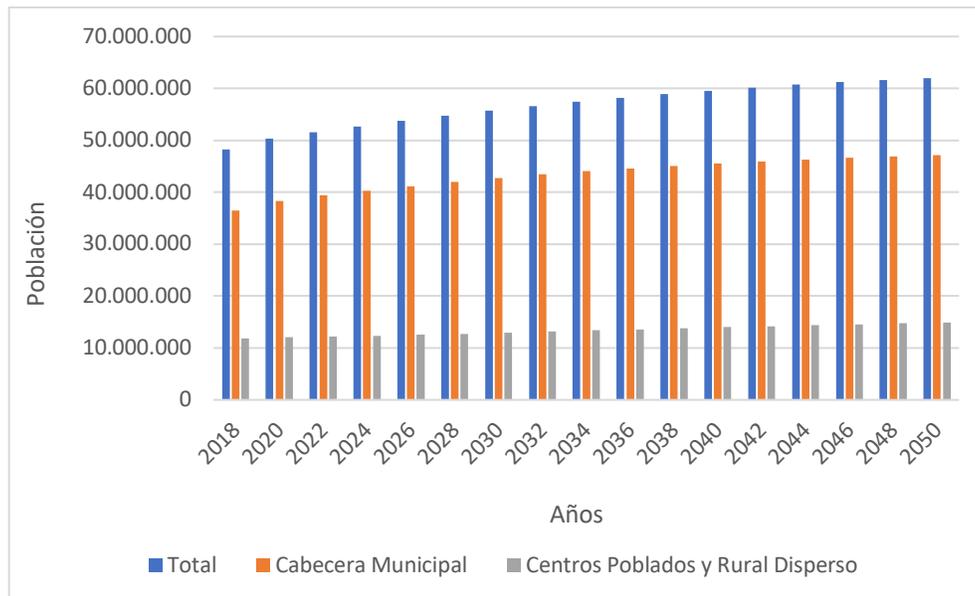


Figura 6. Proyecciones demográficas CNPV 2018.
Fuente: Elaboración propia a partir del CNPV 2018.

Adicionalmente, según el CNPV 2018 del DANE existen 16 millones de viviendas y 14.2 millones de hogares en Colombia, con un promedio de 3.1 personas por hogar. Hacia 2050 se proyecta un descenso en el número de personas por vivienda tanto para hogar urbano como rural. Las proyecciones demográficas que utiliza la UPME muestran que a 2050 esta cifra será de 2.2 personas por hogar (UPME, 2020a). Así mismo, se proyecta que a 2030 existirán 21.2 millones de hogares (4.7 millones adicionales en referencia a la cifra de 2020) y en 2050 29.5 millones (13.1 millones adicionales a la cifra de 2020).

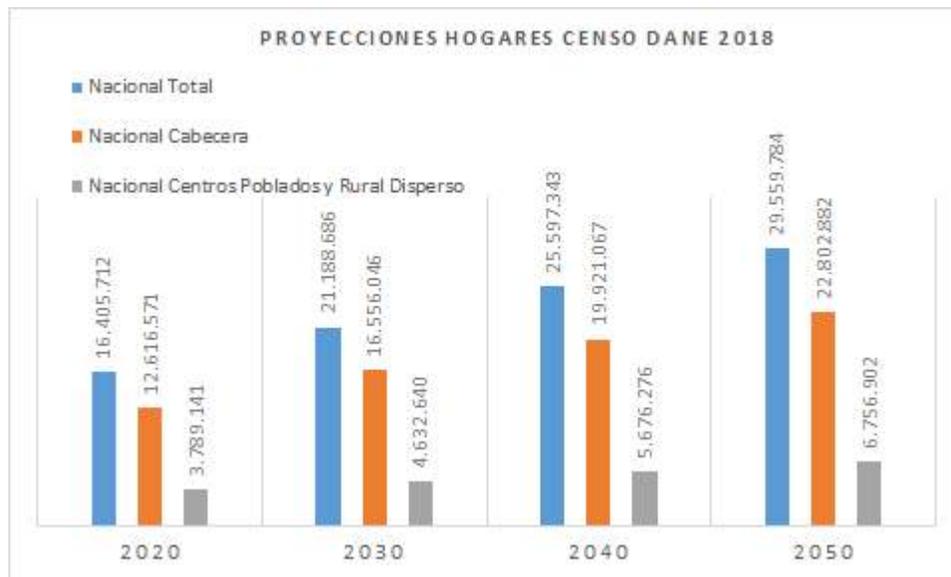


Figura 7. Proyecciones hogares del CNPV 2018.
Fuente: Elaboración propia a partir del CNPV 2018

Para la determinación del escenario de referencia de la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) del año 2020, se utilizó como línea base demográfica lo siguiente: Entre 2015 y 2030, el número total de hogares se prevé crecerá un 40%, de 13.6 millones a 19 millones. Entre 2030 y 2050, habrá una desaceleración en el crecimiento de la población y una disminución del tamaño de los hogares. El número de hogares que se prevé es de 28 millones en 2050. El crecimiento promedio anual en el número total de hogares es del 2.3% entre 2015-2030, el cual disminuye aproximadamente a una tasa de 2% entre 2030-2050. La participación de la vivienda urbana, que fue del 79% en 2015, aumentará al 83% en 2030 y al 86.6% en 2050.

Tabla 4. Número de hogares rurales y urbanos.

Tipo Hogar	Número de hogares (millones)				
	2015	2020	2025	2030	2050
Urbano	10.76	12.03	13.92	15.86	24.39
Rural	2.82	2.97	3.07	3.21	3.79

Total	13.58	15.0	17.0	19.08	28.17
--------------	--------------	-------------	-------------	--------------	--------------

Fuente: PMR Reporte escenario de referencia NDC Actualizada.

Por otro lado, CAMACOL realiza proyecciones de acuerdo con la tendencia demográfica del país y la tasa de crecimiento de los hogares, la cual se ha reducido significativamente. Entre 1993 y 2005 los hogares crecieron a razón de 3.3% anual promedio, mientras que este número se redujo a 2.2% entre 2005 y 2018, con lo cual se proyecta que la tasa disminuya a 2% entre 2018 y 2030. Según Camacol, este crecimiento incrementará el número de hogares anualmente en 312,702, en términos absolutos promedio, de los cuales 48,686 serán rurales y 264,016 urbanos. A 2030, en total se generarán 3,752,000 de hogares nuevos con relación a los hogares existentes en el 2018.

Tabla 5. Tasa de crecimiento de los hogares.

	1993-2005	2005-2018	2018-2030
Urbano	3.6%	2.4%	2.1%
Rural	2.4%	1.7%	1.5%
Total	3.3%	2.2%	2.0%

Fuente: (CAMACOL, 2020, Pg. 45).

De acuerdo con la serie de datos que se utiliza para la generación de escenarios del Plan Energético Nacional (PEN), basada en proyecciones de las Naciones Unidas en 2018, se plantea que en el año 2050 Colombia tendrá cerca de 56 millones de habitantes, con una participación del 88% en áreas urbanas y 12% en áreas rurales. A 2030 se proyectan 12.8 millones de hogares urbanos y 2.9 millones rurales. Para el año 2050 se proyecta que se llegue a los 21 millones de hogares, con 18.5 millones de hogares urbanos y 2.5 millones rurales.

La Estrategia de Largo Plazo 2050 estima que para ese año la población urbana aumentará en 13.2 millones, lo que equivale a la población de las ocho mayores aglomeraciones actuales (sin Bogotá), con 69 ciudades con más de 100,000 habitantes (DNP, 2018), este crecimiento de población generará un incremento en el área construida per cápita de edificaciones residenciales del 45% con respecto a 2015, que contrasta con la disminución de la relación área construida/ingreso per cápita, y un incremento en el nivel de actividad del sector comercial y servicios a una tasa del 4.25% anual promedio en el periodo 2015 - 2050.

2.1.2.2. Distribución de las viviendas por estrato socioeconómico

Acorde a información del CENAC (2019)⁶, más del 85% de la población del país pertenece los estratos 1, 2 y 3. El número de metros cuadrados nuevos en estratos 2, 3 y 4 corresponden a más del 85% de los metros cuadrados construidos según información del DANE.

Tabla 6. Distribución de hogares por estrato.

Distribución del total de viviendas (urbano y rural) según estrato socioeconómico 2019							
Ciudad	Estrato - Número de viviendas						
	Uno	Dos	Tres	Cuatro	Cinco	Seis	Total
Bogotá D.C.	155,774	725,931	744,282	294,479	98,779	78,643	2,097,888
Antioquia	488,513	809,821	583,389	176,047	100,386	42,810	2,200,966
Valle	272,331	444,597	311,974	108,032	64,412	21,251	1,222,597
Atlántico	311,441	163,468	87,539	44,460	17,136	14,095	638,139
Santander	179,633	267,084	144,552	91,240	14,352	11,674	708,535
Bolívar	314,003	130,208	52,320	20,110	9,698	11,959	538,298
Norte de Santander	124,863	193,631	62,857	23,495	4,297	621	409,764
Risaralda	51,942	108,838	78,687	35,906	15,737	11,052	302,162
Tolima	126,365	220,683	77,837	22,901	5,473	902	454,161
Caldas	63,696	115,685	81,807	22,135	7,181	11,265	301,769
Nariño	242,397	110,458	38,258	13,159	3,619	25	407,916
Meta	85,853	107,862	80,291	12,164	4,413	1,657	292,240
Quindío	39,504	61,022	43,997	14,140	12,687	1,430	172,780

Fuente: DANE, 2019.

Tabla 7. Construcción de metros cuadrados de viviendas por estrato socioeconómico

Año	Total	1	2	3	4	5	6
2015	7,837,466	90,140	806,929	2,241,109	1,973,408	1,604,663	1,121,217
2016	30,780,443	374,057	2,903,092	9,300,036	6,996,465	6,545,282	4,661,511
2017	30,494,849	104,386	4,069,782	8,831,955	7,149,865	6,006,609	4,332,252
2018	27,644,086	75,244	2,823,690	8,311,973	7,237,995	5,287,724	3,907,460
2019	24,321,324	106,911	2,393,937	8,069,217	5,806,593	4,242,360	3,702,306
2020	18,863,847	55,666	1,559,119	6,796,183	5,389,606	2,930,260	2,133,013

Fuente: CENAC, 2020.

2.1.2.3. Déficit habitacional

El segundo componente para proyectar la demanda de viviendas y materiales es la reducción del déficit habitacional que se compone del déficit cualitativo y cuantitativo. Si se

⁶ Centro de Estudios de la Construcción y el Desarrollo Urbano y Regional - CENAC

espera eliminar el déficit cuantitativo a 2030 se necesitará la construcción de 1,378,829 viviendas, lo que implica aproximadamente la construcción de 114,900 al año (desde el 2018), 56,700 en cabeceras urbanas y 58,200 en zonas rurales. Una cifra muy conservadora, suponiendo que este déficit no aumentará durante los siguientes años, a pesar de las consecuencias socioeconómicas que empieza a mostrar la pandemia de Covid 19, entre otros efectos. Por su parte, si se espera eliminar el déficit cualitativo a 2030, se requerirá adecuar 3,765,616 viviendas existentes (26% del total de hogares colombianos).

Es importante anotar que, de acuerdo con la metodología de medición del déficit de vivienda implementada por el DANE, el déficit habitacional: “no considera las carencias del *entorno*, debido a la inexistencia de información sobre el tema, por tal razón la metodología abarca únicamente el dimensionamiento del déficit habitacional referente al interior de la vivienda o lo que se ha denominado *casa*” (DANE, 2009).

“Adicionalmente, el déficit cuantitativo y cualitativo identifica a aquellos hogares que habitan en viviendas con deficiencias estructurales y no estructurales (respectivamente). Las razones de este déficit son multidimensionales, pero se derivan, en la práctica, de procesos de ocupación del suelo y construcción informales, y en muchas ocasiones en condiciones de riesgo. En este sentido, lograr edificios Neto Cero Carbono en el sector residencial, se constituye en un doble reto que pasa por construir nuevas viviendas o adecuar las existentes para garantizar las condiciones mínimas de habitabilidad a la par que se implementen medidas de adaptación al cambio climático, de construcción sostenible y de eficiencia energética” (Revista Integra, 2021). El déficit urbano se deberá solventar con la construcción de equipamientos colectivos y espacio público.

En la Figura 8 se presenta el déficit habitacional en las cabeceras municipales según el CNPV 2018 del DANE. De acuerdo con esta información, existe déficit habitacional en todo el país y se evidencian grandes diferencias entre las zonas. Se observan los menores niveles de déficit en las zonas al interior del país.

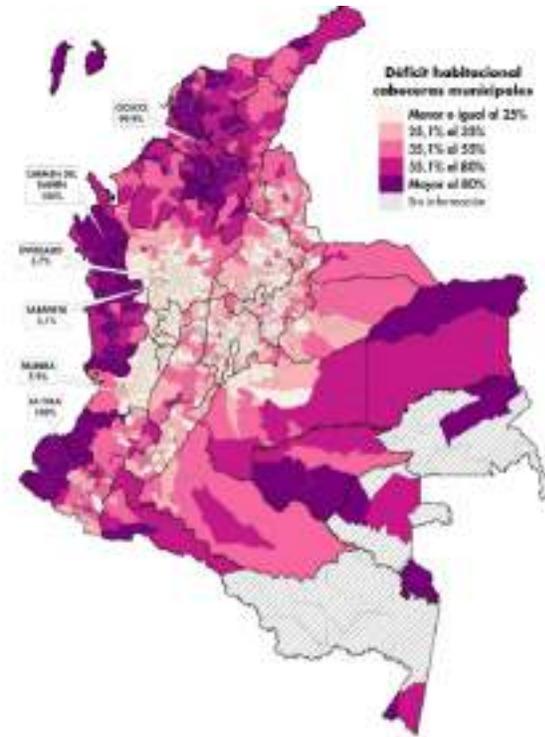


Figura 8. Déficit habitacional, 2018.

Fuente: DANE, CNPV 2018⁷.

2.1.2.4. Renovación del parque inmobiliario

De acuerdo con los estudios de NAHB (2007), Sjöström y Jernberg (2001), ABC (2006), CSA (2001) y Hernández Moreno (2012 y 2015), una vivienda tiene una vida útil de 70 a 100 años. Para el contexto de América Latina Diniz y Cavenaghi (2011) proponen que la estimación de necesidades habitacionales en Brasil, incluyan aquellos hogares que habitan viviendas con 50 o más años de construidas (Citado en CAMACOL, 2020, Pg.48). Según cifras de Camacol, esto implica para el contexto nacional, que se requiere construir 252,312 viviendas a 2030 para reemplazar aquellas con más de 70 años de antigüedad, lo cual implica la generación de 21,026 viviendas anuales, 19,055 urbanas y 1,971 rurales.

2.1.2.5. Proyecciones de vivienda al 2030 y 2050

A continuación, se presentan los resultados en términos de la necesidad habitacional proyectados por CAMACOL, la cual reúne todos los factores determinantes descritos en las secciones anteriores.

⁷ <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/deficit-habitacional/deficit-hab-2020-boletin.pdf>

Tabla 8. Necesidad habitacional 2020-2030 a nivel Nacional.

Componente	Necesidad habitacional (número de viviendas)		
	Urbano	Rural	Total
Demográfico	2,640,160	486,860	3,127,020
Déficit cuantitativo	566,980	582,040	1,149,020
Sustitución de construcciones informales	98,800	98,500	197,300
Renovación parque inmobiliario	190,550	19,710	210,260
Total	3,496,480	1,187,120	4,683,600

Fuente: (CAMACOL, 2020, Pg. 49).

Por otro lado, el DANE proyecta que entre junio 2020 y junio 2030 se construirán 5.2 millones de viviendas adicionales, gran parte de estas viviendas cubrirán el déficit habitacional que para el año 2018 ascendía a 5.14 millones de hogares.

Como se puede observar las proyecciones de CAMACOL y del DANE son similares. El DANE también estima la proyección de necesidad habitacionales entre 2020 y 2050, la cual es de 14.37 millones de viviendas. Estas viviendas sumadas al stock estimado por el DANE en el año 2020, de 18 millones, equivale a un total de 32.4 millones de viviendas para el año 2050. La tasa de crecimiento en el número de viviendas equivale al 2.35% en el intervalo comprendido entre 2020 y 2030, y de 1.97% entre 2020 y 2050.

2.1.3. Proyecciones nacionales de crecimiento de edificaciones para usos no residenciales

Estudios previos⁸ muestran que las edificaciones para sectores diferentes al residencial dependen de diferentes factores según el sector. La demanda de las oficinas y la industria está ligada al crecimiento económico. El comercio depende de las dinámicas del desarrollo urbano. El crecimiento de la demanda de las edificaciones institucionales (religioso, social y otros) está relacionado con el comportamiento de las finanzas públicas y locales y al crecimiento de la población que utiliza estos servicios. El sector de edificaciones para educación y hospitales está determinando por el crecimiento de los grupos de población que los utilizan en mayor proporción.

Considerando esta información y haciendo uso de un modelo ARIMA se proyectó la construcción para sectores diferentes al residencial. Este ejercicio se está desarrollando

⁸ [UPME \(2020\)](#); [MinSalud \(2017\)](#); [UPME \(2013\)](#); [Fedesarrollo \(2004\)](#).

como parte del trabajo técnico para establecer la línea base de emisiones de las edificaciones en Colombia.

A partir del stock estimado por el IGAC para el año 2020 (139.2 millones m²) y considerando las tendencias históricas de construcción, las tendencias históricas de área construida estimadas por el DANE y CAMACOL es posible estimar el stock (metros cuadrados) para cada subsector en el año 2020. Partiendo del stock y utilizando diferentes variables explicativas por sector, se proyectó la demanda de construcción al año 2050.

Como resultado de este ejercicio, se obtienen tasas de crecimiento de la demanda de construcción que varían entre 2.13% y 4.77% en el periodo 2020-2050, según el sector que se esté analizando.

Para hoteles se obtiene una de las tasas de crecimiento más bajas, y esto se debe a que el número de metros cuadrados en hoteles ha tenido un crecimiento muy bajo en los últimos años, a pesar de que el número de pasajeros internacionales ha continuado incrementándose entre el 2009 y 2018 (CITUR, 2021). Para el sector de educación, también se obtienen bajas tasas de crecimiento, lo cual se explica en parte en la proyección de la población, que sugiere una mayor participación de la población adulta en las próximas décadas en el país. Para los demás sectores se obtienen tasas de crecimiento más altas, debido a que la proyección depende principalmente del crecimiento del PIB, el cual según cifras oficiales tiene proyección creciente constante hasta el año 2050.

Tabla 9. Proyección de edificaciones no residenciales.

Sector edificaciones	Proyección metros cuadrados construidos por año			Tasa de crecimiento
	2020	2030	2050	
Oficinas	16,715,114	26,586,740	62,806,205	4.51%
Comercio	44,179,018	60,644,308	103,759,574	2.89%
Educación	14,381,346	18,792,366	27,424,446	2.18%
Hospitales	7,434,618	10,409,735	18,363,120	3.06%
Bodegas	14,467,293	24,280,756	58,536,988	4.77%
Hoteles	7,830,561	10,126,500	14,718,376	2.13%
Administración pública	2,727,407	4,127,264	8,919,510	4.03%
Otros (cultural, social, recreación, religioso)	31,464,642	41,592,137	64,270,414	2.41%

Fuente: elaboración propia.

2.1.4. Proyecciones de remodelaciones y adecuaciones

El Ministerio de Vivienda, estima que las actividades e insumos relacionados con las remodelaciones y adecuaciones de edificaciones generan cerca de 0.7% del PIB nacional e

impulsan 627,000 empleos directos e indirectos al año⁹. A finales del 2020 se reportó un incremento del 74% en las ventas para la remodelación de vivienda, en comparación con el 2019.

Como se ha visto anteriormente, para eliminar el déficit habitacional cualitativo se requiere adecuar 3,765,616 viviendas existentes (26% del total de hogares colombianos). Este déficit afecta al 57.3% de los hogares rurales y al 18.7% de los hogares en cabeceras municipales (9.7% hogares urbanos en 2018), en total 13.3 millones de personas viven en viviendas con déficit cualitativo¹⁰. El programa Casa Digna, Vida Digna lanzado por el Gobierno actual tiene como estrategia principal reducir el déficit cualitativo de vivienda enfocado en la adecuación de cocinas, baños, pisos techos y habitaciones que permitan bajar el hacinamiento crítico. Este plan busca el mejoramiento de 600 mil viviendas. A la fecha se ha realizado el mejoramiento de 531,632 viviendas. Se espera a 2022 reducir a 8.5% el número de hogares urbanos con déficit cualitativo y a 2030 a 7.0% (MVCT, 2020b).

Según el informe de Raddar (2021) “la canasta de remodelación el último trimestre del año registró una gran recuperación, lo cual pudo deberse a diversos factores como la recuperación de los empleos perdidos en los primeros trimestres del año, además este último trimestre se caracterizó por diversas promociones que incentivaron el gasto de los hogares y este año se tuvo en este trimestre la tercera jornada del día sin IVA. Otro factor que pudo incidir en el gasto de los hogares en esta canasta fue el pago de la prima que aumenta el ingreso disponible de los hogares y este aumento del ingreso se desplaza al gasto.”

Adicionalmente, según este informe, el mercado de las remodelaciones en Colombia aumentó de 4.03 billones de pesos en 2019 a 4.26 billones en 2020. El mercado de las remodelaciones tuvo el comportamiento que se presenta en la siguiente figura, en el cual se observa que los materiales de construcción tuvieron la mayor participación con un 22.6% de la canasta.

⁹ [Nota del Diario el Tiempo](#)

¹⁰ Nota: los porcentajes están calculados sobre un total de 14.060.645 en el total nacional, excluyendo los hogares que habitan en viviendas indígenas y étnicas. En las cabeceras el total de hogares es de 11.118.577 y en centros poblados y rural disperso son 2.942.068 hogares.

- Usualmente las tuberías en los baños y en las cocinas están a la vista.
- El techo no tiene acabado y se puede ver el acabado de la placa de concreto.
- En la cocina encontrarás un mesón de 1.50m de acero inoxidable con estufa de 4 puestos y lavaplatos.
- Algunos apartamentos incluyen lavadero en PVC o granito.

Según una encuesta a los propietarios de viviendas de interés social realizada por Superpropietarios.co, un portal que recopila la información de proyectos de vivienda social en Bogotá, este es el orden de intervención de los apartamentos en obra gris:

- Completan los baños.
- Ponen el enchape o laminado para todo el piso.
- Pintan las paredes.
- Instalan la carpintería en madera como las puertas de las habitaciones, los armarios, los muebles de cocina y baños.
- Ponen Drywall en el techo o algún otro acabado.

En este sentido una estimación de las remodelaciones asociadas a Vivienda VIS en Colombia, podrían derivarse del informe publicado por el DANE sobre las viviendas VIS y No VIS, cuya cifra nacional llegó a 49,919 unidades de vivienda VIS correspondientes a 2,897,531 m² culminados en el 2020.

Tabla 10. Área de remodelaciones por tipo de vivienda.

Unidades de vivienda

Cuadro G2. Estructura general por destino y tipo de vivienda				
Doce meses a Diciembre 2020				
Destino y tipo de vivienda	Total área culminada *	Área en proceso		Área paralizada**
		Nueva	Reinicia proceso	Nueva
VIS	49.919	57.838	22.232	34.319
Apartamentos	39.794	49.686	20.405	30.479
Casas	10.125	8.152	1.827	3.840
No VIS	62.271	58.672	51.676	65.090
Apartamentos	55.351	51.897	48.873	60.128
Casas	6.920	6.775	2.803	4.962
Total Apartamentos	95.145	101.583	69.278	90.607
Total Casas	17.045	14.927	4.630	8.802
Total Vivienda	112.190	116.510	73.908	99.409

Fuente: DANE.

2.1.5. Estado actual y proyecciones de la construcción informal

El desarrollo acelerado de las ciudades colombianas ha traído consigo un crecimiento urbano descontrolado acompañado de la aparición de asentamientos informales que se caracterizan por la presencia de viviendas inadecuadas, deficiencias de accesibilidad, ausencia de servicios públicos domiciliarios, insuficiencia de espacio público, equipamientos comunitarios y la afectación del medio ambiente. Adicionalmente, son asentamientos que

se ubican comúnmente en zonas de alto riesgo, dejando a las poblaciones (comúnmente las más pobres), en situación de vulnerabilidad frente a riesgos ambientales, amenazados por desastres naturales. El Ministerio de Vivienda junto con el Instituto de Estudios Urbanos de la Universidad Nacional de Colombia (2017), afirman que más del 50% del crecimiento de las ciudades y municipios del país, en las últimas tres décadas, es de origen informal (Contreras Ortiz, 2017). Por otro lado, según CAMACOL, 37 de cada 100 viviendas que se construyeron en la última década en Colombia se desarrollaron de manera informal o mediante autoconstrucción (CAMACOL, 2019).

De acuerdo con las estadísticas del DANE, entre los años 2013 y el segundo semestre de 2021, se inició la construcción de 1,318,609 unidades constructivas en el país de las cuales 993,543 cuentan con licencia expedida o radicada y 325,066 se realizaron sin licencia. Es decir, el 75% de las construcciones a nivel nacional, durante este periodo, se han realizado de manera legal y el 25% de manera informal.

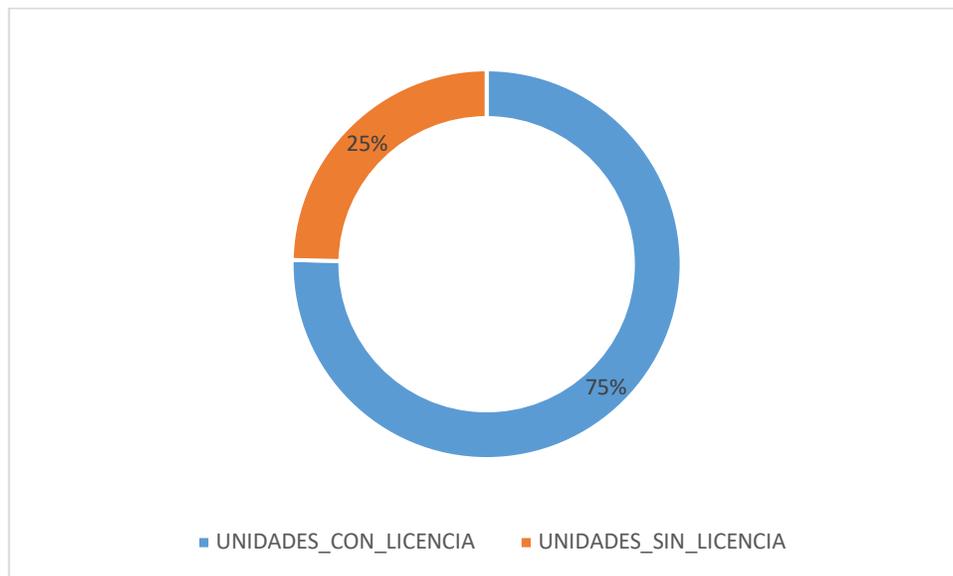


Figura 10. Unidades constructivas iniciadas en Colombia con y sin licencia de construcción entre 2013-II semestre de 2021
Fuente: DANE, 2021

La Figura 11 permite identificar la proporción de unidades construidas con licencia versus las que no utilizaron la licencia por departamento e identificar en que zonas es mayor la proporción de contrucciones realizadas de manera informal.

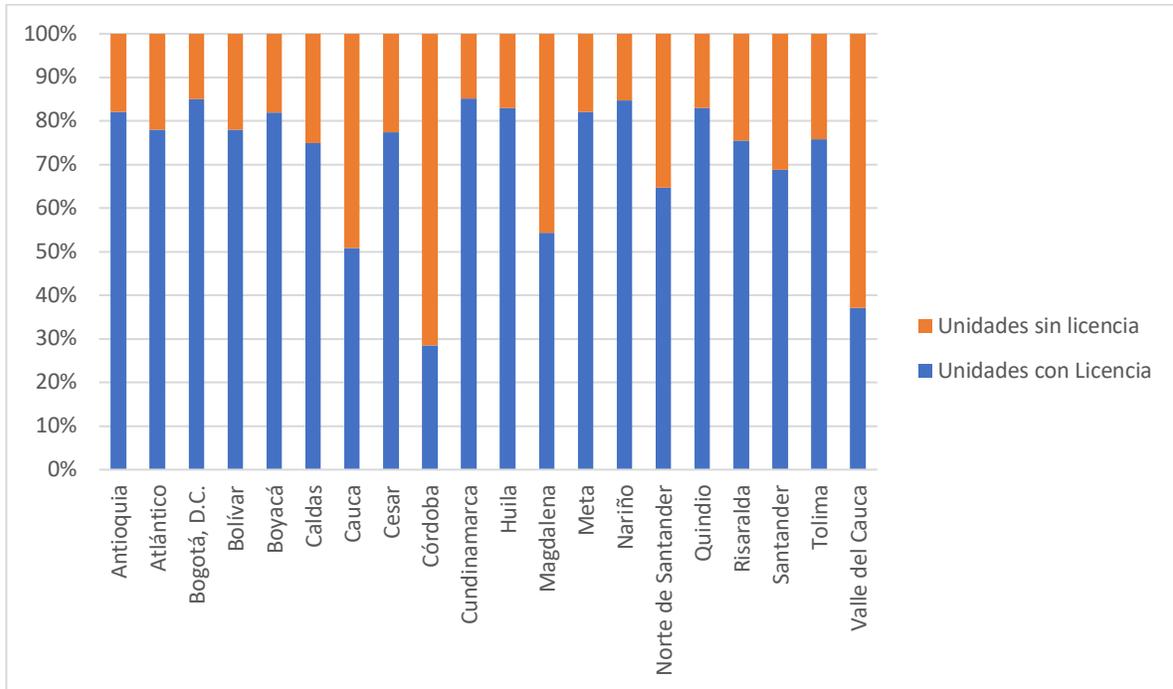


Figura 11. Porcentaje de unidades constructivas construidas con y sin licencia por departamento entre 2013 y II semestre de 2021. Fuente: DANE, 2021

Según el Censo del DANE de 2018, el número de hogares en Colombia que actualmente se considera están en condición de informalidad ya sea porque no tienen acceso a los servicios básicos (agua potable, alcantarillado, energía eléctrica), o porque la tenencia de la vivienda es irregular, corresponde al 1.9% del total de hogares, es decir 236,800 hogares (1.1% en cabecera y 5.3% en zonas rurales). Es importante considerar que, si no se logra generar la oferta suficiente de vivienda formal y asequible para la población, al ritmo del crecimiento de los hogares, esta se suplirá de manera informal. Adicionalmente, si se presentan desplazamientos forzados ya sea por violencia o desastres naturales (relacionados o no con el cambio climático), y si no se prevén soluciones a tiempo, se generará un impacto adicional de crecimiento informal.

Desde el año 2010, se creó el Programa Nacional de Titulación (PNT), el cual al finalizar el 2017 sumó 163,450 títulos de propiedad regularizados a nivel nacional (estos datos son consolidados desde el 2010); y el gobierno actual, tiene la meta de otorgar 177,000 títulos de propiedad a familias vulnerables en todo el país durante el cuatrienio, en el marco del programa 'Casa Digna, Vida Digna'.

2.1.6. Entorno urbano: Infraestructura, equipamientos y espacio público

Las ciudades son epicentro de una gran diversidad de actividades económicas, sociales y culturales, además de cumplir el papel de provisión de viviendas. Estas dinámicas las

convierte en polos de desarrollo territoriales en el que diferentes actores demandan una variedad de servicios. A estos procesos se asocia la necesidad de obras civiles de diferente índole que al igual que las edificaciones generan una huella de carbono en su ciclo de vida asociada entre otros a: los materiales de construcción, al consumo de energía para desarrollar y operar los espacios, procesos de afectación de ecosistemas y sistemas naturales como bosques y humedales, que sirven como sumideros de carbono, y emisiones asociadas a la gestión del agua y de los residuos. De esta manera, en entorno urbano en el que se enmarcan las edificaciones se convierten también en fuentes de emisiones que deben ser consideradas en la gestión de los espacios urbanos.

De acuerdo con la Política Nacional de Espacio Público, definida en el CONPES 3718 de 2016, el índice de espacio público promedio en las ciudades en Colombia es de 3.3 m²/hab. Una cifra muy inferior al indicador óptimo propuesto por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que recomienda entre 10m² y 15m² de zonas verdes por habitante.

Adicionalmente, se ha evidenciado en diferentes estudios que los espacios públicos existentes tienen una deficiente articulación con los elementos de la estructura ecológica de las ciudades, y en algunos casos los niveles de arborización son muy bajos respecto a los niveles recomendados por organizaciones internacionales (SDG, 2019; AMVA, 2018; BCV, n.d; EPA, 2012).

En cuanto a equipamientos, no se ha identificado información a nivel nacional sobre los niveles de cobertura y déficit, tanto cualitativo como cuantitativo. Sin embargo, es de esperarse un aumento de este tipo de servicios y edificaciones relacionadas en las próximas décadas como consecuencia del incremento de niveles de urbanización, crecimiento de la población y aumento de la capacidad adquisitiva.

En términos de acceso a servicios públicos a nivel nacional, el DANE a partir del CNPV 2018, determinó los valores que se presentan en la Figura 12 a continuación. De acuerdo con la información del DANE, los mayores niveles de cobertura en servicios públicos son los de electricidad, seguidos por los de acueducto. A pesar de los avances entre los años 2005 y 2018, aún se observan oportunidades de mejor para que el acceso sea universal en Colombia.



Figura 12. Acceso a servicios públicos - Años 2005 y 2018.
Fuente: DANE - Dirección de Censos y Demografía

2.2. Matriz energética nacional y proyecciones de corto, mediano y largo plazo

En el 2019 Colombia contaba con una capacidad instalada de 17,749 MW para generación eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional. De ésta, el 67.1% corresponde a capacidad hidráulica (11,917 MW), el 32.6% térmica (gas natural: 3,744MW, carbón: 1,651 MW; petróleo: 399 MW) y el 0.2% a fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) y biomasa (FNCER: 36MW; biomasa: 6MW). En el corto plazo se espera la adición de 1,398 MW de capacidad en fuentes no convencionales de energías renovables (solar y eólica)¹² (UPME, 2020a).

A 2019 Colombia tenía una cobertura de energía eléctrica del 96.53% del sector residencial (13,798,765 usuarios). La meta nacional dentro de los ODS, en cuanto a Energía asequible y no contaminante plantea una cobertura del 100% de las viviendas a 2030.

Según el Ministerio de Minas y Energía en su informe “Transición energética: un legado para el presente y el futuro de Colombia”, en el 2020 la capacidad total de FNCER fue de 224.3 MW instalados, que representan el 1.3% de la matriz de generación. Para el 2021 se espera contar con 20 parques nuevos alcanzando una capacidad total de 1,000 MW lo que representa 5.5% en la matriz. Para el año 2022 la meta es contar con aproximadamente 1,679 MW que representan cerca del 9.5% de la matriz y al finalizar el 2022 se alcanzará una capacidad instalada de aproximadamente 2,400 MW de FNCER que permitirán alcanzar

¹² En un informe del Ministerio de Energía para la Andi del 2019, se afirma que existen más de 7400 MW en proyectos de fuentes no convencionales de energía renovable en 115 proyectos con conexión aprobada por la UPME. Fuente: <http://www.andi.com.co/Uploads/Min%20energia.pdf>.

un 14% de la matriz, teniendo en cuenta la subasta del Cargo por Confiabilidad y la subasta de contratos de largo plazo.

El Plan de expansión 2016-2030 de la UPME, cuenta con diferentes modelos de expansión de la matriz energética, entre los cuales se definió el Escenario 1.1 como el de referencia para la actualización de la NDC 2020.

De acuerdo con este escenario a 2030, se tendría una capacidad instalada de 22,725 MW, con una participación del 61% de energía hidráulica, un 35% de energía térmica y un 2% de energía proveniente de FNCER.

En los escenarios de actualización de la NDC 2020 se propone con base en los escenarios de la UPME, la composición de la matriz energética al 2050 para un escenario de referencia según como se presenta en la siguiente Tabla 12.

De acuerdo con esta información, a 2030 se contaría con una capacidad instalada de 21,572 MW y a 2050 de 37,580 MW, con una participación de las FNCER del 2.1% a 2030 y del 12.8% a 2050.

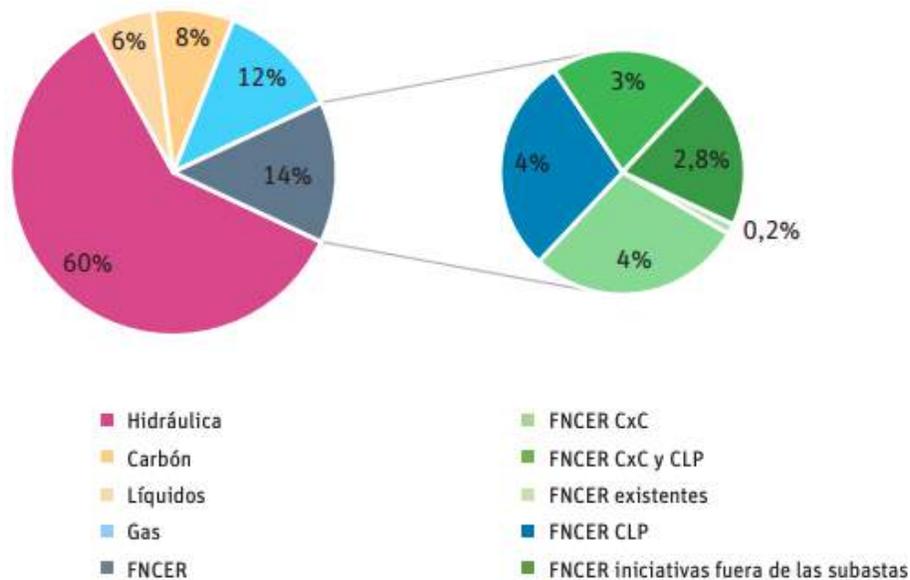


Figura 13. Composición canasta de generación 2022.

Fuente: Ministerio de Minas y Energía (2021), Transición energética: un legado para el presente y el futuro de Colombia.

Tabla 11. Plan de expansión 2016-2030 de la UPME - Escenario 1.1.

Recurso	Expansión adicional	Total
Hidráulica	1823.8	13913.9
Gas	147.0	3656.0
Carbón	1080.0	2674.0
Menores	793.2	1538.6
Cogeneración	285.0	402.1
Eólica	362.0	362.0
Solar	90.5	90.5
Geotérmica	0.0	0.0
Otros	0.0	88.3
Total	4581.4	22725.3

Fuente: Plan de expansión 2016-2030, Pg. 481.

Tabla 12. Escenario de referencia NDC 2020 - Periodo 2016-2050.

Año	Capacidad instalada (MW)								
	Hidráulica	Gas	Carbón	Plantas menores	Biomasa	Eólica	Solar	Geotérmica	Otros
2019	11,917	3,744	1,651	399	6	36		0	0
2030	13,550	4,470	1,930	1,260	0	362	90,5	0	88,3
2050	19,560	6,570	4,180	2,470	900	2,150	1,450	300	0

*Valores en MW.

Fuente: Elaboración propia a partir de PMR Reporte escenario de referencia NDC Actualizada (VITO et al., 2020b, pg.29).

Este escenario de referencia no genera grandes cambios en la matriz energética. En la NDC 2020 se evalúan cuatro medidas de mitigación y se proponen dos escenarios de mitigación (M1 y M3)¹³ de composición de la matriz energética a 2030.

1. Diversificación de la matriz energética: Consiste en la expansión de capacidad del sistema eléctrico, diversificando las fuentes de generación y dándole paso a una mayor presencia de FNCER.
2. Gestión energética: Considera el potencial de los programas que fomentan la participación activa de la demanda.
3. Eficiencia térmica: Considera el potencial de reducción de consumo de energía en la generación termoeléctrica.
4. Mayor participación de las FNCER.

¹³ Escenarios M1 y M3, son los escenarios propuestos en la NDC actualizada.

Como se puede observar, el escenario M3 es más ambicioso en la penetración de FNCER, vale la pena resaltar que la expansión definida en este escenario para las FNCER es de alrededor de 2,800 MW a 2030. Ambos escenarios se analizaron junto con las medidas de eficiencia térmica y gestión energética para definir los escenarios de mitigación. Para la gestión energética se considera una disminución en promedio de la energía de 6.9%, en los períodos pico (horas 19 y 20), debido a los programas de respuesta de la demanda. Para eficiencia térmica se considera la instalación de nuevas plantas térmicas en el sistema con una eficiencia correspondiente a la mejor tecnología disponible y la modernización de equipos y optimización en el consumo de combustibles fósiles con un potencial de ahorro entre 2.7% y 3.6% (VITO et al., 2020a, Pg.24).

Tabla 13. Expansión de capacidad para el periodo 2016-2030.

	Hidráulica	Gas	Carbón	Menores	Biomasa	Eólica	Solar	Geotérmica	Otros
2019	11,917	3,744	1,651	399	6	36		0	0
2030M1	13,520	4,550	1,931	980	150	1,420	240	0	0
2030 M3	13,522	4,450	1,931	980	150	2,223	940	150	0

**Valores en MW. Fuente: Elaboración propia a partir de PMR Reporte escenario de referencia NDC Actualizada*

Aunque ambos escenarios son suficientes para lograr la meta de la NDC a 2030, no necesariamente son suficientes para reducir el crecimiento de las emisiones GEI a largo plazo, en consistencia con escenarios de carbono neutralidad. La NDC 2020 recomienda realizar actualizaciones periódicas de acuerdo con los escenarios que publique la UPME para la expansión del sistema eléctrico.

2.2.1. Factor de emisión de CO_{2eq} de la electricidad en Colombia

Los escenarios de mitigación para el sector de generación eléctrica considerados en la actualización de la NDC 2020, se ven reflejados en menores valores de intensidad de carbono de la electricidad respecto al escenario de referencia. En la siguiente Tabla 14 se presentan los principales resultados de este indicador por escenarios.

Tabla 14. Factor de emisión de CO_{2eq} de la electricidad.

Escenario	Emisiones CO _{2eq} de la electricidad (kg/kWh)		
	2015	2030	2050
Referencia	0.172	0.168	0.186

Mitigación M1	0.172	0.104	0.141
Mitigación M3	0.172	0.127	0.127

Fuente: elaboración propia con base en Pelgrims et.al., 2020.

2.2.2. Perfiles de consumo energético, consumo de agua y emisiones

Los perfiles de consumo de energía de los diferentes sectores se obtienen del Balance Energético Colombiano (BECO), tomando como referencia los consumos del año 2019. A continuación, se presenta para cada sector la matriz energética.

Transporte: el principal sector consumidor de energía en Colombia es el sector transporte. Éste demanda cerca del 42% del total de la energía en el país, con una participación en el consumo final de energía de 483 PJ (UPME, 2019b). El transporte consume principalmente gasolina, diésel y GNV. Otros energéticos como la electricidad tienen una participación muy baja.

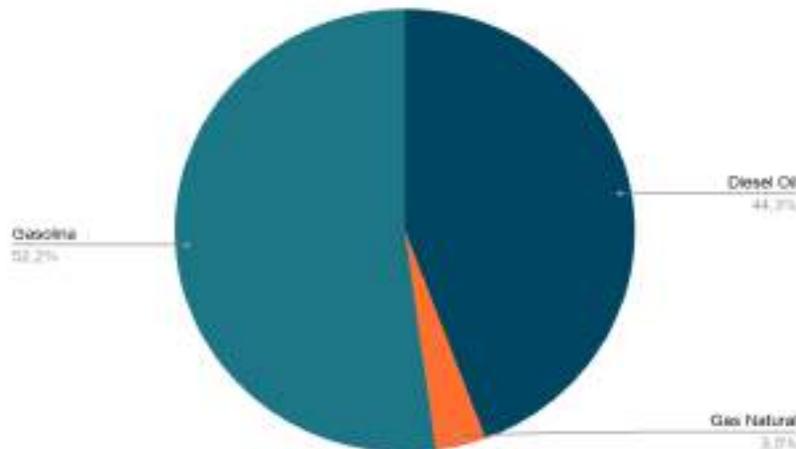


Figura 14. Consumo de energéticos del sector transporte.
Fuente: Elaboración propia a partir del BECO, 2019.

La relación entre la demanda de energía en transporte y las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) en el sector de las edificaciones está relacionada con las siguientes actividades y aspectos:

- Transporte de materiales: en donde los energéticos, tecnologías vehiculares, logística y condiciones de operación de las flotas tienen un impacto en la huella de carbono de las edificaciones.
- La planeación urbana es determinante en los patrones de movilidad de la población y por lo tanto es fundamental para reducir las emisiones GEI del transporte.
- El diseño de las edificaciones y la integración de sistemas de carga para vehículos eléctricos será un factor que habilite la entrada de este tipo de tecnologías para el transporte.

Industria: el sector industrial es el segundo consumidor de energía en el país, con una participación del 28% del consumo total y con un consumo final en 2019 de 324 PJ. El principal uso final de la energía es el calor directo (42%) e indirecto (45%) que representa un 87% de los usos finales¹⁴. Los principales energéticos consumidos son el carbón y el gas natural, seguidos por la electricidad y el bagazo (UPME, 2019b).

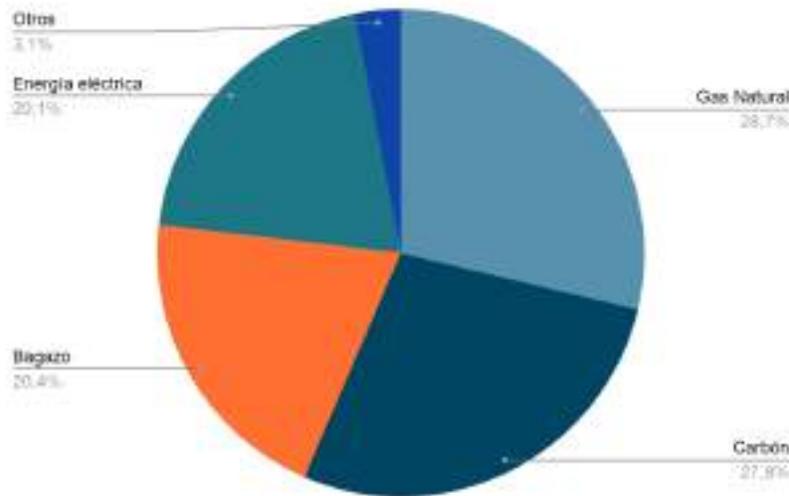


Figura 15. Consumo de energéticos del sector industrial.
Fuente: Elaboración propia a partir del BECO, 2019.

La demanda de energía del sector industrial y la participación de diferentes energéticos está directamente relacionada con la huella de carbono de los materiales que se fabrican en el país y por lo tanto con la huella de carbono de las edificaciones. Adicionalmente, una buena gestión de los residuos de construcción habilita prácticas como el reciclaje que a su vez puede generar una disminución de la huella de carbono de los materiales.

Sector residencial: el sector residencial representa el 22% del consumo final de energía en el país y un consumo final de 254 PJ. Las actividades con usos más intensivos son la cocción con un 66% (37% se realiza con Leña)¹⁵ y la refrigeración con un 15%, seguidos por otras actividades como la televisión, la iluminación, aire acondicionado, lavadora y calentamiento de agua.

¹⁴ Entre los subsectores que más contribuyen a este consumo se encuentran los minerales no metálicos (21 %) y coquización y refinería (15 %). La fuerza motriz representa el 11% del consumo energético del sector.

¹⁵ Corresponde de 1.6 millones de hogares equivalente al 11.2% de los hogares.

De acuerdo con el escenario de referencia de la NDC 2020, se estima que la demanda total de energía del sector residencial aumenta de 264,917 TJ en 2015 a 355,174 TJ y 516,111 TJ en 2030 y 2050, respectivamente. El consumo de energía de este sector es lo que determina las emisiones asociadas a la operación de las edificaciones del sector de vivienda.

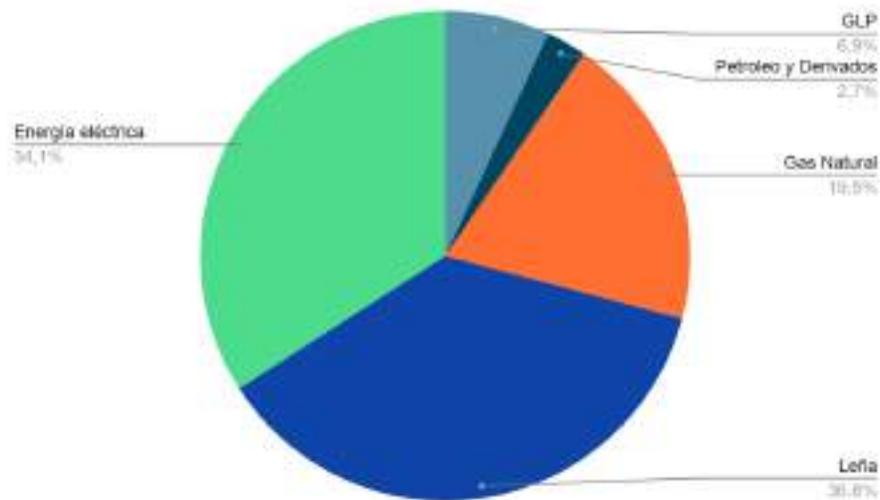


Figura 16. Consumo de energéticos del sector residencial.
Fuente: Elaboración propia a partir del BECO, 2019.

Tabla 15. Demanda energética por combustible para el sector residencial.

Combustible	Consumo de energía (TJ)		
	2015	2030	2050
Carbón	2,842	3,586	4,771
Gas Natural	45,021	66,257	101,743
Leña	117,731	136,188	165,908
GLP	16,749	22,390	31,606
Kerosene	425	513	651
Electricidad	81,729	126,240	211,432
TOTAL	264,497	355,174	516,111

Fuente: PMR Reporte escenario de referencia NDC Actualizada

Sector terciario: el sector terciario demanda el 7% de la energía en Colombia con un consumo final de 81 PJ en usos principalmente térmicos (calentamiento 28% y refrigeración 27%), seguidos por la iluminación 25.9% y el uso de electrónicos 15%. Los energéticos más utilizados son la electricidad y el gas natural.

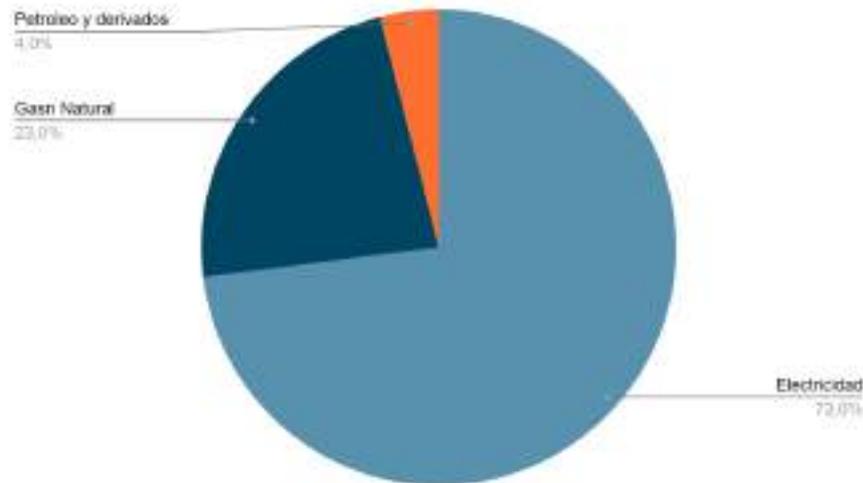


Figura 17. Consumo de energéticos del sector terciario.
Fuente: Elaboración propia a partir del BECO, 2019.

En el escenario de referencia de la NDC se estima un crecimiento de la demanda de energía del sector comercial de 60,048 TJ en 2015 a 94,623 TJ en 2030, con una tasa de crecimiento del 3.1% anual. La demanda en 2050 se proyecta como 181,135 TJ. En el sector público, se proyecta un crecimiento de 5,620 TJ en 2015 a 9,360 TJ en 2030 y 17,918 TJ en 2050.

Tabla 16. Consumo sectores comercial y público por energético. (TJ)

Consumo TJ	2015	2030	2050
Comercial	60,008	94,623	181,135
Gas Natural	12,252	19,755	37,817
GLP	2,948	4,753	9,099
Electricidad	44,808	70,115	134,219
Público	5,620	9,360	17,918
Gas Natural	3,194	5,400	10,337
Electricidad	2,426	3,960	7,580
TOTAL	65,628	103,983	199,053

Fuente: PMR Reporte escenario de referencia NDC Actualizada

La demanda energética de este subsector determina las emisiones por etapa de operación de las edificaciones con uso diferente al de vivienda. De acuerdo con el Plan Energético Nacional 2020-2050 (UPME, 2020) el incremento en cada uno de los sectores estaría dado por el crecimiento de la población (que explicaría un aumento en la demanda total de energía entre 21% y 48%), por cambios en los patrones de comportamiento en parte generados por un aumento en el ingreso per cápita de la población; y se esperaría por otro lado, que la disponibilidad de tecnologías en el mercado de mayor eficiencia energética lleven a una reducción de la intensidad energética en algunos segmentos de uso de la energía. La sustitución de equipos por unos de mayor eficiencia en los diferentes sectores (incluidos el residencial, terciario e industrial) permitiría ahorros entre el 25% y 45% del consumo energético actual. Es decir, que hoy en día se están utilizando equipos que no son de alta eficiencia energética, respecto a las mejores tecnologías ya disponibles en el mercado.

En los escenarios más ambiciosos al 2050 del PEN (Escenarios Inflexión y Disrupción) para el sector residencial se considera mayor uso de la electricidad, una reducción del consumo de biomasa, la sustitución total del petróleo y sus derivados, y la reducción en el uso de gas natural, respecto al consumo actual. Por su parte, estos escenarios para el sector de industria suponen una reducción en el uso de carbón, y un aumento en el uso de la electricidad.

Las emisiones calculadas en el escenario de referencia de la NDC para los sectores de interés de este documento se presentan en la tabla a continuación. Esas emisiones únicamente se refieren a las generadas en los sectores de consumo final, por lo que las emisiones de la generación eléctrica no se incluyen.

Vale la pena aclarar que no todas las emisiones de los sectores de transporte e industria están asociadas a las edificaciones. Por su parte, las emisiones de la etapa de operación de las edificaciones si incluyen todas las de los sectores residencial y terciario.

Tabla 17. Emisiones de GEI.

Sector	Emisiones anuales GEI (GgCO ₂ eq)		
	2015	2030	2050
Transporte	33,416	56,102	108,707
Industrial	12,563	21,419	41,002
Residencial	5,057	6,873	9,877
Terciario	1,059	1,721	3,295

Fuente: Elaboración propia a partir de PMR Reporte escenario de referencia NDC Actualizada.

2.3. Articulación del sector de la edificación con las políticas, estrategias y acciones de gobierno en cambio climático

2.3.1. Políticas, estrategias y acciones a nivel nacional

El sector de la edificación en Colombia se articula con diferentes políticas públicas, estrategias y acciones debido a las múltiples relaciones que estas generan con su entorno y con diversos sectores de la economía a lo largo de su ciclo de vida. En el país se cuenta con políticas e iniciativas orientadas a la adaptación y mitigación del cambio climático, tanto a nivel sectorial como a nivel territorial.

A nivel nacional, en 2017 el país aprobó mediante la Ley 1844 el “Acuerdo de París”, adoptado el 12 de diciembre de 2015 en París, Francia. Esta aprobación significa la ratificación del compromiso en reducción de emisiones GEI al año 2030, definido a través de la Contribución Nacionalmente Determinada. Se cuenta además con la Política Nacional de Cambio Climático aprobada en el 2017 y la Ley 1931 de Cambio Climático de 2018, en las cuales se establecen las directrices para la gestión del cambio climático en el país y donde se integran el Plan Nacional de Adaptación al cambio climático (PNACC) y La Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC), entre otros.

Se cuenta también con los Planes Integrales para la Gestión del Cambio Climático a nivel sectorial (PIGCCS) y territorial (PIGCCT). Estos últimos fueron revisados y actualizados recientemente, con el fin de integrarlos a la Contribución Nacionalmente Determinada, en su versión actualizada - NDC 2020, que es la principal estrategia del país para alcanzar las metas de mitigación y adaptación al cambio climático de mediano plazo (2030). Así mismo, las NDC se articulan con la Estrategia de Largo Plazo E2050 la cual busca definir la hoja de ruta hacia un desarrollo carbono-neutro hacia la segunda mitad de este siglo en coherencia con los escenarios definidos por la ciencia para evitar un incremento de la temperatura global en más de 2°C o 1.5°C.

La industria de la construcción, al ser uno de los grandes motores de la economía colombiana y por su participación (directa e indirecta) en la generación de emisiones GEI, jugará un papel fundamental en lograr los objetivos de dichas políticas, especialmente si se considera que muchos países en desarrollo, como Colombia, están construyendo rápidamente nuevas edificaciones, a medida que su población e ingresos aumentan, por lo que estas serán relevantes en liderar el esfuerzo hacia una economía baja en carbono.

Según el Global ABC, para lograr la descarbonización de los edificios nuevos y existentes es indispensable, que las políticas y regulaciones estén orientadas a cubrir el ciclo de vida de

las edificaciones, incluyendo las etapas de diseño, desarrollo (provisión de materiales y construcción), operación y deconstrucción, así como tener una incidencia más allá de los límites del edificio, en la planeación del entorno y en el suministro de energías limpias. Esto es primordial en Colombia porque el sector de las edificaciones es uno de los mayores consumidores de energía, representando el 29% de la demanda nacional (el 22% en el sector residencial, el 7% en el sector comercial y público, y el 0.03% en la construcción), genera el 10.5% del CO₂ y el 40% de los residuos. Adicionalmente, consume el 60% de los materiales extraídos de la tierra y genera, anualmente, más de 22 millones de toneladas de residuos de construcción y demolición (RCD). Adicionalmente la producción de materiales para la construcción es responsable de la producción anual del 20% de las emisiones de dioxinas y furanos a la atmósfera (DNP, 2018, Pg. 11).

Esto lo contempla el CONPES 3919, desde el cual se busca impulsar la inclusión de criterios de sostenibilidad para todos los usos y dentro de todas las etapas del ciclo de vida de las edificaciones que contribuyan a mitigar los efectos negativos de la actividad edificadora sobre el ambiente, mejorar las condiciones de habitabilidad y generar oportunidades de empleo e innovación.

Con respecto al tema de provisión de materiales, existen políticas públicas como el CONPES 3934, Política de Crecimiento Verde, que busca generar condiciones que promuevan nuevas oportunidades económicas basadas en el capital natural, fortaleciendo los mecanismos e instrumentos para optimizar el uso de recursos naturales y energía en la producción y en el consumo¹⁶; y la Estrategia Nacional de Economía Circular, que busca transformar las cadenas de producción y consumo en el país, por medio del manejo eficiente de materiales, agua y energía. Las estrategias en el sector de las edificaciones se basan en una nueva cultura y nuevos modelos de negocio, la transformación productiva y el cierre de ciclos de los materiales.

Por otro lado, existen acciones o proyectos que se desprenden o articulan con la NDC y que lideran los diferentes ministerios. El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo junto con el Ministerio de Transporte, lideran la NAMA de logística que busca disminuir las emisiones de GEI mejorando procesos de transporte de carga urbana y optimizando los diferentes procesos de logística; el Ministerio de Transporte lidera el programa de renovación y chatarrización del parque automotor de carga; la política de movilidad eléctrica, la Nama Tandem para promoción de transporte activo y gestión de la demanda, entre otras acciones para el transporte tanto de pasajeros como de carga;; el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y CAEM lideran la NAMA Industria, que plantea procesos de reconversión energética y optimización de procesos productivos para el sector de la manufactura, y el Ministerio de Minas y Energía junto con la UPME lidera los programas de eficiencia energética en diferentes sectores de consumo final; el Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial junto con el Ministerio de Transporte y Findeter lideran la NAMA de Desarrollo

¹⁶ La base técnica de esta política se establece en La Misión de Crecimiento Verde.

orientado al transporte sostenible. Estos son solo algunos de los ejemplos en acciones de mitigación de emisiones GEI que se vienen liderando desde los diferentes ministerios y otras entidades del gobierno.

En la etapa de operación de las edificaciones, es importante resaltar la normativa enfocada en eficiencia energética entre las cuales se destacan la Ley 1715 de 2014 (de la cual se deriva la Resolución 196 de 2020 a partir de la cual se puede acceder a los beneficios tributarios y contables que ofrece la ley), y la Resolución 41286 del Ministerio de Minas y Energía mediante el cual se establece el Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes no convencionales (PROURE), y se desarrolla el Plan de Acción Indicativo (PAI), donde se establecen metas de eficiencia energética para todos los sectores, contemplando acciones relevantes para cada uno. También es importante destacar el Plan Energético Nacional, el cual provee una visión a largo plazo y diferentes escenarios sobre el consumo y producción de energía en el país. Estos instrumentos son especialmente relevantes en términos de eficiencia energética para las edificaciones, pero también para los procesos de manufactura y construcción. Adicionalmente, en términos normativos existe la Resolución 549 de 2015 del Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, la cual establece los porcentajes mínimos y medidas de ahorro en agua y energía a alcanzar en las nuevas edificaciones, lo cual es un primer paso hacia edificaciones altamente eficientes. El PIGCCS de Vivienda, Ciudad y Territorio también establece metas y acciones frente a la reducción de consumos de agua y energía en las edificaciones, las cuales se incorporaron en la NDC.

Durante la operación, los edificios también producen una cantidad significativa de residuos tanto sólidos como líquidos (aguas residuales), los cuales al ser tratados y dispuestos generan emisiones GEI considerables. En este sentido, la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos sólidos (CONPES 3874) y el PIGCCS de Vivienda, Ciudad y Territorio, y Agua y Saneamiento Básico establecen acciones directas frente a la disminución de residuos; así mismo la NAMA de residuos sólidos municipales, liderada también por el Ministerio de Vivienda, busca disminuir la cantidad de residuos que se disponen en los rellenos sanitarios y mejorar los procesos de tratamiento para reducir significativamente las emisiones de GEI, aumentar el aprovechamiento y valorización de los residuos, reincorporar los materiales con potencial de reciclabilidad al ciclo económico, mejorar la salud de la población y generar modelos de economía circular.

También, debido al gran impacto que tienen las edificaciones en el entorno y en las ciudades, el sector se relaciona con el CONPES 3819 para consolidar el Sistema de Ciudades en Colombia, el CONPES 3718 de Espacio público, la estrategia de Ciudades 4.0 del MVCT, los Planes de Ordenamiento Territorial y acciones importantes como la NAMA Hábitat del MVCT, la NAMA DOT, y la NAMA MoVE del Ministerio de transporte, que buscan generar entornos sostenibles y bajos en carbono, mejorar la calidad del aire, aumentar los índices de espacio público y armonizar la relación de las ciudades con la estructura ecológica principal.

Muchas de estas acciones están incorporadas tanto en el PIGCCS de Vivienda y Saneamiento, y en la NDC 2020 de Colombia. A continuación, se presenta un compendio de las metas y acciones propuestas en la NDC que se relacionan con el sector de edificaciones.

Meta general:

Políticas	Nombre	Línea Base	Acciones o Metas 2030
NDC Actualizada	Meta de mitigación de Colombia	345.80 MtCO ₂ eq a 2030 (escenario de referencia)	169.44 MtCO ₂ eq a 2030 equivalente a una reducción del 51% Establecer presupuestos de carbono para el periodo 2020-2030 a más tardar en 2023. Reducir las emisiones de carbono negro del 40% respecto al nivel de 2014.

Construcción sostenible:

Políticas	Nombre	Línea Base	Acciones o Metas 2030
NDC Actualizada/ PIGCCS Vivienda, ciudad y territorio, y Agua y saneamiento básico	Construcción sostenible	Las emisiones directas del sector residencial corresponden al 2% de las emisiones nacionales totales	Generar lineamientos para el diseño y construcción de edificaciones sostenibles, logrando reducciones en el consumo energético, que permita reducir los GEI ligados al desarrollo de la vivienda y otras edificaciones, mediante 1) Reducción del consumo de gas natural y energía eléctrica en vivienda nueva sin incluir Vivienda de Interés Social y Prioritario (VIS y VIP) y 2) Reducción del consumo de gas natural y energía en edificaciones nuevas diferentes a vivienda. Potencial de mitigación: 0.09 MtCO ₂ eq 93,800 tCO ₂ eq. Distribuidos en; Emisiones directas: 6,000 tCO ₂ eq y Emisiones Indirectas: 88,000 tCO ₂ eq

Producción de Materiales:

Políticas	Nombre	Línea Base	Acciones o Metas 2030
NDC Actualizada	Promoción de proyectos de gestión de la energía y eficiencia energética en el sector de industria	21,419 GgCO ₂ eq	Proyectos sobre buenas prácticas operativas e implementación de mejoras en procesos energéticos y uso de energéticos de menor factor de emisión. Hasta 15% en la reducción de energía y/o emisiones en producción industrial, en el módulo correspondiente de demanda energía (1 A 2). Reducción de 1.67 MtCO ₂ eq

NDC Actualizada	Procesos de producción sostenible en el sector cemento	Uso de materiales alternativos en procesos térmicos del 7% 6.43 MtCO ₂ eq a 2030	Incremento del coprocesamiento (con residuos, materiales y subproductos) que permite la sustitución de demanda de energéticos fósiles en un 15% del valor total de consumo de las plantas. Reducción: 0.71 MtCO ₂ eq
NDC Actualizada	Gestión para el desarrollo integral de las ladrilleras		Incremento de la eficiencia energética con un crecimiento compuesto anual de 1.5% al 2030 Reducción: 0.92 MtCO ₂ eq

Transporte de materiales:

Políticas	Nombre	Línea Base	Acciones o Metas 2030
NDC Actualizada/ NAMA Logística	Gestión de proyectos para mejora de las operaciones logísticas		Fomentar en las empresas el mejoramiento de operaciones logísticas y de procesos relacionados con el manejo de productos con impacto en productividad y en sostenibilidad ambiental. El potencial anual de mitigación de la NAMA en el año 2030 se estima en reducción del 10% de las emisiones totales de transporte en 2030 y una reducción del 10 % de las emisiones totales por almacenamiento. Mitigación: 1,478 GgCO ₂ eq a 2030 y 58,573 GgCO ₂ eq acumuladas 2015- 2050.
NDC Actualizada	Implementación estándares de emisiones Euro IV y Euro VI para nuevos vehículos diésel		Las fuentes móviles terrestres con motor ciclo diésel que se fabriquen, ensamblen o importen al país, tendrán que cumplir con los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes al aire correspondientes a tecnologías Euro VI, desde el 2023. Reducción de 14 MtCO ₂
NDC Actualizada	Maquinaria nueva con estándar de emisiones Tier 4I para rubros de construcción e industrial		Nueva regulación indicando que, a partir del 2023, la maquinaria debe cumplir como mínimo con los estándares Tier 4 Interim o Stage IIIB, sin importar su año de fabricación
NDC Actualizada	Transporte multimodal: río y tren		Sustitución de una proporción del transporte de carga carretero por opciones multimodales como río-carretera; y tren-carretera. Sustitución de modo carretero por férreo, iniciando con 3.03 millones de toneladas transportada por el tren en 2021 a 4.3 millones de toneladas de carga por año en 2030. Sustitución de modo carretero por fluvial, iniciando con 3.02 millones de toneladas transportada por el río Magdalena en 2019 a 8 millones de toneladas de carga al año en 2030.

NDC Actualizada	Plan de Acción Sectorial de Mitigación Transporte/ Programa de Modernización de Transporte Automotor de Carga		En vehículos de más de 10.5 toneladas de peso bruto vehicular y más de 20 años de antigüedad. Modernización de 57,000 vehículos renovados entre 2015 y 2030. Mitigación: 1,028 GgCO ₂ eq a 2030 y 57,395 GgCO ₂ eq acumuladas 2015-2050.
-----------------	---	--	--

Energía:

Políticas	Nombre	Línea Base	Acciones o Metas 2030
NDC Actualizada/ PAS Energía eléctrica	Promoción de distritos térmicos para la sustitución de sistemas de enfriamiento en ciudades	Se realizó una distinción entre proyectos mixtos (electricidad y gas natural) y proyectos únicamente eléctricos. Siendo La Alpujarra el único distrito térmico mixto.	Reducción de emisiones de GEI asociadas al ahorro energético resultante de la sustitución de equipos de climatización antiguos e ineficientes, centralización de la generación y distribución de energía térmica (calor/frío), usos de energía residual, renovable o de fuentes térmicas directas disponibles, entre otros. Promoción de al menos 8 distritos térmicos en diferentes ciudades del país (5 ciudades principales y 3 intermedias). Potencial de mitigación: 19.49 GgCO ₂ eq
NDC Actualizada/ PIGCC Minas y energía	Eficiencia energética	Escenario de referencia a 2030: Emisiones por energía eléctrica: 10,423 MtCO ₂ eq	Optimizar el despacho de energía eléctrica, con el fin de promover el aumento de eficiencia en las centrales que permitan reducir emisiones de GEI de forma costo-efectiva: Rango reducción emisiones aprox: 0.96 – 1.2130 MtCO ₂ eq
NDC Actualizada/ PIGCC Minas y energía	Generación de electricidad	Escenario de referencia a 2030: Emisiones por energía eléctrica: 10,423 MtCO ₂ eq	Diversificar la matriz energética colombiana, la promoción de la autogeneración de energía mediante fuentes alternativas, y la transformación de la generación energética en las Zonas No Interconectadas. Rango de reducción aproximado: 4.7433 – 7.99 MtCO ₂ eq
NDC Actualizada/ PIGCC Minas y energía	Gestión de la demanda	Escenario de referencia a 2030: Emisiones por energía eléctrica: 10,423 MtCO ₂ eq	Reducir la diferencia de consumo de energía eléctrica entre horas pico y valle, gestionar la generación de energía eléctrica en horas valle a partir de fuentes no contaminantes, y promover la futura implementación de tecnologías tales como las redes inteligentes y las tarifas dinámicas. Rango aproximado: 0.22 – 2.0132 - MtCO ₂ eq

Operación Edificaciones:

Políticas	Nombre	Línea Base	Acciones o Metas 2030
NDC Actualizada/ PIGCCS Vivienda y Saneamiento	Gestión de las Aguas Residuales Domésticas	Proyectadas a 2030: 2.75 MtCO ₂ eq	Entrada en funcionamiento de al menos 6 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Contempla de manera integrada la gestión de biogás mediante quema y/o aprovechamiento en PTAR y la reducción de emisiones GEI a través del aumento en cobertura en el tratamiento de aguas residuales domésticas Potencial de mitigación: 0.02 MtCO ₂ eq
NDC Actualizada/ PIGCCS Vivienda y Saneamiento	Tratamiento de aguas residuales urbanas domésticas	La línea base del indicador es 42.85%	Alcanzar 68,61% del tratamiento de aguas residuales urbanas domésticas (2030).
NDC Actualizada/ PIGCCS Vivienda, ciudad y territorio, y Agua y saneamiento básico	Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales	Proyectadas a 2030: 13.50 MtCO ₂ eq	Gestión y promoción de Sistemas de Tratamiento Mecánico Biológico (TMB). implementación sobre la fracción orgánica de 2025: 3%, 2030: 5%. Reciclaje: 2021: 13%, 2022: 15%, 15% constante hasta 2030. Quema de biogás: porcentaje de biogás tratado en 2025: 1% y en 2030: 2%. En RS Doña Juana en 2025: 21% y en 2030: 26% Aprovechamiento de biogás: porcentaje de biogás generado y aprovechado en RS Doña Juana de 2025: 0.4%, 2030: 0.6%.
NDC Actualizada/PRO URE/ Plan energético Nacional/ PAS Energía eléctrica	Reducción de emisiones de GEI por el uso de productos sustitutos de las sustancias HFC		1. NAMA de refrigeración doméstica, 2. Promoción de Distritos Térmicos 3. Promoción de la gestión ambientalmente adecuada de bancos de productos sustitutos a las sustancias que agotan la capa de ozono (HFC) al final de su vida útil. 4. Otras acciones adicionales Reducción de emisiones de CO ₂ eq de cerca de un 11% al 2030 frente a un escenario tendencial. Reducción de 845.2 GgCO ₂ eq

NDC Actualizada/ PAS Energía eléctrica	NAMA de refrigeración (eficiencia energética). NAMA Neveras: reemplazo de 300,000 neveras en un periodo de 3 años	En 2015, las neveras domésticas emitieron aprox. 3.5 MtCO ₂ eq Se asume que en promedio un millón de neveras con un mejor refrigerante (R600a) entrarían al mercado, alcanzando así un recambio total en 2035.	Transformación de las líneas de producción nacional de refrigeradores; introducción al mercado de refrigeradores ambientalmente amigables al mercado; establecimiento de un programa nacional de sustitución de refrigeradores domésticos; y gestión de residuos de refrigeración. Aproximadamente 16.1 millones de neveras puestas en el mercado a 2030, con R-600a como refrigerante y con una ganancia en eficiencia aproximadamente del 52%. Gestión adecuada de 300,000 refrigeradores domésticos. A 2030 se obtiene una reducción acumulada de 25,027 GgCO ₂ eq, mientras que a 2050 esta es de 125,345 GgCO ₂ eq. La reducción por el NAMA neveras es de 3,143GgCO ₂ eq.
NDC Actualizada	Sustitución de estufas tradicionales de leña por eficientes		1,000,000 de estufas eficientes de cocción por leña (2021- 2030) Potencial de mitigación: 2.29 MtCO ₂ eq

Entorno:

Políticas	Nombre	Línea Base	Acciones o Metas 2030
NDC Actualizada/ PIGCCS Vivienda, ciudad y territorio, y Agua y saneamiento básico	Incorporación de adaptación al cambio climático en los instrumentos sectoriales.	Actualmente no existe ningún: - Lineamiento para la incorporación de CC articulados con la gestión del riesgo, para ser incorporados en los POT.	70% de municipios con medidas de adaptación al CC articulados con la gestión del riesgo de desastres para ser incorporados en POT Reducir la vulnerabilidad de los asentamientos localizados en zonas de alto riesgo mitigable en el 30% Recuperar el 50% de las zonas calificadas como de alto riesgo no mitigable según condiciones actuales y bajo escenarios de cambio climático Criterios de adaptación ante el cambio climático aplicables a edificaciones nuevas: 40% de edificaciones nuevas construidas con medias de adaptación.

NDC Actualizada/ NAMA MoVE	Movilidad Eléctrica (MoVE)	Vehículos eléctricos: 1,695 (2016)	Crear un entorno normativo y financiero que permita acelerar la transición hacia la movilidad eléctrica, con el fin de establecer estándares regulatorios y técnicos para la comercialización y operación de vehículos eléctricos. Meta: 600,000 vehículos eléctricos de las categorías: taxi (10%), vehículos de pasajeros-buses (5%), vehículos privados (5%), camiones ligeros (3%). los porcentajes son de reemplazo de la flota actual. Potencial de mitigación: 4.04 MtCO ₂ eq
NDC Actualizada/ NAMA DOT	NAMA Desarrollo Orientado al Transporte (DOT)	Dejar de usar flota así: Automóviles: 0.7%. Taxis: 0.6%. Buses:0.4%. Camión mediano: 0.01%: al 2050 dejar de usar flota así: 15% livianos, 8% taxis, 10% buses, 14% camiones medianos.	Recortar las emisiones anuales de gases de efecto invernadero (GEI) en 159 GgCO ₂ eq hacia el 2030 a través de cambios en el uso del suelo y los patrones de viaje.

Por último, al entender el sector de las edificaciones en todo su ciclo de vida se puede evidenciar que reúne en términos de política pública diversos sectores: Industria, vivienda, saneamiento, comercio, y transporte. Además, en términos normativos reúne desde temas de explotación minera (extracción de materiales), régimen forestal, vertimientos, régimen del aire, régimen de residuos sólidos, materiales peligrosos, planeación urbana y territorial, eficiencia energética, energías alternativas, cambio climático, ley tributaria, entre otros.

2.4. Sistemas de certificaciones

Los sistemas de evaluación y certificación de la sostenibilidad para los edificios son herramientas que permiten evaluar y clasificar de manera eficiente el desempeño ambiental, salud y confort de los edificios y su entorno construido.

Por su parte, los sistemas de etiquetado permiten realizar la identificación y garantizar la trazabilidad de un producto o materia prima en todo su ciclo de vida con propósitos ambientales, sociales o económicos.

La industria de la construcción es un sector con continuos cambios y desde hace unos años se ha convertido en tendencia la construcción sostenible, especialmente la generación de proyectos de alto desempeño y sostenibilidad integral. Una manera para visibilizar y materializar las metas de sostenibilidad en el sector son los sistemas de certificación para

desarrollos inmobiliarios. En el país se cuenta con certificaciones como: LEED, CASA Colombia, Fitwel, True, Well, Edge, HQE y Living Building Challenge. A continuación, se describen los más importantes y su impacto en Colombia.

Certificación LEED

Este sistema de certificación fue desarrollado por el Consejo de Construcción Sostenible de Estados Unidos (U.S. Green Building Council) y comprende un conjunto de normas sobre la utilización de estrategias encaminadas a la promover la sostenibilidad en varias categorías de edificaciones. Aborda particularmente medidas relacionadas con la eficiencia energética, el uso de energías alternativas, la mejora de la calidad ambiental interior, la eficiencia del consumo de agua, el desarrollo sostenible de los espacios libres de la parcela y la selección de materiales. Existen varios sistemas de evaluación dependiendo del uso y complejidad de los edificios, los principales son:

Green Building Design & Construction - BD+C

- Nueva edificación
- Núcleo y envolvente
- Colegios
- Grandes superficies (Retail)
- Hoteles
- Data Center
- Bodegas y centros de distribución
- Salud
- Vivienda y multifamiliares bajo (1 a 3 pisos)
- Multifamiliar

Green Interior Design & Construction - ID+C

- Interior comercial
- Grandes superficies (Retail)
- Hoteles

Green Building Operations & Maintenance - O+M

- Edificación existente
- Grandes superficies
- Colegios
- Hoteles
- Data Center
- Bodegas y centros de distribución

Green Neighborhood Development - ND:

Desarrollos o redesarrollos de proyectos de urbanización

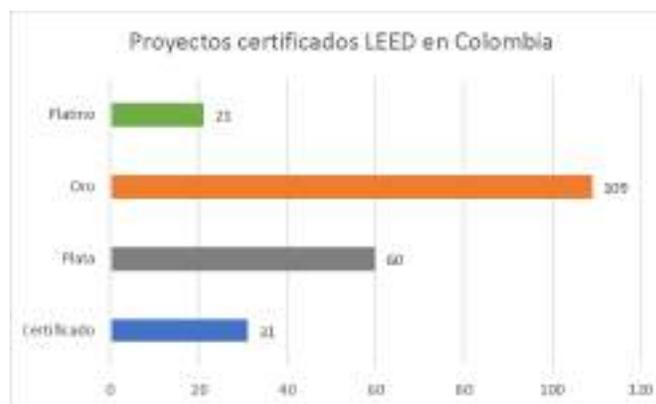
LEED for Residential: comprende los esquemas de vivienda unifamiliar, multifamiliar, y multifamiliar de tipo núcleo y envolvente. A la fecha se tienen cerca de 10 proyectos registrados en esta clasificación.

LEED for Cities and Communities: permite a los proyectos nuevos y existentes alcanzar objetivos en términos de sostenibilidad integral, y su comparación con otros proyectos de este tipo a nivel mundial.

En Colombia, LEED para Comunidades ha tenido un despliegue importante en los últimos dos años. A la fecha, se tienen cuatro proyectos registrados, de los cuales uno ya está certificado en diseño. Estos son Vivero Parque Residencial, Arboleda Campestre – El Zorro, Distrito Vera, y el último registrado como confidencial. Las zonas que tendrán altos estándares en su desarrollo suman más de 300 hectáreas, en proyectos tanto de expansión como renovación urbana, ubicados en Cali, Medellín e Ibagué.

LEED ZERO: reconoce los edificios o espacios que operan con cero emisiones netas de carbono, procedentes del consumo de energía y del transporte de los ocupantes. Esto por las emisiones de carbono evitadas o compensadas durante un período de 12 meses.

El país cuenta a finales de marzo de 2021 con 437 proyectos inmobiliarios registrados en el listado oficial de LEED desde el 2008. Dentro de los cuales 221 proyectos ya están certificados (ver Figura 18), y la gran mayoría alcanza el nivel Oro, siendo este uno de los que representa mayor desempeño de las edificaciones. Colombia ocupa el cuarto puesto en el liderazgo de proyectos registrados en Latinoamérica, estando después de Brasil, México y Chile.



*Figura 18. Proyectos certificados LEED en Colombia.
Fuente: CCCS, 2021.*

Dentro de los 221 proyectos certificados se encuentra que más de la mitad de ellos son en oficinas, un cuarto en comercio y solo el 3% en usos residenciales.

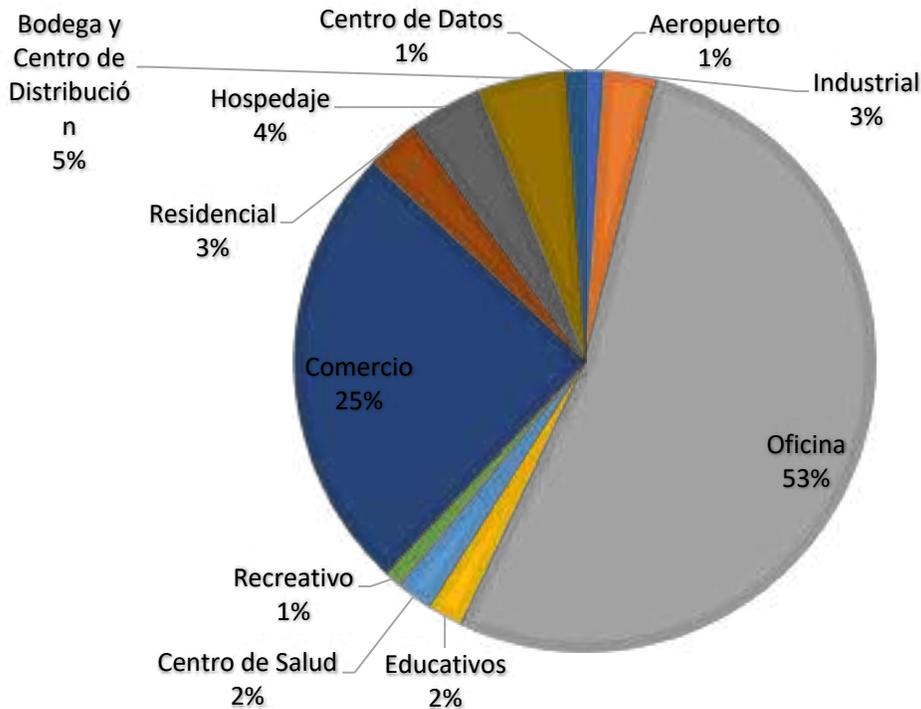


Figura 19. Proyectos certificados LEED en Colombia por uso.

Fuente: CCCS, 2021.

Certificación CASA Colombia

Este sistema de certificación promueve la construcción sostenible para la vivienda nueva, considerando las particularidades, necesidades y normatividad del contexto colombiano, enfocándose en las personas y su calidad de vida, generando entornos prósperos y saludables que respetan el medio ambiente.

CASA fue desarrollado en el 2017 por el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, con mesas técnicas para definir los lineamientos que harían parte del sistema de certificación, su valoración y ponderación. Desde ese año el sistema ha evolucionado y a la fecha las versiones vigentes son: para proyectos no VIS la v2.1, y proyectos VIS v1.1. Para los dos esquemas, la herramienta se basa en un sistema de puntos distribuidos a lo largo de siete categorías claves de la sostenibilidad integral (ver Figura 20).

La certificación CASA cuenta con 20 proyectos registrados, ubicados principalmente en Antioquia y Cundinamarca. De estos proyectos, cinco están certificados en diseño, uno certificado como tres estrellas, uno certificado como cinco estrellas y seis se encuentra pre-

certificados. El 60% del total de ellos es para Vivienda Social y 40% restante es para proyectos Vivienda No VIS.



Figura 20. Categorías de la sostenibilidad – Certificación CASA Colombia.

Certificación WELL

WELL Building Standard, es una certificación que se basa en la evidencia del impacto de los edificios en la salud humana. WELL establece los requisitos de rendimiento mínimo para aire, agua, alimentación, luz, ejercicio, confort y mente.

Estos requisitos de rendimiento mínimo abordan la salud en el diseño, construcción, y operación y mantenimiento de los edificios de manera integral. Un proyecto WELL puede ofrecer los siguientes beneficios:

- Mejores ambientes para los usuarios,
- Mejor imagen ante clientes y visitantes
- Incremento de la productividad de las personas
- Mayor retención de empleados en espacios laborales

Para esta certificación existen hoy en día nueve proyectos, la mayoría de ellos ubicados en Bogotá. Dos de ellos son para interiores existentes y nuevos tres para el tema de salud y seguridad, el resto en WELL Core.

Certificados HQE™

La certificación HQE abarca todo el ciclo de vida de un edificio, así como planificación y desarrollo urbano y busca aumentar el rendimiento global de un edificio y evaluar su impacto en energía, medioambiente, salud y confort, para garantizar el confort de las

personas, y optimizar su rentabilidad. Esta certificación otorga una importancia adicional al análisis del ciclo de vida en una escala de construcción.

Existen siete Proyectos certificados HQE™ en Colombia, dentro de los cuales hay dos para viviendas sociales, dos para viviendas no VIS, La mayoría de ellos se ubica e las afueras de Bogotá en Madrid, Cundinamarca.

Certificado FitWell

FITWEL es una certificación desarrollada por el Departamento de Salud y servicios Humanos de Estados Unidos (U.S. Department of Health & Human Services - HHS). Este es el sistema de certificación se enfoca en optimizar los edificios para mejorar la salud de los ocupantes y visitantes. FitWEL ha seguido el principio de la certificación WELL de las categorías básicas, pero con un enfoque mucho más reducido, su enfoque es menos estricto y más flexible reflejándose en los créditos.

Existen en Colombia dos proyectos en proceso de certificación FITWEL® en Colombia, uno de ellos aun no es público.

Certificado EDGE

EDGE es una certificación desarrollada por la Corporación Financiera Internacional (IFC), miembro del Grupo del Banco Mundial. EDGE se enfoca en medidas prácticas de ahorro de energía, agua y materiales que pueden ayudar a mejorar el desempeño del edificio con poco o ningún sobre costo.

Para esta certificación existen 58 proyectos registrados en las principales ciudades del país, especialmente en Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla. 49 proyectos son residenciales, dos son oficinas y el restante para otro tipo de proyectos inmobiliarios.

Certificado Living Building Challenge

Este certificado fue creado en 2006 por el International Living Future Institute sin fines de lucro. Como muchos de los otros certificados promueve la sostenibilidad en el entorno construido enfocándose en las siguientes cualidades regenerativas que conecten a los ocupantes con la luz, el aire, la comida, la naturaleza y la comunidad, de autosuficiencia en donde los edificios vivos produzcan más energía de la que usan a la vez que recolectan y tratan agua, con cualidades saludables al crear un impacto positivo en los sistemas humanos y naturales que interactúan con ellos.

Cuenta con siete áreas de rendimiento llamadas **Pétalos**. Cada pétalo se subdivide en Imperativos, que abordan problemas específicos a través de requisitos detallados. La certificación se evalúa con base en las 7 categorías: 1) Lugar; 2) Agua; 3) Energía; 4) Salud;

5) Materiales; 6) Equidad; 7) Belleza. Existen solo 3 proyectos registrados Living Building Challenge en Colombia (ver Figura 21).

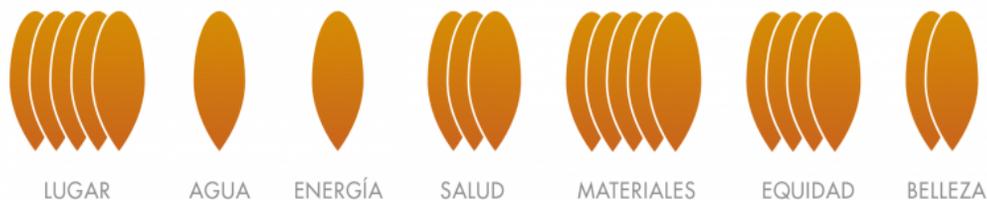


Figura 21. Áreas de rendimiento - Certificado Living Building Challenge.

Certificado TRUE

La certificación TRUE tiene como objetivo promover la implementación de políticas de cero residuos en empresas, con el fin de evaluar el desempeño en la reducción desperdicio y maximización de la eficiencia de los recursos, llegando incluso a tener fuentes de ingresos adicionales por esta gestión. A la fecha el país cuenta con un proyecto certificado que se mantiene confidencial.

En la Tabla 18 se resumen y comparan los diferentes criterios de los sellos y certificaciones más activos en Colombia.

Tabla 18. Comparación entre los sellos más utilizados en Colombia.

Criterios	CASA	EDGE	LEED	HQE
Niveles de Certificación	Bueno	Certificado	Certificado	Pasa
	Muy Bueno	Advanced	Plata	Bueno
	Sobresaliente		Oro	Muy bueno
	Excelente		Platino	Excelente
	Excepcional			Excepcional
Aproximación	Certificación Multiatributo	Eficiencia en Recursos	Certificación Multiatributo	Certificación Multiatributo
Tipo de Sistema	Desempeño Cuantitativo	Prescriptivo Cuantitativo	Desempeño Cuantitativo	Desempeño Cualitativo
Desarrollador	Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS)	International Finance Corporation (IFC)	United States Green Building Council (USGBC)	Alliance HQE – France Green Building Council
Socio Local	No Aplica	CAMACOL	CCCS	-
Certificación y Auditoría	Bureau Veritas	SGS	GBCI	CERWAY

Proceso de Certificación	Registro, Precertificación, Revisión de Diseño, Revisión de Construcción, Auditoría en Sitio	Registro, Revisión de Diseño, Revisión de Construcción, Auditoría en Sitio	Registro, Precertificación (CS), Revisión de Diseño, Revisión de Construcción	Registro, Auditoría Preproyecto, Auditoría de Diseño, Auditoría de ejecución
Soporte de las estrategias	Documentación de los procesos de diseño (Planos y memorias de cálculo), Documentación de los procesos de construcción (Planos, fichas técnicas, informes de seguimiento (reg. fotográfico))	Documentación de los procesos de diseño (Planos y memorias de cálculo), Documentación de los procesos de construcción (Planos, fichas técnicas, ordenes de compra)	Documentación de los procesos de diseño (Planos y memorias de cálculo), Documentación de los procesos de construcción (Planos, fichas técnicas, informes de seguimiento (reg. fotográfico))	Documentación de los procesos de diseño (Planos y memorias de cálculo), Documentación de los procesos de construcción (Planos, fichas técnicas, informes de seguimiento (reg. fotográfico))
Tipo de Requerimientos	Lineamientos Obligatorios	Medidas de Eficiencia	Prerrequisitos (Obligatorios)	Prerrequisitos (Obligatorios)
	Lineamientos Opcionales (Puntos)	Estrategias independientes asociadas a un porcentaje de ahorro	Créditos (Puntos)	Desempeño (Puntos)
Soporte Local	Técnico (CCCS)	Técnico (IFC)	Técnico (CCCS y USGBC) Comercial (GBCI Colombia)	-
	Comercial (CCCS)	Comercial (CAMACOL)		
Designaciones Profesionales	Profesional CASA (172) Profesional Avanzado CASA (8)	EDGE Expert (95)	Green Associate (86)	HQE Certification Référent (2)
Prof. En Colombia			LEED AP (60)	
			LEED Fellow (3)	
Evalúa aspectos del entorno, el paisajismo y el urbanismo	✓	✗	✓	✓
Valora la implementación de estrategias de sostenibilidad durante el proceso constructivo	✓	✗	✓	✓
Valora las estrategias de Responsabilidad Social del Constructor	✓	✗	(Opcional)	✗
Valora las estrategias orientadas para involucrar al usuario final	✓	✗	✓	✓
Promueve los procesos de comisionamiento	✓	✗	✓	✓
Valora el proceso integrativo de Diseño	✓	✗	✓	✓
Proyectos en Colombia	✓	✓	✓	✓
Evalúa aspectos de la Resolución 549/2015 (Ahorro de Agua y Energía)	✓	✓	✓	✓
Evalúa aspectos de la Resolución 472/2017 (Gestión de Residuos Sólidos de Construcción y Demolición)	✓	✗	✓	✓
Evalúa aspectos de la Resolución 631/2015 (Vertimientos a los sistemas de alcantarillado público)	✓	✗	✓	✓

<p>Evalúa aspectos de la Resolución 196/2020 (Incentivos tributarios por eficiencia energética y gestión eficiente de la energía)</p>	<p>Si. En CASA al ser un sistema de desempeño, todos los elementos que generen eficiencia energética y gestión de la energía y que se incluyen en la modelación energética son susceptibles de beneficio. Incluso el mismo servicio de Modelación Energética</p>	<p>Si. El beneficio tributario total que se obtiene depende del alcance de cada uno de los sistemas de certificación. En EDGE al ser un sistema de medidas prescriptivas de eficiencia solo se obtendrá beneficio por las que se incorporen y contemple la herramienta.</p>	<p>Si. En LEED al ser un sistema de desempeño, todos los elementos que generen eficiencia energética y gestión de la energía y que se incluyen en la modelación energética son susceptibles de beneficio. Incluso el mismo servicio de Modelación Energética</p>	<p>Si. El beneficio tributario total que se obtiene depende del alcance de cada uno de los sistemas de certificación. En HQE al ser un sistema de medidas de desempeño cualitativas solo se obtendrá beneficio por las estén directamente relacionadas a los sistemas de energía</p>
---	--	---	--	--

2.5. Finanzas climáticas

Uno de los medios habilitantes para promover la implementación de acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, es la movilización de financiamiento a través de fondos internacionales, regionales, nacionales y privados. La hoja de ruta para el acceso a estos recursos está trazada en la Estrategia Nacional de Financiamiento Climático, la cual fue creada por el Comité de Gestión Financiera (CGF) del Sistema Nacional de Cambio Climático en Colombia, el SISCLIMA. El CGF es la instancia de coordinación de acciones público-privadas sobre el financiamiento climático y la encargada de formular y orientar la implementación de la Estrategia Nacional de Financiamiento Climático.

Esta estrategia tiene como objetivo identificar caminos que permitan movilizar de manera sostenible y escalable recursos para alcanzar los objetivos de la Política Nacional de Cambio Climático. Cuenta con dos líneas estratégicas y dos transversales:

- Línea estratégica 1: Desarrollo de instrumentos económicos y financieros
- Línea estratégica 2: Gestión y acceso a fuentes de financiamiento
- Línea transversal 1: Generación y fortalecimiento de capacidades
- Línea transversal 2: Gestión del conocimiento y la información

La Línea Estratégica 1 busca la creación de instrumentos que incorporen las externalidades del cambio climático mediante la reglamentación y uso de los recursos provenientes del impuesto al carbono, dinamizar el mercado voluntario de carbono, apoyar la implementación de la hoja de ruta para el desarrollo de un sistema de comercio de

emisiones y consolidar al CGF como instancia de coordinación interinstitucional para el desarrollo del sistema. Para este último punto se ha buscado vincular al CGF al Ministerio de Minas y Energía por tener a su cargo el FENOGE, a Fasecolda para involucrar al sector de seguros, a la Unidad Nacional de Gestión de Riesgos y Desastres la cual gestiona los recursos de adaptación y al Consejo Privado de Competitividad (CPC).

La Línea Estratégica 2, pretende atraer y dirigir fuentes públicas domésticas, fuentes públicas internacionales y fuentes privadas. Los recursos públicos domésticos se gestionan mediante estrategias como la integración de criterios de cambio climático en proyectos de Asociación Público-Privada (APPs) y en proyectos del sistema general de regalías. También se gestionan a través del Fondo Colombia Sostenible¹⁷, dentro del gasto presupuestal de los ministerios, territorios, el FONAM (medidas de mitigación) y el Fondo de Adaptación (medidas de adaptación).

Las fuentes públicas internacionales, se atraen principalmente a partir de fondos de cooperación internacional incluido el Fondo Verde del Clima (Green Climate Fund). El país cuenta con un programa y un cuerpo colegiado (interinstitucional) que traza la hoja de ruta para el acceso a los recursos del Fondo Verde. Esto garantiza que los proyectos a presentar respondan a las necesidades priorizadas en el país y cumplan con los requisitos para su postulación. Las principales fuentes de cooperación multilaterales, agencias y programas con los que se ha visto beneficiado el país para proyectos de Cambio Climático que involucran al sector de las edificaciones y al entorno construido son¹⁸:

- Banco Mundial: Su misión se centra en contribuir al crecimiento sostenible del país mediante el apoyo a una mejor infraestructura; al mejoramiento de la competitividad, promoviendo ajustes financieros; al desarrollo del sector privado; al manejo sostenible del medio ambiente y de los recursos naturales, a la prevención y manejo de desastres naturales entre otros; acciones apoyadas en fondos globales y regionales. Estos fondos fueron constituidos por iniciativa multilateral para atender problemas específicos globales o regionales como el *Global Environment Facility* (GEF) para financiar proyectos enmarcados en el Protocolo de Montreal, esquemas sostenibles de financiación de vivienda y micro-financiación accesible a la población con menores ingresos.
- Banco Interamericano de Desarrollo BID: Ha hecho especial énfasis en la protección y gestión medio ambiental; el desarrollo social, la protección y la generación de ingresos para población vulnerable, busca mejorar la gobernabilidad del país y apoyar el proceso de modernización del Estado.

¹⁷ El Fondo Colombia Sostenible cuenta con financiamiento por parte de Noruega, Suecia y Suiza, con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

¹⁸ Esta información se extrae de: [MinAmbiente: fuentes de cooperación.](#)

- Corporación Andina de Fomento CAF: Promueve y financia programas y proyectos que contribuyan al cumplimiento de los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo de los países. Por ejemplo, ha generado apoyo a la estrategia nacional de producción más limpia a través del "Programa Industrias más Limpias".
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL): Apoya la integración de la estrategia de agenda hábitat con Agenda XXI; contribuye al desarrollo del plan de acción sobre asentamientos humanos; al intercambio de experiencias sobre vivienda y desarrollo urbano y a reducir las condiciones de vulnerabilidad en áreas edificadas; igualmente a mejorar la calidad de vida a través de los programas habitacionales y de desarrollo de los asentamientos humanos.
- Cities Alliances con el apoyo de UN-hábitat: Tiene como propósito implementar la estrategia de desarrollo urbano; contribuyendo al mejoramiento integral de los barrios marginales y vulnerables y relocalizando y mejorando los asentamientos humanos en zonas de alto riesgo, entre otros.
- Comisión Europea CE a través del Programa URB-AL: Sobre redes de desarrollo urbano local, promoviendo la cooperación entre ciudades de Europa y América Latina, mediante la difusión, adquisición y aplicación de buenas prácticas en políticas urbanas.
- Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal: El fondo está dedicado a revertir el deterioro de la capa de ozono del planeta. Fue establecido en 1991 para apoyar a los países en desarrollo a cumplir con sus compromisos derivados del Protocolo de Montreal.
- Organización de Estados Americanos (OEA): Ejecución de proyectos que incluyen países múltiples en temas diversos tales como Manejo Integrado de Recursos Hídricos, Energía y Mitigación del Cambio Climático, Manejo del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático, Biodiversidad y gestión sostenible del suelo y Derecho Ambiental, política y Gobernabilidad.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD): En Colombia, el PNUD trabaja con el gobierno nacional, con gobiernos regionales y locales, con la sociedad civil y con comunidades en tres grandes temas: Cambio Climático, Gestión Integral de la Biodiversidad y Manejo de Contaminantes. Más específicamente, las líneas de trabajo del PNUD en Colombia son las siguientes: (1) Incidencia en políticas públicas, (2) Fortalecimiento de capacidades, (3) Generación de conocimiento e información, (4) Sensibilización a la comunidad, (5) Cambios en terreno Implementación de convenciones de la ONU.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UINC): Implementación de las estrategias de desarrollo ambiental y humano sostenible, conservación y uso sostenible de la biodiversidad, así como la implementación de estrategias para la

conservación de ecosistemas hídricos regionales, cuencas, humedales, reservorios de aguas continentales y ecosistemas marinos y costeros; conservación de áreas protegidas y bosques tropicales; gestión ambiental urbana.

- UN-HABITAT Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos: Este programa de cooperación apoya desde hace muchos años a Colombia; promoviendo en el desarrollo de programas de vivienda de interés social, la provisión de agua potable y saneamiento básico en armonía con el medio ambiente para los barrios más pobres y asentamientos humanos más vulnerables.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO): Su principal énfasis es la gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos continentales y marinos como estructuras de soporte de la vida y de los procesos de desarrollo; igualmente la formulación de políticas sobre ciencia, tecnología y cultura; el fomento de la ciencia y las tecnologías apropiadas para viabilizar el desarrollo sostenible, el aprovechamiento y la gestión de los recursos naturales, la preparación de recursos humanos para los casos de catástrofe y la mitigación de sus efectos y la búsqueda de fuentes de energía renovables.
- Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF): Los programas de cooperación están orientados a la conservación de la biodiversidad, desarrollo sostenible, cambio climático, bosques, conservación marina, protección y conservación de los bosques tropicales, entre otros.

Las fuentes privadas se atraen mediante proyectos de colaboración público-privados y de inversión. Cabe resaltar que en Colombia desde el 2012 se firmó el Protocolo Verde un acuerdo entre el Gobierno y el Sector Financiero para facilitar la unión de esfuerzos con el objetivo de incorporar y facilitar políticas y prácticas responsables encaminadas hacia la protección del medio ambiente que faciliten el desarrollo sostenible. El Protocolo definió cuatro estrategias que se basan en construir capacidades y compartir buenas prácticas tanto nacionales como internacionales: productos y servicios verdes, análisis de riesgos ambientales y sociales; ecoeficiencia y divulgación. Bajo la estrategia de productos y servicios, actualmente, se avanza en un proyecto llamado Pilotos de Innovación Financiera, que tiene como meta generar esquemas innovadores de negocio e inversión. La vivienda y la construcción hacen parte de las iniciativas priorizadas de los sectores para la innovación.

En 2018 se firmó el protocolo verde ampliado que cuenta con el apoyo de la Federación de Aseguradores Colombianos (Fasecolda), la Asociación de Comisionistas de Bolsa (Asobolsa), Asofiduciarias y Asomicrofinanzas.

La Ley de cambio climático creó el Programa de cupos transables y se definieron sus condiciones en particular al disponer que no son revocables. Esta Ley también determina que se destinará el 1% del Fondo Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema general de regalías a la financiación de proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático. En la

reciente reforma se destina un 10% a ciencia, tecnología e innovación, de eso, dos puntos como mínimo a asuntos relacionados o con incidencia sobre el ambiente y el desarrollo sostenible y se asignan recursos para la conservación de las áreas ambientales estratégicas y la lucha nacional contra la deforestación (Cadena et al., 2020).

Para apoyar el proce de acceso a fuentes de financiación, el CGF creó un directorio de fuentes de financiamiento públicas, internacionales y privadas. Este documento y otros recursos están disponibles para consulta a través de [este enlace](#).

Las líneas transversales 1 y 2 del CGF han incluido entre otras actividades el desarrollo del sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) de los flujos del financiamiento climático en Colombia¹⁹. Este se encuentra alineado con el MRV Nacional de cambio climático y es manejado por el CGF del SISCLIMA. Consiste en procesos de gestión de información para el seguimiento y reporte de flujos del financiamiento climático doméstico, público internacional y privado en Colombia.

Finalmente, es importante agregar que la Superintendencia Financiera de Colombia emitió en 2020 la Guía de Buenas Prácticas para la emisión de bonos verdes en Colombia, que promueve principios de integridad, transparencia y divulgación, de acuerdo con el mercado de valores del país. Esta guía se complementa con la Circular 028 de 2020, de esta misma entidad, y que tiene como objetivo incluir las recomendaciones de la Guía dentro del ordenamiento jurídico nacional. Así mismo, esta Superintendencia junto con el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, y otros actores del sector financiero, se encuentran en proceso de elaboración de la Taxonomía y los criterios para el financiamiento de los bonos verdes en Colombia, que permitirá definir los sectores, actividades y políticas que contribuyen a una economía más limpia y socialmente sostenible, los criterios de elegibilidad para dicho financiamiento, y los indicadores con los que medir el impacto en la sostenibilidad y reportar dichos avances a los inversionistas.

¹⁹<http://mrv.dnp.gov.co/>

Capítulo 3: Descripción del estado actual por componentes

3.1. *Provisión de materiales y aprovechamiento*

3.1.1. Contexto y caracterización

El sector de las materias primas constituye un factor de desarrollo económico importante para Colombia. Según el programa de Materias Primas y Clima (MaPriC) de la GIZ, este sector representa aproximadamente el 8% del producto interno bruto (PIB) y emplea a aproximadamente 750,000 personas. Especialmente se extraen petróleo, gas natural y carbón, así como, en menor medida, minerales y metales. El sector de las materias primas es responsable de aproximadamente el 34% de todas las emisiones de GEI de Colombia (GIZ, 2020). De acuerdo con el actual Plan Nacional de Desarrollo, la contribución del sector de las materias primas al PIB debe incrementarse en casi un 10%. No obstante, esto deberá realizarse a la vez que se disminuye la emisión de GEI. En la extracción y la transformación de materias primas se deberán tomar en mayor consideración las necesidades ambientales.

En Colombia la producción de materiales de construcción ha crecido de manera constante desde el 2010. En el 2016 se produjeron 141 millones de toneladas de las cuales cerca de 81 millones (57%) se produjeron de manera informal (Asogras, 2017). Por otro lado, la Estrategia Nacional de Economía Circular afirma que en Colombia se consumen aproximadamente 100 millones de toneladas²⁰ de materiales de construcción de los cuales 91.5 millones de toneladas (91%) representan las edificaciones, viviendas y obras civiles ejecutadas en el país, el 2% es exportado como productos para construcción, y el 7% de los materiales (7.4 millones de toneladas) son considerados como escombros resultantes de las obras de construcción (MADS & MCIT, 2019, Pg.64). De acuerdo con este estudio, la industria de la construcción consume el 60% de los recursos naturales no renovables extraídos de la tierra.

En 2019 el sector de los materiales de construcción presentó la cifra más alta desde 2010 llegando a los 27 millones de m³ (Agencia Nacional de Minería, 2020). A 2020 se esperaba que la producción fuera de 160 millones de toneladas. Sin embargo, a raíz de la pandemia por COVID-19 en el año 2020, dicha demanda se contrajo. Entre las cifras del sector, se espera que para el 2026 exista una demanda de materiales de construcción de 210 millones de toneladas²¹ (Asogras, 2020).

²⁰ Este dato es el 2006-2007 y proviene del estudio: REALIZAR UN ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE REUTILIZACIÓN DE MINERALES EN COLOMBIA Y DEFINIR ESTRATEGIAS ORIENTADAS A FOMENTAR SU APROVECHAMIENTO POR PARTE DE LA INDUSTRIA EN EL PAÍS BAJO EL ENFOQUE DE ECONOMÍA CIRCULAR, de la UPME, 2018.

²¹ Promedio por año al 2026.

Los materiales de construcción son responsables también de considerables impactos ambientales. A nivel mundial, la construcción y demolición de edificaciones genera alrededor de un tercio del consumo de materiales y de la producción de desperdicios (Global ABC, 2020). La construcción de edificaciones abarca etapas determinantes para garantizar el cierre efectivo de los materiales por lo que su análisis es fundamental en el marco de este proyecto. Como resultado de los procesos involucrados en cada etapa del ciclo de vida de las edificaciones se generan diferentes impactos ambientales (emisiones de GEI y consumo de recursos) asociados a los materiales utilizados; se priorizan los siguientes procesos en el análisis: 1. Extracción de materias primas e incorporación de materias primas aprovechadas; 2. Producción de materiales y manufactura de productos; 3. Transporte; 4. Uso y mantenimiento; 5. Deconstrucción. Se seleccionan ocho materiales para su análisis tomando en cuenta su importancia dentro de los proyectos de construcción en el país: cemento, concreto, acero, plástico, vidrio, productos cerámicos, ladrillo y madera.

3.1.1.1. Cemento y concreto

Extracción: Las principales materias primas utilizadas para la elaboración de cemento son caliza cementera, yeso natural, arcilla y puzolanas. De acuerdo con el Estudio en la intensidad de utilización de materiales y economía circular en Colombia para la Misión de Crecimiento Verde²², la caliza utilizada para la elaboración de cemento tiene origen nacional y, con respecto a su consumo, las cifras correspondientes indican que en el año 2017 se utilizaron 15 millones de toneladas de este material en una proporción de 1.23 t / t de cemento. Se utilizaron 618 mil toneladas de yeso natural y puzolanas en una proporción de 0.05 t / t de cemento. De acuerdo con este estudio la totalidad del yeso empleado en el país es importado.

En cuanto al clinker, según estudios realizados por Procemco para la elaboración de la hoja de ruta del cemento en Colombia, en 2015 se produjeron en Colombia 8.43 millones de toneladas y se importaron 811 mil toneladas. El total de clinker consumido en 2015 para la producción de cemento fue de 8.16 millones de toneladas, para una relación promedio de 0.68 toneladas de clinker por tonelada de cemento (Procemco & FICEM, 2021, Pg.95).

A nivel nacional se reportan diferentes prácticas que han permitido reducir la proporción clinker/cemento hasta alcanzar valores de 0.66 gracias al uso de materiales alternativos en diversas plantas de producción de cemento en el país²³. En cuanto a la matriz energética

²² Disponible para descarga en [este enlace](#).

²³ Algunos ejemplos:

Cemex reporta un factor de 0.66 (pág 46): <https://www.cemexcolombia.com/documents/45752949/45757628/cemex-colombia-informe-sostenibilidad-2015.pdf/c2eeafb5-d1fe-cc35-0543-4bad233fc750>

Holcim reporta como meta global para el 2030 un nivel de 0.68:

<https://www.lafargeholcim.com/cemento-maestro>

Argos tiene metas de sustitución de clinker con materiales alternativos en plantas en Colombia (pág 13):

<https://argos.co/documents/en/sustainability/climate-change-indicators.pdf>

que se utiliza para la producción de cemento, también se evidencian acciones de sustitución por energéticos de menor intensidad de carbono²⁴.

Respecto al concreto, las materias primas utilizadas para su elaboración incluyen principalmente cemento, gravas, arena y agua. Sobre la extracción de los agregados, de acuerdo con el estudio realizado por Tecnalía, es posible considerar que son producidos en el país en su totalidad (Tecnalía, 2017, Pg.80).

Producción: De acuerdo con las cifras del DANE en el 2019 se produjeron 13 millones de toneladas de cemento gris en el país y se despacharon 12.5 millones de toneladas. En el año 2020 la producción disminuyó a 11.8 millones de toneladas a causa de la pandemia y las cuarentenas generalizadas, y los despachos nacionales fueron de 11.2 millones de toneladas. La producción en el 2015, escenario de referencia de la Hoja de Ruta de la Industria de Cemento en Colombia, fue de 13 millones de toneladas (Procemco y FICEM, 2020, Pg.9). A continuación, se resumen los principales indicadores relacionados con la producción de cemento en el país:

Tabla 19. ESTIMACIÓN DE EMISIONES CO2 2015.

Indicador	2015
Producción Cemento DANE (t) (91,5% clinker Nacional+8,5% importado)	13.046.717
Producción cemento en plantas integradas (horno+molienda)	12.408.131
Producción cemento con Clinker nacional	11.941.436
Consumo Clinker (t)	8.167.440
Clinker importado (t)	811.064
Relación Clinker/Cemento	0,68
Emisiones Directas Brutas Alcance 1 CO2/ cementitious (t)	0,6
Emisiones totales directas CO2 (t) producción cemento	7.164.861,60
Emisiones BAU CO2 (t) (2010) producción cemento	8.600.222
Reducción 2010-2015	16,70%
Consumo Térmico (MJ/t)	3.885
Tasa de Coprocesamiento	7,50%
Kwh por t de cemento	101

Fuente: Reporte Hoja de Ruta FICEM auditado PwC información suministrada por las empresas 2015, Legiscomex; DANE. Procemco & FICEM, 2020.

²⁴ Algunos ejemplos:

Cemex reporta una tasa de uso de 26.4% de combustibles alternativos (pág 5):

<https://www.cemexcolombia.com/documents/45752949/45757628/cemex-colombia-informe-sostenibilidad-2015.pdf/c2eeafb5-d1fe-cc35-0543-4bad233fc750>

Holcim reporta metas al 2030 en sustitución de energéticos:

<https://www.holcim.com.co/net-zero>

Argos tiene metas de sustitución de energéticos para reducción de emisiones GEI en plantas en Colombia (pág 13):

<https://argos.co/documents/en/sustainability/climate-change-indicators.pdf>

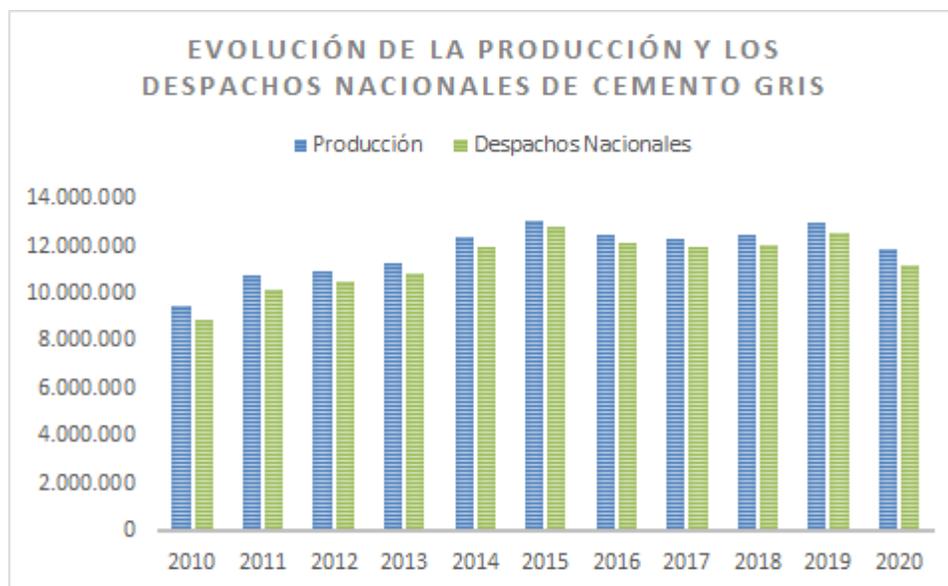


Figura 22. Estadísticas de cemento gris - Total nacional.

Fuente: Elaboración propia a partir de las Estadísticas de Cemento Gris del DANE, 2021.

Actualmente la industria cementera incorpora residuos como materia prima en la producción de clínker y cemento (ver Tabla 20).

Tabla 20. Uso de residuos en la producción de clínker y cemento.

Proceso	Tipo de residuo incorporado	Total (toneladas)	kg residuos por tonelada de cemento
En clínker	Lodo de aluminio	3,748	0.03
	Escorias de cobre y calaminas	80,376	6.5
	Cenizas (volantes y gruesas)	12,993	1.06
	Llantas	6,257	0.5
	Polvos de clínker (CKD)	29,654	2.4
En Cemento	Escorias granuladas de horno alto	887,566	72.25
	Retal de ladrillo	3,385	0.28
	Yeso sintético	37,546	3.06
	Cenizas (Volantes y Gruesas)	42,997	3.50
TOTAL		1,104,522	89.9

Fuente: Estudio en la intensidad de utilización de materiales y economía circular en Colombia para la Misión de Crecimiento Verde. Producto 1, Tecnalia, 2017, pg. 81.

Como se puede observar la demanda de escorias es alta y, debido a que la disponibilidad de estos productos es escasa en Colombia, algunas empresas importan hasta un 75% de este insumo (Tecnalia, 2017, Pg.81). También se puede mencionar que en el proceso de producción cementero se incorporan aproximadamente 3,385 toneladas de retal de ladrillo.

Dado que el cemento es un material utilizado como materia prima para la elaboración del concreto, es importante entender la relación que hay entre ambos productos. Estudios a nivel nacional que analizan el cemento y el concreto desde el punto de vista de la sostenibilidad mencionan aspectos relevantes entre los que se pueden destacar el tipo de cemento, su destinatario y los diversos diseños de mezcla del concreto. Efectivamente, el estudio de Tecnalia menciona que hay dos tipos de destinatarios: el consumidor y el comercializador.

El sector consumidor, que abarca el 42,80% del mercado, incluye al consumidor industrial (concreteras, prefabricados y fibrocemento), a los constructores y contratistas y a otros consumidores. El sector comercializador, por otra parte, es el más grande ya que corresponde al 52,20% del mercado (Tecnalia, 2017). Adicionalmente, en este informe se presenta un balance de masa simplificado para la producción de una tonelada de concreto. Otra fuente para considerar es el estudio *'Life Cycle Inventories of Cement, Concrete and Related Industries - Colombia and Perú'* realizado en 2018, en el que se caracteriza el cemento de acuerdo con su tipología y destinatario. En este reporte se afirma que “los cementos más producidos en Colombia son el tipo UG (uso general) (...) y el tipo ART (alta resistencia temprana)” ya que conjuntamente tienen una participación de mercado del 99%. Cada uno de estos tipos de cemento, además de tener un desempeño y unas características químicas propias, es utilizado para mezclas específicas de concreto. En efecto, en el estudio afirman que el cemento UG se utiliza principalmente para mezclas *'no industrializadas'* y de *'autoconstrucción'* mientras que el cemento ART se utiliza normalmente para concretos premezclados. En este reporte definen tres mezclas de concreto: dos para concreto premezclado y uno para mezcla en la obra (Gmünder et al., 2018).

Finalmente, en el estudio de Ecoingeniería se clasifican cementos de acuerdo con su técnica de producción (vía húmeda o seca) y su forma de presentación (en saco o a granel). En dicha investigación se definen unas *tablas de equivalencia* en las que especifican mezclas de grouting, mortero y algunos tipos de concreto. Se incluyen concretos premezclados, que consideran cemento a granel, y concretos fabricados en obra, que consideran cemento en saco. (Ecoingeniería, 2012).

Con respecto a las cifras nacionales de producción, se puede mencionar que en el 2017 se produjeron 19.3 millones de toneladas entre concreto y mortero; 274 mil toneladas de

prefabricados y 211 mil toneladas de fibrocemento. Las principales materias primas utilizadas en las concreteteras en 2017 se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21. Materias primas utilizadas en concreteteras.

Material	t/año	Porcentaje por tonelada de producto
Agua	1,000,806	5%
Agregados finos (arenas)	7,913,780	41%
Gravas	6,999,985	36%
Cemento	2,827,709	15%
Aditivos	108,992	0.6%
Otros	186,348	1%
Escombros: grava y arena	1,804	0.01%
Cenizas	210,832	1.1%
Microsílice	731	0.004%
Reciclado cerámico	120,541	0.6%
TOTAL	19,371,528	100%

Fuente: Estudio en la intensidad de utilización de materiales y economía circular en Colombia para la Misión de Crecimiento Verde. Producto 1, TecNALIA, 2017, pg. 84

Tal y como se aprecia en la Tabla 21, los principales materiales utilizados por las concreteteras son los agregados finos (7,913,780 t/año), las gravas (6,999,985 t/año) y el cemento (2,827,709 t/año).

Siguiendo los lineamientos de contabilidad de emisiones del inventario nacional (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, 2018), en la NDC 2020 se toman en cuenta las emisiones de la producción del cemento generadas por la combustión de energéticos y por los procesos productivos (IPPU)²⁵. Se estima para el escenario de referencia que las emisiones por procesos productivos son de 4,525 Gg CO₂eq en 2015²⁶, y se proyecta que a 2030 sean de 6,431 Gg CO₂eq y a 2050 de 12,311 Gg CO₂eq en un escenario tendencial. Las emisiones por consumo de energéticos se calculan tomando como referencia un consumo de 50.7%²⁷ del

²⁵ Las emisiones por producción son las derivadas del proceso químico durante la transformación y en este caso corresponden principalmente a la clinkerización.

²⁶ Según las estadísticas del DANE la producción de cemento gris en 2015 fue de 13 millones de toneladas, la cifra más alta junto con la de 2019.

²⁷ Este porcentaje corresponde a la participación del consumo de carbón en la Fabricación de Cemento, sobre el total consumido por la categoría de Minerales no Metálicos.

total de la categoría 1A2f-minerales no metálicos. Por lo tanto, se pueden estimar unas emisiones por consumo de energéticos de 2,300 Gg CO₂eq en 2015, 3,161 Gg CO₂eq en 2030 y 6,051 Gg CO₂eq en 2050. En total, se calculan 6,825 Gg CO₂eq en 2015 para el total de la producción de cemento, y se proyecta que, en un escenario tendencial, emitan 9,592 Gg CO₂eq en 2030 y 18,362 Gg CO₂eq en 2050.

Tabla 22. Proyección de emisiones por producción de cemento.

Fuente emisiones	Emisiones anuales (Gg CO ₂ eq)		
	2015	2030	2050
Procesos productivos (IPPU)	4,525	6,431	12,311
Combustión	2,300	3,161	6,051
TOTAL	6,825	9,592	18,362

Fuente: Elaboración propia a partir de PMR Reportes escenario de referencia y Mitigación NDC Actualizada.

Aprovechamiento: Como se mencionó anteriormente, en la producción de cemento se incorpora retal de ladrillo. Además, se puede observar que en la producción de concreto se incorpora una pequeña cantidad de RCD (escombros de grava y arena y reciclado cerámico).

En total, la incorporación de RCD en la producción de cemento y concreto es de 125 mil toneladas, es decir de 0.63% por tonelada de material producido. Esta es una cifra muy baja si se tiene en cuenta que, según la Misión de Crecimiento Verde, se generan 17.4 millones de toneladas de residuos de concreto y cemento al año, de los cuales 16.41 millones corresponden a concreto posconsumo (DNP y Tecnalía, 2019). Se estima que se recolectan 635,250 toneladas de residuos de concreto (3.8%), de los cuales se podrían reutilizar entre 121 mil a 125 mil toneladas (0.7%). De esta cantidad se calcula que 514,000 toneladas son dispuestas correctamente (3.1%) y el resto de forma incontrolada (96.2%) (Tecnalía, 2017, Pg.85).

Adicionalmente, la Política de Crecimiento Verde menciona unas brechas de reciclaje y reutilización de materiales en Colombia frente a referentes internacionales; se encontró que en el país hay insuficiente recuperación y retorno de materiales desde la etapa de posconsumo a los procesos manufactureros. Por ejemplo, respecto al cemento y hormigón, se encontró que la tasa de reciclaje es del 2%; valor muy inferior al máximo potencial de reciclaje referenciado a nivel internacional, que es del 50%. Así mismo, el acero tiene una tasa de reciclaje del 71% en el país, inferior al 97% de máximo potencial (Tecnalía, 2017). En el siguiente gráfico se aprecia el rezago que el país tiene en el aprovechamiento de algunos materiales frente al máximo referente a nivel mundial.

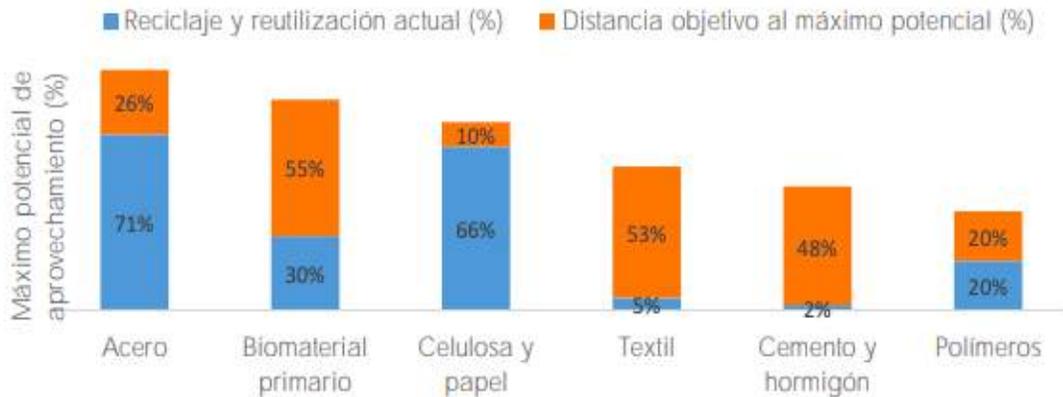


Figura 23. Brechas de reciclaje y reutilización de materiales en Colombia frente a referentes internacionales
Fuente: Política de Crecimiento Verde, 3934 de 2018.

Con respecto al uso de energéticos de la industria cementera, la NDC 2020 plantea metas de mejoramiento. Estas se dirigen a aumentar la eficiencia térmica en un 6.8%, la eficiencia eléctrica en un 1.4% y el uso de combustibles alternativos hasta alcanzar el 15% en el 2030, elevando el nivel de coprocesamiento. Las eficiencias actuales son de 55% en eficiencia térmica y 81.47% en eléctrica, con lo cual se plantea que lleguen a 58.73% y 82.64% en 2030 y a 68% y 94% en 2050, respectivamente. Otra medida está asociada a la reducción del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de materiales alternativos (cenizas volantes, puzolanas naturales, escorias granuladas). La medida contempla una disminución de emisiones de 2.7% respecto al escenario de referencia, reduciendo el factor de emisión de 0.537 toneladas de CO₂eq por tonelada de clínker a un valor de 0.5224 en el 2030.

Adicionalmente, el sector cuenta con metas establecidas para la reducción de emisiones en el transporte, utilizando vehículos de bajo consumo de CO₂, optimización de rutas, uso de barcasas y tren, y uso de combustibles bajos en CO₂. También tienen programas de rehabilitación de canteras junto con planes de manejo de la biodiversidad a fin de alcanzar el impacto neto positivo.

3.1.1.2. Acero

Extracción: El acero en Colombia se produce a través de dos procesos: el proceso siderúrgico integrado y el proceso siderúrgico semi-integrado. El primero utiliza mineral de hierro como materia prima y el segundo material reciclado (chatarra). Es importante resaltar que solo el 26% del acero que se fabrica en Colombia se produce a partir de mineral de hierro y que Acerías Paz del Río es la única siderúrgica integrada en el país²⁸.

²⁸ Datos del 2017 reportados en el Estudio en la intensidad de utilización de materiales y economía circular en Colombia para la Misión de Crecimiento Verde, Producto 1.

El resto de la producción de acero nacional utiliza material reciclado. La directora ejecutiva del Comité Colombiano de Productores de Acero afirma que “la chatarra es el principal insumo del negocio siderúrgico colombiano y representa hasta el 75% de las materias primas utilizadas por las siderúrgicas semi-integradas. El 80% del acero en Colombia se fabrica a partir de este material” (María Juliana Ospina, citada en Vega Barbosa, 2018).

La capacidad instalada de las siderúrgicas colombianas es de 2.2 millones de toneladas, pero solo se utiliza el 64% de ese potencial debido a los insuficientes volúmenes de chatarra en el mercado (María Juliana Ospina, citada en Vega Barbosa, 2018). Según el Comité Colombiano de Productores de Acero, se utiliza un millón de toneladas de chatarra al año en el proceso semi-integrado y, debido a la escasez de este en el país, se importa una cantidad considerable (En 2014 se importaron 83 mil toneladas, 8.3% de la chatarra utilizada) (Tecnalia, 2017, Pg. 105). Este problema de escasez se agudizó recientemente con la pandemia por COVID 19.

Por otro lado, la producción de hierro en el país en 2016 fue de 715,692 toneladas (UPME, 2016, Pg.5). No ha sido posible determinar la cantidad que se utiliza para la fabricación de acero de construcción, ni las emisiones que se generan durante el proceso extractivo.

Producción: En Colombia, el principal producto de la industria siderúrgica es la barra corrugada. En el 2019 se produjeron 1.3 millones de toneladas, de las cuales 1,052,800 toneladas fueron barra corrugada, lo que corresponde al 78% de la producción nacional de acero. En cuanto a las importaciones, se estima que 2.1 millones de toneladas fueron adquiridas principalmente de China (573,315 t), Brasil (385,335 t) y México (378,327 t). De este total de importaciones, 58% fueron aceros planos y el 42% aceros largos. De las 935,948 t de acero largo importado, 464,562 t fueron de barra corrugada. Con respecto a las exportaciones, en el 2019 tan sólo se exportaron 28 mil toneladas de acero (Salazar, 2020).

En cuanto al consumo, durante el 2019 se estima que se consumieron alrededor de 3.5 millones de toneladas de acero, de los cuales el 66% fueron de aceros largos con 2.3 millones y 33% de aceros planos, que equivalieron a 1.2 millones de toneladas. Del total de acero consumido en el país se estima que el 62% es importado y el 38% restante es nacional (Salazar, 2020).

Según los datos de la dirección de estudios económicos, en cuanto a la logística del acero, de las 3.5 millones de toneladas que ingresaron al país en 2019, el 63% entraron por Barranquilla, el 28% por Buenaventura, el 7% por las terminales de Cartagena, el 1% por Santa Marta y el porcentaje restante por la terminal de Tolú. En cuanto al transporte de acero, el 95.8% de la movilización se dio por carretera, el 3.5% por modo fluvial y el 0.7 por sistema férreo (Salazar, 2020).

Tabla 23. Cantidades de acero largo producido e importado en Colombia.

	Acero (toneladas/año)				
	Producción acero crudo	Producción aceros largos	Importaciones aceros largos	Exportaciones aceros largos	Consumo aparente
2018	1,234,404.0	1,248,091.0	951,584.0	1,824.0	2,193,115
2019	1,332,817.0	1,335,424.0	935,948.0	1,044.0	2,271,372
2020	1,148,904.0	1,158,660.0	620,508.0	2,760.0	1,846,839

Fuente: Elaboración propia a partir del documento Cifras mensuales Producción, Importaciones y Exportaciones de Acero (enero 2021) del comité colombiano de productores de acero. Recuperado de: <http://www.andi.com.co/Home/Camara/6-comite-colombiano-de-productores-de-acero>

Como se puede observar, tanto la producción como las importaciones del acero se redujeron en 2020 a causa de la pandemia. En 2018 Colombia importó 2,255,000 toneladas de acero, siendo China el principal exportador con un total de 599,961 toneladas. Los principales países importadores de acero para concreto son: México (270.829), Turquía (100.679) y Brasil (75.932) (Camacero, 2019, Pg.22).

Tabla 24. Principales países de origen y tipo de producto importado de acero, 2018.

Producto	Cantidad (toneladas)								
	CHN	BRA	MEX	TUR	RUS	KOR	ESP	UKR	ARG
Acero para concreto	0	75,932	270,829	100,679			24		
Alambrón	112,393	51,838	61,055	7,113	28,282			13,906	21,870
Barras	5,911	5,548	442	14,045	9	2,582	1,587	24	
Perfiles livianos	3,073	1,706	645	11,094		21	2,310		
Perfiles pesados	495	17,570	2,703	15,164		21,399	52,556		

Fuente: Revista Infoacero de Camacero, 2019, Pg.22.

De acuerdo con el Balance de Energía Útil (BEU) del 2019, la fabricación de productos metalúrgicos básicos (ej. hierro, acero y fundición de metales), demanda 19,478 TJ de energía final en 2015 y la energía útil es de 11,870 TJ.

En el escenario de referencia de la NDC 2020 se estima que la producción de hierro generó emisiones del orden de 619 GgCO₂eq en 2015, y se proyecta que a 2030 genere 1,003 GgCO₂eq y a 2050 1,919 GgCO₂eq por consumo energético. Por los procesos industriales, se estiman 1,646 GgCO₂eq en 2015 y se proyecta que generará 2,401 GgCO₂eq a 2030 y 4,597 GgCO₂eq a 2050.

Tabla 25. Proyección de emisiones GEI por producción de hierro y acero.

Fuente de emisiones	Emisiones CO ₂ eq (Gg)		
	2015	2030	2050
Combustión	619	1,003	1,919
Procesos productivos – IPPU	1,616	2,401	4,597
TOTAL	2,235	3,404	6,516

Fuente: Elaboración propia a partir de PMR Reporte escenario de referencia NDC 2020.

Aprovechamiento: De acuerdo con la Misión de Crecimiento Verde el reciclaje y reutilización actual del acero es del 71% y se generan 1,321,000 toneladas de residuos al año de metales constituidos por escorias, cascarillas y chatarra. De estos la mayor cantidad es de chatarra y se calcula que su reciclaje es del 85%. Por otro lado, las escorias generadas en el arco eléctrico son los principales residuos enviados a disposición final (15% del residuo generado). Se recicla el 91% del agua utilizada en procesos.

Según la Cuenta Ambiental y Económica de Flujos de Materiales - Residuos sólidos del DANE, en 2018 se aprovecharon 291,729 toneladas de residuos metálicos provenientes de los hogares, 12,250 toneladas de vehículos y equipos descartados y 703,792 de productos metálicos residuales provenientes de actividades económicas. Se podría concluir que se aprovecharon 1,007,771 toneladas de material reciclado (chatarra).

Por otra parte, la Política de Crecimiento Verde menciona unas brechas de reciclaje y reutilización de materiales en Colombia frente a referentes internacionales, por ejemplo, se encontró que en el país hay insuficiente recuperación y retorno de materiales desde la etapa de posconsumo a los procesos manufactureros, con tasas totales de reciclaje de 71% para acero, frente a unos potenciales de tasa máxima de reciclaje del 98% (Figura 23).

Las medidas de mitigación en la NDC para este sector están enfocadas en un mayor uso de chatarra y mejoras en los procesos para reducir el consumo de combustibles. No se plantean cambios en las tecnologías utilizadas.

3.1.1.3. Plástico

Extracción: No se incluye su análisis ya que los procesos de extracción y transformación de petróleo se calculan y contabilizan de manera independiente.

La construcción es el segundo gran consumidor de plásticos en el país luego del sector de envases y embalaje. Se consume principalmente en tubería, accesorios, pisos, tejas, perfiles, cables y bañeras que corresponde al 22% del consumo de materias plásticas en el país. En 2017 el consumo para construcción fue de 264,000 toneladas. En la construcción se consumen diversos tipos de plásticos como Polietileno PE, Polipropileno PP, Poliestireno PS, PVC y otros. La mayor cantidad de consumo es en PVC. En promedio desde 2017 a 2019 la construcción consumió el 21% de las materias plásticas del país. El consumo anual de materias plásticas per cápita en el país es de 32.2kg (Acoplásticos, 2021, Pg. 99).

Tabla 26. Producción, consumo, importaciones y exportaciones de plásticos en Colombia en 2017.

Producto	Cantidad de plásticos (toneladas) ²⁹				
	Consumo	Producción	Importación	Exportación	Capacidad instalada 2017
PVC	220,000	427,267	71,741	279,008	482,000
Polietileno LD	259,000	159,072	102,848	2,920	66,000
Polietileno HD	160,000	0	160,216	216	0
Poliestireno	78,000	118,712	6,909	47,621	110,000
Polipropileno	463,855	455,555	51,324	275,179	500,000

Fuente: Balance de consumo, importación, exportación e importación de resinas en origen, excluyendo productos fabricados y semifabricados. (ACOPLÁSTICOS, 2017). Tomado de (TECNALIA, 2017, Pg.89)

La producción interna de resinas de PVC es suficiente para atender la mayor parte de la demanda. Las importaciones corresponden principalmente a referencias no fabricadas en el país (Tecnalia, 2017, Pg. 89). Las importaciones tanto de resinas de plástico como de productos de plástico provienen principalmente de China en un 20% y 41% respectivamente. El principal destino de las exportaciones de resinas plásticas y de artículos de plástico es la comunidad Andina (Bolivia, Ecuador, Perú), en 20.9% y 26.5% respectivamente, seguidos por EE. UU. (20,3% y 22%) (Acoplásticos, 2021).

²⁹ Las cifras presentadas en la tabla corresponden a cifras de producción total, no son específicas del sector de la construcción.

Tabla 27. Producción, consumo, importaciones y exportaciones de plásticos en Colombia en 2019.

Cantidad de plásticos (toneladas)					
Producto	Consumo	Producción	Importación	Exportación	Capacidad instalada 2019
PVC	233,000	491,886	94,170	353,056	502,000
Polietileno LD	288,000	192,099	101,253	5,352	66,000
Polietileno HD	195,000	0	192,836	798	0
Poliestireno	81,000	114,740	17,350	51,090	110,000
Polipropileno	262,000	407,400	59,438	204,838	500,000

Fuente: Balance de consumo, importación, exportación e importación de resinas en origen, excluyendo productos fabricados y semifabricados. Tabla realizada a partir del informe Plásticos en Colombia 2020-2021 de Acoplásticos.

El consumo de energía eléctrica de la actividad transformadora de materias plásticas en el año 2018 fue de 1,279.1 millones de kilovatios-hora, equivalente al 7.9% de la energía eléctrica utilizada por la industria manufacturera colombiana (Acoplásticos, 2021, Pg. 36).

Aprovechamiento: No existe un inventario de residuos de plástico, sin embargo, la Misión de Crecimiento Verde estima que se producen alrededor de 1,401,737 toneladas de residuos posconsumo al año, de los cuales se recolecta un 23.5% equivalente a 330,000 toneladas. De residuos posindustriales se estima que se generan 7.042 toneladas al año y se recolectan para reciclaje 2,465 toneladas. Por otra parte, la Política de Crecimiento Verde (CONPES 3934) menciona unas brechas de reciclaje y reutilización de materiales en Colombia frente a referentes internacionales, por ejemplo, se encontró que en el país hay insuficiente recuperación y retorno de materiales desde la etapa de posconsumo a los procesos manufactureros, con tasas totales de reciclaje de 20 % para poliméricos (plásticos) frente a unos potenciales de tasa máxima de reciclaje del 40 % (ver Figura 23).

Particularmente, se estima que el 99% de todos los residuos posindustriales de PVC se reintegran en el ciclo productivo y se convierten en productos. En cuanto al PVC posconsumo, en Colombia se recicla alrededor del 7% del consumo nacional de PVC que de acuerdo con datos del 2017 correspondió a 15,400 toneladas. Por otro lado, el poliestireno expandido representa el 0.2% de los materiales plásticos reciclados en Colombia (Tecnalia, 2017, Pg. 97).

En el escenario de referencia de la NDC 2020 se estimó que el tratamiento de residuos de plásticos y resinas generó 10 GgCO₂eq en 2015 y estima se generarán 17 GgCO₂eq en 2030 y 32 GgCO₂eq en 2050.

Es importante aclarar que no se ha identificado información sobre cantidades de residuos plásticos provenientes de la construcción, residuos dispuestos correctamente, efectivamente aprovechados y aquellos que se filtran a los ecosistemas. No se han identificado estudios sobre el consumo de agua a nivel nacional en los procesos relacionados con plásticos.

3.1.1.4. Vidrio

Según la encuesta anual manufacturera del DANE, en el año 2019 la producción de vidrio asociado a la construcción³⁰ fue de 22,845,686 m², con una producción de vidrio plano de 18,560,302 m².

De acuerdo con el Sistema Único de Información de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios en el 2018 el país aprovechó 690,000 toneladas de residuos de manera efectiva, de estos el 13% fueron residuos de vidrio³¹. En las edificaciones, los residuos se generan especialmente en el proceso de demolición de edificaciones. En obras nuevas, en forma ocasional hay rotura de lunas o moldeados por una manipulación incorrecta (Universidad Industrial de Santander & UPME, 2018, Pg. 38). Según la Encuesta anual manufacturera de 2019, se consumieron 713,016,383 Kg de desechos de vidrio.

En el escenario de referencia de la NDC actualizada, teniendo en cuenta los lineamientos para la elaboración de los inventarios nacionales (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, 2018), se clasifican las emisiones de la producción del vidrio en emisiones por consumo de energía y emisiones por procesos productivos. Se estima unas emisiones por producción de 83 GgCO₂eq en 2015, de 128 GgCO₂eq en 2030 y en 2050 de 246 GgCO₂eq. Por otro lado, la NDC calcula que la fabricación de productos de vidrio consume el 1.6% del carbón total consumido en la categoría 1A2f-minerales no metálicos. Por lo tanto, se puede estimar que las emisiones por consumo de carbón en el escenario de referencia para el vidrio son de 72.6 GgCO₂eq en 2015, 99.76 GgCO₂eq en 2030 y 190.9 GgCO₂eq en 2050. El total de emisiones para la producción de vidrio en el escenario de referencia serían de 155.6 Gg CO₂eq en 2015, 227.76 Gg CO₂eq en 2030 y 436.9 Gg CO₂eq en 2050.

Cabe aclarar que hasta el momento no se ha encontrado información nacional sobre los procesos de extracción ni sobre el consumo de agua durante la producción de vidrio.

De acuerdo con LegisComex (2017), el desempeño medioambiental de la industria del vidrio nacional y las dificultades para lograr una producción más sostenible hace que Colombia, en términos de comercio exterior, se clasifique más como país importador que como exportador.

³⁰ Incluye: vidrio plano, vidrio martillado ornamental, vidrio templado, vidrio de seguridad, espejos, baldosas de vidrio, fieltro de lana de vidrio, lámina de lana de vidrio, divisiones en fibra de vidrio, mosaico de vidrio.

³¹<https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/que-porcentaje-de-residuos-y-materiales-recicla-colombia-363052>

Tabla 28. Proyección de emisiones por producción de vidrio.

Fuente de emisiones	Emisiones CO ₂ eq (Gg) ³²		
	2015	2030	2050
Procesos productivos (IPPU)	83	128	246
Combustión	72.6	99.76	190.9
TOTAL	155.6	227.76	436.9

Fuente: Elaboración propia a partir de PMR Reporte escenario de referencia NDC Actualizada

3.1.1.5. Productos cerámicos

Extracción: Para la fabricación de revestimientos y pavimentos cerámicos se utilizaron 1,311,825 toneladas de materia prima en 2015 (Comité del Sector Cerámico, 2017, Pg.33). Hasta el momento no se ha encontrado información nacional sobre la extracción de materia prima para la producción de ladrillo.

Producción: En 2015 el consumo de energía del sector cerámico fue de 190,114,476 KWh correspondiente al 1.2% del consumo energético de la industria manufacturera colombiana. En el año 2015 se produjeron 82,881,633 m² de revestimientos y pavimentos cerámicos y se consumieron 138,809,638 m³ de gas y 536,661 m³ agua (Comité del Sector Cerámico, 2017). La producción actual es de 87 millones de m², con una capacidad instalada de 92.3 millones de m². Se exportan 5.3 millones de m² principalmente a Ecuador (59%), EE. UU. (13.8%), El Salvador (6%), Guatemala (5.75%), Panamá (3.4%), México (1.4%), Curazao (1.3%) y otros (9.1%)³³.

En cuanto al sector ladrillero, en Colombia existen 1,508 ladrilleras con 2,435 hornos. Estos producen 12,703,872 toneladas de arcilla cocida por año, de las cuales el 11% se produce de modo artesanal. El 78% de los hornos funcionan con carbón mineral. El consumo de energéticos del sector en el 2015 fue de 30.5 millones de GJ/año, con una participación de carbón del 77.1% (23.5 millones GJ/año), seguido por biomasa con una participación del 20.4% (6.2 millones de GJ/año, cisco de café 2.3% (701 mil GJ/año) y aserrín 0.2% (53 mil GJ/año)³⁴.

Se han llevado a cabo varios proyectos de eficiencia energética en el sector ladrillero, entre estos el proyecto Eficiencia energética en ladrilleras (EELA) y la NAMA industria, que han promovido la reconversión de hornos, la implementación de sistemas de dosificación

³² No es exclusivo para vidrio utilizado en construcción.

³³ Esta información se extrae de la página web del Comité Cerámico de la Andi:
<http://www.andi.com.co/Home/Camara/5-comite-ceramico>

³⁴ Esta información se extrae del Informe: [Inventario Nacional del Sector Ladrillero Colombiano del 2015](#).

controlada de aire-combustible, la transferencia de buenas prácticas operativas y adecuaciones tecnológicas que permitan la reducción de emisiones de GEI con énfasis en la reducción de las emisiones de carbono negro (hollín).

Tabla 29. Impacto de estrategias implementadas en el Programa de Eficiencia Energética en Ladrilleras EELA Colombia.

Estrategia	N. de Empresas que han implementado	Reducción de CO ₂ eq
Reconversión de hornos	43	76,258
Dosificación controlada	36	35,302
Buenas prácticas operativas	28	25,321
Adecuaciones tecnológicas	18	11,909

Fuente: Elaboración propia a partir de presentación de Resultados proyecto Eficiencia Energética en Ladrilleras EELA Colombia: <http://ejearcillas.com/resultados-proyecto-eficiencia-energetica-en-ladrilleras-eela-colombia>

Los hornos de fuego dormido y tipo Pampa son los que más carbón utilizan (175 t carbón/ t de arcilla) y estos son los más comunes en Colombia. De acuerdo con el inventario realizado en 2015, existen 1,033 hornos de fuego dormido y 616 tipo Pampa. Por su consumo, siguen los tipo colmena, los cuales consumen cerca de 160 toneladas carbón por tonelada de arcilla (CAEM, 2015).

La reconversión de hornos colmena y de fuego dormido a tecnologías medulares (hornos zigzag, de cámara continua y hoffman), reduce en un 40% las emisiones de GEI y la cantidad de combustible necesario. La implementación de tecnologías periféricas (Carbojet, Eductores y Stoker) reduce de un 25% a 40% el uso de combustible y las emisiones de GEI. En general el proyecto EELA Fase 2, ha promovido que 126 empresas realicen mejoras, alcanzado una reducción de 135,955 toneladas CO₂eq al año. En las dos fases se ha logrado la reducción de 150,000 toneladas de CO₂eq.

Dentro del escenario de referencia de emisiones GEI de la NDC 2020 se considera una mejora en la eficiencia del 18.3% con respecto a la eficiencia en el uso de calor directo para el sector de ladrillos ya que considera las medidas que se han tomado en el Programa de Eficiencia Energética en Ladrilleras de América Latina para Mitigar el Cambio Climático (EELA). La eficiencia del año base es del 55%.

Por otro lado, en la NDC el sector ladrillero hace parte de la categoría 1A2f-Minerales no metálicos, en la cual se calculan las emisiones de varios subsectores con respecto al consumo de energéticos. Se estima que la participación del subsector ladrillero es del 18.9% del total de la categoría. Por lo mismo, se estima un nivel de emisiones GEI en el escenario de referencia de 857.5 GgCO₂eq en 2015, 1,178.4 GgCO₂eq en 2030 y 2,255.9 GgCO₂eq en 2050.

Para los escenarios de mitigación se propone lograr una eficiencia de 65.10% a 2030 y del 75% a 2050, incrementándose de manera gradual hasta 2050. Se calcula que la mitad de los RCD producidos en Colombia (22 millones de toneladas), corresponden a ladrillos azulejos y otros cerámicos (Universidad Industrial de Santander & UPME, 2018, Pg.39).

3.1.1.6. Madera

Extracción: El estudio de Estimación y caracterización del consumo de Madera en Colombia (MADS & ONF Andina, 2016, Pg. 36), encontró que tanto la madera redonda como la aserrada proviene en un 80% de bosques naturales. Sin embargo, para la construcción el 45.73% de los productos utilizados corresponden a tableros de partículas y fibras tanto de producción nacional como importada (de plantaciones forestales de pino y eucalipto), por lo cual esta cifra es mucho menor.

El aprovechamiento del bosque natural en Colombia presenta muy baja tecnificación, altos niveles de informalidad y de ilegalidad. Las plantaciones forestales registradas en 2019 sumaron 568,769 hectáreas, sin embargo, existen 7.3 millones de hectáreas altamente aptas para el cultivo forestal con fines comerciales y 22 millones de hectáreas con aptitud media y baja. El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2018-2022, tiene como meta plantar 122 mil hectáreas adicionales de bosques comerciales a 2022.

Es notable el tráfico ilegal de madera en el país³⁵ y frecuente el desconocimiento de la procedencia de la madera. De acuerdo con la encuesta realizada por el Estudio de estimación y caracterización del consumo de madera en los sectores de vivienda y grandes obras de infraestructura³⁶, el 20% de los constructores manifiesta no conocer el origen de la madera empleada. Adicionalmente, existe desconocimiento sobre las prohibiciones de comercialización de especies de madera, por ejemplo, el cedro, una especie cuya extracción está prohibida temporalmente en Colombia desde 2015 hasta el 2025.

Producción: La oferta de productos forestales en 2017 fue de 8.9 millones de toneladas, de las cuales 1.2 millones fueron productos derivados de la transformación de troncos de madera: 605 mil toneladas de tableros de madera de las cuales se importaron 309 mil y se exportaron 37 mil; y 639 mil toneladas de madera aserrada de las cuales se importaron 25 mil y se exportaron 1,600. En la construcción se consumieron en total 1,245,172 toneladas de productos forestales (DANE, 2019).

³⁵ Un estudio de la Agencia de Investigación Ambiental (EIA), llamado Condenando el Bosque, afirma que casi la mitad de la madera utilizada en Colombia es de procedencia ilegal.

³⁶ Estudio de estimación y caracterización del consumo de madera en los sectores de vivienda y grandes obras de infraestructura/ Macía S., Fernán (Ed.) - ONF Andina. Bogotá D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; ONF Andina. 2016.

Tabla 30. Producción, consumo, importaciones y exportaciones de productos de madera en Colombia en 2017.

Producto	Cantidad (toneladas)			
	Consumo	Producción	Importaciones	Exportaciones
Tableros de Madera	605,779	296,318	309,461	37,523
Madera aserrada	639,393	613,518	25,875	1,680

Fuente: Cuenta ambiental y económica de flujos de productos del bosque, DANE 2019.

Por otro lado, el segundo reporte de economía circular del DANE muestra un consumo de 1,150,588 toneladas de troncos de madera en 2019. El consumo en construcción de edificaciones residenciales y no residenciales fue de 254,092 toneladas, en construcción de carreteras y vías de ferrocarril, de proyectos de servicio público y de otras obras de ingeniería civil fue de 446,880 toneladas; y en actividades especializadas para la construcción de edificaciones y obras de ingeniería civil fue de 449,616 toneladas (DANE, 2020c, Pg. 73).

El consumo de madera en troza por metro cuadrado de construcción de vivienda en Colombia es de 0.03013 m³/m² construido. De este total el 37.98% se utiliza para la construcción (formaletas) y el 62.02% en la construcción (acabados) (MADS & ONF Andina, 2016, Pg. 20). Sin embargo, este consumo varía significativamente dependiendo del estrato de la vivienda. El principal producto utilizado para la construcción es la madera sólida y en la construcción (acabados), los tableros de fibras y partículas. Hasta el momento, no se ha encontrado información sobre el consumo de energía y agua durante los procesos de transformación de la madera.

Aprovechamiento: La madera es un material con gran potencial de aprovechamiento y reutilización. Según la NDC 2020 de Colombia, la madera representa el 3.1% de los residuos en Colombia³⁷. Si en 2018 se generaron 24.8 millones de toneladas de residuos en Colombia, los residuos de madera serían de 770 mil toneladas. Cabe aclarar que no hay información específica sobre los residuos en la construcción y el nivel de aprovechamiento.

En el escenario de referencia de la NDC 2020 de Colombia, se estima la generación de 28 GgCO₂eq en 2015 por la energía utilizada para la madera y productos de madera y se proyectan 27 GgCO₂eq a 2030 y 53 GgCO₂eq a 2050.

³⁷ No es específico para madera utilizada en construcción.

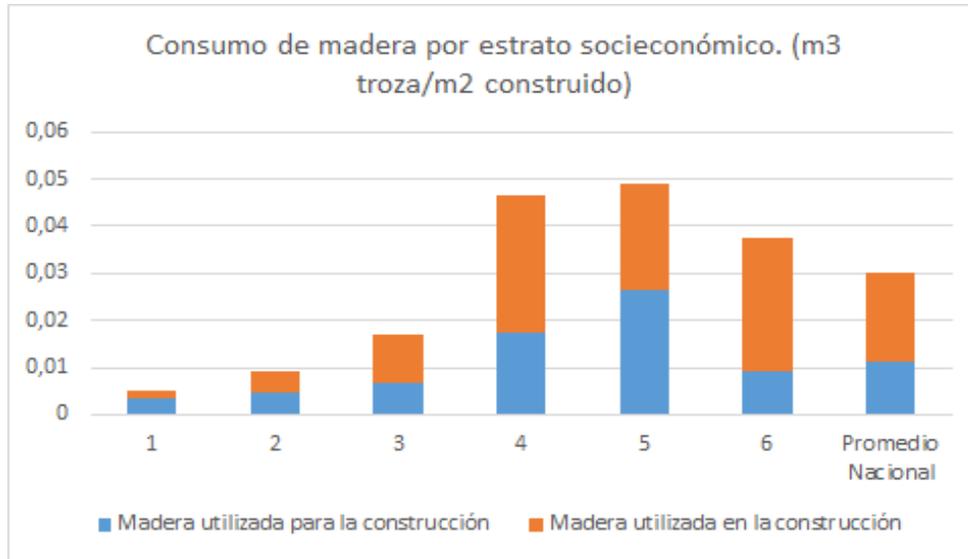


Figura 24. Consumo de madera por estrato socioeconómico.
Fuente: (MADS & ONF Andina, 2016, Pg. 20).

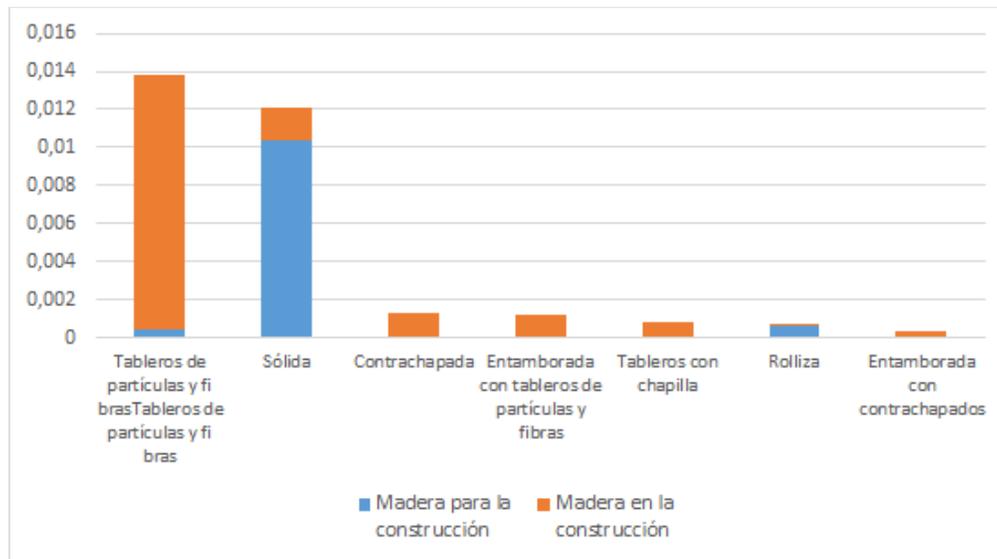


Figura 25. Consumo de madera en vivienda, por tipo de producto (m3 en troza/m2 construido)
Fuente: (MADS & ONF Andina, 2016, Pg. 21).

3.1.1.7. Aspectos generales

Actualmente se consumen 100 millones de toneladas aproximadas de materiales de construcción a nivel nacional, 91.5 millones de toneladas (91%) representan las edificaciones, viviendas y obras civiles ejecutadas en el país, el 2% es exportado como productos para construcción, y el 7% de los materiales (7.4 millones de toneladas) son considerados como escombros resultantes de las obras de construcción (MADS & MCIT, 2019, Pg.64). Adicionalmente, el sector de la construcción genera un volumen superior a los

22 millones de toneladas de escombros resultantes de demoliciones, de los cuales aproximadamente el 30% es dispuesto de forma ilegal en botaderos o en campos abiertos (MADS, 2017). Estos escombros están compuestos en un 20% de concreto, un 50% de material de albañilería (cerámico, escayolas), un 10% de asfalto y un 20% de otros elementos como maderas, de los cuales el aprovechamiento es solo del 2%.

Por otro lado, según el Censo de Edificaciones del DANE del primer trimestre de 2021 (DANE, 2021), los sistemas constructivos más utilizados en Colombia actualmente son los pórticos en concreto (53%), el sistema industrializado (29%) y la mampostería confinada y estructural (8% y 7% respectivamente) (ver Figura 28), lo cual se refleja en la producción y consumo de cemento, acero y ladrillo.

Tabla 31. Producción, consumo, importaciones y exportaciones de materiales en Colombia.

	Producción, Consumo, Importaciones y exportaciones (t)			
	Producción	Consumo en construcción	Importaciones	Exportaciones
Cemento	13,000,000	12,500,000	-	-
Aceros largos	1,330,000	3,500,000	2,170,000	28,000
Vidrio (m ²)	22,845,686	-	-	-
Cerámica (m ²)	82,881,633	-	-	5,300,000
Ladrillo	12,703,872	12,703,872	-	-
Madera	909,836	1,122,452	335,336	39,203
Plástico	1,206,125	264,000	393,038	604,944

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar, el cemento y el ladrillo son los materiales más utilizados en el mercado colombiano los cuales son muy intensivos en el uso de carbón como combustible (entre los dos representan el 69.6% del consumo total de carbón de la categoría de minerales no metálicos CIU 2300 del DANE).

Adicionalmente, el cemento tiene procesos que a su vez generan importantes emisiones durante la transformación, específicamente en la producción de clínker. Como se mencionó anteriormente, en Colombia, se estima un factor de emisión de 0.6 tonelada CO₂/tonelada de cementitious y se plantea la meta a 2030 de reducirlo a 0.569³⁸.

³⁸ Esta meta está significativamente por encima de la propuesta por el “cement roadmap”. Línea base: 0.54 en 2014, metas: 0.52 en 2030, 0.46 en 2040 y 0.36 en 2050. Es decir, existe una brecha importante frente a los que se propone a nivel internacional.

La información presentada anteriormente permite caracterizar aspectos económicos, técnicos y ambientales de las diferentes industrias. Ahora bien, uno de los principales desafíos a la hora de realizar la línea base de emisiones es poder traducir estos aspectos globales de la industria a impactos ambientales específicos de cada material utilizado.

Las evaluaciones ambientales de las edificaciones pueden enfocarse en la cuantificación de las emisiones de GEI. En este caso el indicador ambiental a considerar es el Potencial de Calentamiento Global (PCG) que generalmente es presentado en términos de kgCO_2eq o $\text{kgCO}_2\text{eq/kg}$. Este indicador permite unificar y adicionar emisiones de los diferentes materiales en la evaluación ambiental del edificio. El PCG de los materiales también se conoce como Coeficiente de Carbono Incorporado (CCI) (*Embodied Carbon Coefficient - ECC*) (De Wolf, 2017).

En términos generales una evaluación ambiental cuenta con dos tipos de categorías de datos para poder incluir el PCG de los materiales: datos genéricos encontrados en bases de datos o estudios, y datos específicos proporcionados por ecoetiquetas o Declaraciones Ambientales de Producto (DAP). Colombia se ha caracterizado tradicionalmente por contar con poca información respecto a estos coeficientes; sin embargo, se han identificado cuatro fuentes de información que han procurado recopilar y/o estimar estos CCI de diferentes materiales en el país:

1. Estudio “*Determinación de propiedades físicas y estimación del consumo energético en la producción de acero, concreto, vidrio, ladrillo y otros materiales, entre ellos los alternativos y otros de uso no tradicional, utilizados en la construcción de edificaciones colombianas*” realizado por ECOINGENIERÍA & UPME en 2012 en el que se realiza un cálculo del PCG de una variedad de materiales utilizados en la construcción.
2. Estudio “*Estimación de Curva De Costos de Abatimiento de emisiones de Gases de Efecto Invernadero para el sector vivienda urbana*” realizado por la Universidad de Los Andes en 2012 y en el que se realiza una estimación nacional ponderada del PCG de cuatro materiales (cemento, acero, ladrillo y vidrio).
3. Cartilla de Materiales, realizada por el CCCS y la Universidad de Los Andes en 2019: cartilla que recopila valores genéricos y específicos de CCI en el país.
4. One Click LCA: base de datos internacional que incluye valores genéricos de diferentes materiales en Colombia.

En la Tabla 32 se presenta una recopilación del PCG de diferentes materiales en Colombia a partir de las investigaciones previamente mencionadas.

Tabla 32. Recopilación del Potencial de Calentamiento Global de algunos materiales de construcción presentados en distintas fuentes de información.

	Ecoingeniería, 2012	Cadena et Al., 2012	Cartilla, 2021	Base de datos One Click LCA³⁹
Material	kg CO₂eq/kg	kg CO₂eq/kg	kg CO₂eq/kg	kg CO₂eq/kg
Módulos considerados (según EN 15978)	A1-A5	A3	A1-A3	A1-A3
Acero	-	-	-	-
Sin especificar/Genérico	2.7045	2.94	2.699	-
Barra de ref. (0% rec.)	-	-	-	2.89
Barra de ref. (60 a 100% rec.)	-	-	-	1.41-0.42
Agregados	-	-	-	-
Sin especificar/Genérico	-	-	0.002*	-
Agregados gruesos	0.0098	-	0.0025	-
Agregados finos	0.0213	-	0.0139	-
Cerámica cocida – Ladrillo	0.2428	0.23	0.2165	-
Cemento	-	-	-	-
Sin especificar/Genérico	1.1669	0.69	0.628	-
CEM I	-	-	-	0.94-0.87
CEM II (Fly Ash 10-30%)	-	-	-	0.78-0.62
CEM II (GGBS 10-60%)	-	-	-	0.79-0.41
Concreto	-	-	-	-
Sin especificar/Genérico	-	-	g ^{*,40}	-
Premezclado (12 - 40MPa)	-	-	-	0.16-0.068
Prefab. + Ref. (30 - 50MPa)	-	-	-	0.17-0.089
Madera	0	-	-	-
Pinturas	0.4079	-	-	-
PVC	7.6592	-	-	-
Teja de fibrocemento	0.0518	-	-	-
Ventana colgada	-	-	293.78 ⁴¹	-
Vidrio	-	-	-	-
Plano	1.8591	1.47	-	1.22

³⁹ Se incluye únicamente información genérica de Colombia .

⁴⁰ Valor en kgCO₂eq/m³

⁴¹ Valor en kgCO₂eq/ud- Incluye transporte del producto terminado (A4) y fin de ciclo de vida (C4)

Procesado	-	-	61.94 ⁴²	-
-----------	---	---	---------------------	---

**Valores pueden presentar variaciones respecto a módulos considerados*
Fuente: Elaboración propia

La recopilación presentada en la Tabla 32 no pretende dar las bases para comparar los coeficientes de cada una de las fuentes de información. Es importante tener en cuenta que existen consideraciones y limitaciones propias para cada fuente, tales como la metodología de cálculo, la fecha, el tipo de información utilizada, las etapas o módulos del ciclo de vida evaluadas y las características del material descrito.

Existen otras fuentes de información que pueden complementar el análisis de estos coeficientes. En efecto, es así como hay información específica adicional relevante del cemento y el concreto (reportes empresariales⁴³ y bases de datos especializadas⁴⁴) y del acero (estudios especializados⁴⁵).

3.1.2. Política y regulación

En términos de política y regulación, actualmente no existen regulaciones propias del sector de las edificaciones que incluyan requisitos frente al uso de materiales con bajo carbono incorporado o que exijan Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Tampoco existe una base de datos de libre acceso que contenga información respecto al carbono incorporado (o embebido) de los materiales de construcción que pudiera permitir a los diseñadores tomar decisiones informadas. Sin embargo, se están dando unos primeros pasos entre los cuales está la Cartilla de Materiales de Construcción publicada este año, que contiene información de carbono embebido para algunos materiales.

Adicionalmente, actualmente el CCCS está liderando la creación de un marco de referencia para la elaboración de hojas de ruta de materiales sostenibles y una Plataforma de materiales y servicios de construcción sostenible que aún se encuentra en definición. Se espera que estas herramientas contribuyan a que más industrias realicen las evaluaciones de sus productos y así logren tomar decisiones que mejoren sus características de sostenibilidad.

Por otro lado, el sector de la construcción ha sido priorizado dentro de la Estrategia Nacional de Economía Circular ya que la producción de RCD es significativa (22 millones de toneladas

⁴² Valor en kgCO₂eq/m²

⁴³ Reportes integrados y de sostenibilidad: [Argos; Holcim.](https://fundacionsocialholcimcolombia.org/wp-content/uploads/2021/01/IDS2018-2019.pdf)
<https://fundacionsocialholcimcolombia.org/wp-content/uploads/2021/01/IDS2018-2019.pdf>
Reportes FICEM & PROCEMCO: Hoja de Ruta Colombia – Industria del Cemento.

⁴⁴ <https://gccassociation.org/gnr/>

⁴⁵ [Reporte World Steel Association](https://www.worldsteel.org/en/reports/)

según este estudio) y la tasa de aprovechamiento es aún muy baja (tan solo del 2%). En este sentido, y dado que existe un gran potencial para reincorporar estos materiales en la cadena productiva, se han planteado estrategias y metas dentro de esta política para aumentar el aprovechamiento al 10% para 2022.

Asimismo, con respecto al tema de aprovechamiento, existe la Resolución 472 del 28 de febrero de 2017, que brinda lineamientos para la disposición y aprovechamiento de RCD. Esta Resolución, que está en proceso de actualización, establece requisitos de porcentajes mínimos de reutilización y penalidades por incumplimiento. En ella se planean incluir exigencias adicionales para los grandes generadores de RCD, obligándolos a porcentajes de aprovechamiento de hasta el 25% a algunas categorías de materiales a partir del 2022. Posteriormente se plantean unos aumentos graduales en 2025 y 2030 hasta alcanzar índices de aprovechamiento entre el 50% y 90% dependiendo de la categoría.

En diversos documentos de interés internacional sobre economía circular y descarbonización de los materiales de construcción se plantea la importancia de generar pasaportes de materiales, ya que estos permitirían identificar los materiales utilizados en las edificaciones, su potencial de circularidad, su valor residual y las vías óptimas de recirculación. Esto haría posible gestionar el valor de edificaciones a lo largo del tiempo y transformarlas en una cantera para construcciones futuras (Itec, 2019). El desarrollo de esta herramienta está fuertemente ligado a la implementación BIM durante el diseño, construcción y operación de las edificaciones de tal manera que se pueda almacenar y gestionar dicha información. En Colombia aún no existe ningún instrumento o política que plantee el uso de pasaportes de materiales. Sin embargo, CAMACOL está elaborando un estándar BIM que pueda ser implementado de forma generalizada en los próximos años, y que podría ser un primer paso hacia la digitalización de la información de materiales.

Actualmente, el uso de materiales sostenibles se da principalmente en proyectos que buscan certificaciones de sostenibilidad como LEED, EDGE, WELL, LBC y CASA. Sin embargo, en todos estos sistemas de evaluación y certificación cambia el enfoque de sostenibilidad; algunos valoran únicamente el enfoque de la materialidad, mientras que otros se concentran en los atributos de la industria.

En general, la industria de los materiales a nivel mundial ha migrado paulatinamente de compartir atributos sencillos a brindar información relacionada a los aspectos ambientales por medio de atributos múltiples, entre los que se encuentran las Declaraciones Ambientales de Producto (DAP) y los Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

En Colombia, la versión 4 de LEED ha movilizó a la industria nacional a generar este tipo de reportes. La certificación más utilizada en el país es LEED, que cuenta con 437 proyectos registrados y 221 proyectos certificados, luego sigue la Edge con 216 proyectos registrados

y 47 certificados, y, por último, la certificación CASA con 18 proyectos registrados y dos certificados⁴⁶.

En cuanto a programas de etiquetado de materiales, existe el Sello Ambiental Colombiano (SAC), que es una ecoetiqueta tipo I, y que busca consolidar la producción de bienes ambientalmente sostenibles. Adicionalmente, existen otros dos tipos de etiquetas y declaraciones ambientales bajo la norma ISO 14020, las cuales se utilizan en la industria de materiales de construcción⁴⁷:

Tabla 33. Tipos de etiquetas y declaraciones ambientales

Tipo	Norma	Regula	Ejemplo
Tipo I	ISO 14024	Ecoetiquetas	SAC
Tipo II	ISO 14021	Autodeclaraciones	Contenido Reciclado
Tipo III	ISO 14025	DAP (EPD)	Environdec

Fuente: Grupo de Materiales CCCS.

Respecto al tema de las ecoetiquetas, el Decreto 1369 de 2014 regula la manera como las empresas comunican las cualidades o atributos ambientales de cualquier producto, con el fin de evitar la publicidad engañosa o “Greenwash”.

Por otro lado, existen las normas ISO que definen los requisitos para realizar un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) que se mencionan a continuación:

- ISO 14040: 2006 - Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Principios y marco de referencia.
- ISO 14044: 2006 - Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Requisitos y directrices.

La única regulación frente a las emisiones de partículas al aire que aplica a la industria de materiales de construcción es la Resolución 909 de 2008 que se establece las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas. Adicionalmente, existen programas para el uso eficiente de la energía y mejoramiento en los procesos térmicos de las industrias como la NAMA Industria y el programa EELA (Ladrilleras). Además, la NDC actualizada contiene metas generales respecto a procesos

⁴⁶ Información con corte a marzo de 2021.

⁴⁷ Se recomienda consultar la Cartilla de Materiales donde se podrán encontrar diversos productos en el mercado colombiano que cuentan con dichas declaraciones o etiquetas.

energéticos y uso de energéticos con menores factores de emisión en las industrias⁴⁸, e incluye algunas específicas para los sectores ladrilleros y cementeros.

Adicionalmente, existe el impuesto al carbono (ley 1819 de 2016, Art. 221), que busca desincentivar el uso de combustibles fósiles que generan emisiones de GEI. Sin embargo, los combustibles considerados en la ley son el Gas Natural, el GLP, Gasolina, Kerosene y Jet fuel, ACPM y Fuel Oil, pero no incluye el carbón, que es responsable de una alta contaminación y daño ambiental, y es el más utilizado en la industria de materiales de construcción⁴⁹. Tampoco aplica para procesos productivos por lo que solo se enfoca en un eslabón del proceso manufacturero y no en la cadena completa. En el Decreto 926 de 2017 se establecen las normas para la no causación del impuesto a los usuarios que demuestren ser carbono neutral respecto a las emisiones producidas por combustibles fósiles o puedan reducir el pago del impuesto a través de la compensación de emisiones por proyectos de reducción o captura de estas.

Adicionalmente existe la Resolución 631 de 2015 que regula los vertimientos que realizan las diferentes industrias incluyendo la fabricación de plásticos, pinturas, vidrio, productos cerámicos, productos refractarios, materiales de arcilla para la construcción, fabricación de cemento, concreto, yeso, industrias básicas del hierro y el acero, tratamiento y revestimiento de metales, siderurgia, entre otras.

Por otro lado, el gobierno está liderando iniciativas como la Estrategia Nacional de Economía Circular, en donde se establecen metas y acciones frente a la producción, uso y disposición de los materiales de construcción:

1. Incremento del 10% del aprovechamiento de escombros en 2022 (actualmente es del 2%).
2. 90% de aprovechamiento en chatarra metálica para elaboración de acero para el año 2021.
3. Realización de un estudio nacional de caracterización y aplicaciones de RCD (2020).
4. Norma técnica ajustada para uso y aprovechamiento de materiales estériles de proyectos minero-energéticos para uso en obras de construcción en 2022.
5. Ajuste de normas técnicas para el aprovechamiento de materiales y escombros como materiales de construcción. Norma técnica adoptada en 2022⁵⁰.
6. Generar tres incentivos o instrumentos que impulsen el aprovechamiento de RCD en la industria de la construcción a 2022.

⁴⁸ Hasta 15% en la reducción de energía y/o emisiones en producción industrial

⁴⁹ El potencial de mitigación calculado por la implementación del impuesto al carbono es de 0.734 millones de toneladas de reducción de emisiones a 2030. Por control de emisiones fugitivas: 740 mil toneladas de CO₂ y por control de desechos: 3 mil toneladas de CO₂

⁵⁰ El PND 2018-2022 puso como meta al Ministerio de Vivienda, ajustar el reglamento colombiano de construcción sismorresistente para viabilizar el uso de agregados reciclados de concreto y pétreos mixtos en la construcción de infraestructura y generar instrumentos de promoción y aplicación.

7. Incremento del número de 5% de proyectos en programas de certificación para 2021.
8. Promover tres modelos regionales de aprovechamiento de RCD en 2022: Logística del sistema, rutas y residuos.

Estas metas son lideradas por el Ministerio de Ambiente y el Ministerio de Vivienda, y cuentan con recursos de la Nación.

Otra iniciativa liderada por el Ministerio de Ambiente es el Plan de Acción Nacional de Compras Públicas Sostenibles, que está orientada a promover el consumo de productos que incorporen criterios de ecodiseño, cuenten con ecoetiquetado y utilicen materiales reciclados. Sin embargo, hace falta fortalecer el marco normativo, incentivar y estimular las compras sostenibles, así como generar estímulos para la reconversión de tecnologías, investigación e innovación en las empresas colombianas proveedoras de productos y materiales.

En temas de transporte de materiales, existe el CONPES 3963 de 2019 que se enfoca en la modernización del sector transporte automotor de carga y el CONPES 3982 de 2020 enfocado en las operaciones logísticas. En la NDC a su vez se incluyen medidas enfocadas en estos temas, con acciones desde la NAMA de logística y en programas de modernización de la flota nacional.

Por último, vale la pena destacar la certificación de Icontec de Carbono Neutralidad para organizaciones con interés de ser carbono neutro⁵¹.

3.1.2.1. Cemento y concreto

Normas:

Emisiones:

- Resolución 909 de 2008 Capítulo IX: Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para las industrias de producción de cemento, concreto y agregados.
- Resolución 909 de 2008, Capítulo XII. Art. 48: Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire en hornos cementeros que realicen el coprocesamiento de residuos y/o desechos peligrosos. En la tabla 30 se establecen los estándares admisibles a condiciones de referencia con oxígeno de referencia al 11%
- Resolución 1309 de 2010. Art 5. Adición al parágrafo del artículo 48 de la Resolución 909 de 2008.
- Resolución 909 de 2008, Capítulo XIII, Art. 60: Tratamiento térmico de residuos no peligrosos en hornos cementeros.

⁵¹ icontec.org/eval_conformidad/certificacion-de-carbono-neutro/

Otras:

- NSR10

Etiquetados:

- NTC 6093: Etiquetas ambientales tipo I. Sello Ambiental Colombiano. Criterios ambientales para prefabricados en concreto.

Las metas para la Producción de Cemento establecidas en la NDC actualizada son:

- Aumento en el uso de combustibles alternativos del 7% al 15%.
- Aumento en eficiencia térmica del 6.8%, llegando a una eficiencia de 58.73% en 2030 y de 68% en 2050.
- Aumento en eficiencia eléctrica del 1.4%, llegando a 82.64% en 2030 y a 94% en 2050.
- Disminución del factor de emisión por tonelada de clínker de 0.537 tCO₂/t de clínker a 0.5224 en 2030.

Un importante logro que abre perspectivas prometedoras hacia el futuro es el desarrollo del proyecto Hoja de Ruta Colombia - FICEM: "Hacia una economía baja en carbono" impulsado por la Federación Interamericana del Cemento (FICEM) y la Cámara Colombiana del Cemento y el Concreto (PROCEMCO). Esta hoja de ruta incorpora esfuerzos realizados por la Global Cement and Concrete Association (GCCA) a través del Cement Sustainability Initiative (CSI), y las necesidades locales de mitigación y adaptación al cambio climático. Esta hoja de ruta contempla, entre otras, la elaboración de una línea base de emisiones del cemento, la información sobre el potencial de reducción al 2030 y las acciones y compromisos de la industria para la implementación de la hoja de ruta. Las principales metas de mitigación planteadas en esta hoja de ruta son:

- Alcanzar los niveles de coprocesamiento acordados con el Gobierno Nacional del 15% al año 2030, siempre y cuando cuente con el apoyo del mismo en actualizar las políticas de gestión de residuos y las normas habilitantes que deben ser actualizadas.
- Seguir promoviendo la sustitución parcial del clínker por adiciones como la puzolana, escorias de alto horno, cenizas volantes, entre otros, para disminuir la emisión de CO₂ por toneladas de cemento.
- Fomentar el establecimiento de regulaciones y estándares que permitan el uso permanente de adiciones en el cemento.
- Desarrollar investigaciones que permitan a la industria de Colombia determinar las acciones para alcanzar la meta de emisión directa de 569 kCO₂/ton cemento para el año 2030, establecida en la hoja de ruta del país, con un mercado total estimado por el Gobierno para ese año cercano a los 22 millones de toneladas de cemento.

En la siguiente tabla se presenta la comparación entre los indicadores de referencia (2015) y las metas planteadas a 2030:

Tabla 34. ESTIMACIÓN DE EMISIONES CO2 2030⁵²

Indicador	2015	2030
Producción Cemento Nacional (MINCIT)	13.046.717	21.980.948
Producción Clinker Nacional (t)	8.427.283	15.511.955
Relación Clinker/Cemento	0.68	-
Emisiones Directas Brutas Alcance 1 CO ₂ / cementitious (t)	0,600	0,569
Emisiones totales directas CO ₂ (t) producción cemento	7.164.861,6	12.507.159,4
Emisiones BAU CO ₂ (t) (2010) producción cemento	-	15.826.282,6
Reducción 2010-2030	-	21,00%

Fuente: Estimaciones de emisiones de CO₂ para la industria de cemento, Procemco & FICEM, 2021.

La meta frente a la generación de residuos y aprovechamiento de estos planteada en la Misión de Crecimiento Verde es:

- A 2030 aprovechar el 50% de los residuos post consumo generados de cemento y concreto.

Metas Empresas Privadas: Las principales empresas productoras de cemento en Colombia están desarrollando sus hojas de ruta para ser carbono cero a 2050. Actualmente, estas empresas tienen planteadas metas cuantitativas trazadas a 2030 en función de dicho propósito. La Tabla 35 presenta un resumen de la información correspondiente a metas de las empresas productoras de cemento.

Tabla 35. Metas principales empresas productoras de cemento en Colombia.

	Argos		Cemex		Holcim	
	Actualidad	Meta 2030	Actualidad	Meta 2030	Actualidad	Meta 2030
Consumo calórico producción clínker (MJ/ t clínker)	3,684	-	-	-	3,538	-
Emisiones Cemento KgCO ₂ / t material cementante	634	523	626	520	593	475
Emisiones Concreto KgCO ₂ /m ³ concreto	9	-	-	0	-	-
Emisiones agregados KgCO ₂ /t producto	2	-	-	-	-	-

⁵² Proyectado por FICEM de acuerdo ECRA y entrevistas con empresas

Emisiones electricidad KgCO ₂ /MWh	910	-	-	-	-	13 kgCO ₂ /t cem
Consumo de Agua en cemento (l/t cemento)	235	245	233	-	136	-
Consumo de Agua en concreto (l/m ³ concreto)	237	216	219	-	198	-
Consumo de Agua en agregados (l/t agregados)	109	100	123	-	-	-
Factor clínker-cemento	78%	-	77%	70%	71%	68%
Sustitución de combustibles	6.3%	33%	10.7%	32%	21%	37%
% de materias primas alternativas en cemento	12%	15%	-	16%	29%	SI
% de material cementante suplementario en el concreto	17.8%	18%	-	-	-	-
Captura de carbono	Investigación	SI: Proyecto Micro Algas	-	SI (META A 2050)	Investigación	SI: Desde 2030 2 Mill. tCO ₂ capturado al año

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes de sostenibilidad de las empresas.

Otro aspecto diferente y relevante para el establecimiento de políticas públicas es el de los obstáculos que enfrenta la industria cementera actualmente. Entre estos se puede mencionar la falta de estabilidad en el suministro de combustibles alternativos, la falta de incentivos en las políticas enfocadas a desarrollar la cadena de valor de residuos a combustible y la falta de un marco regulatorio que reconozca al coprocesamiento como una solución óptima para la gestión de residuos para materiales que no se pueden reciclar.

3.1.2.2. Acero

Normas:

Emisiones:

- Resolución 909 de 2008.

Otras:

- NTC 2289: Barras corrugadas y lisas de acero de baja aleación, para refuerzo de concreto.
- NTC 161: Barras y rollos lisos y corrugados de acero al carbono.
- NTC 5806: Acero liso, grafilado y mallas electrosoldadas para refuerzo de concreto.
- NTC 1560, Tubos de acero al carbono laminados en caliente soldados por resistencia eléctrica para uso general.
- NTC 1986, Tubos de acero al carbono laminado en frío soldados por resistencia eléctrica para uso general.
- NTC 2842, Tubería metálica. Tubos de acero al carbono y acero aleado, soldados por resistencia eléctrica, para aplicaciones mecánicas.
- NTC 3470, Tubos de acero soldados y sin costura, negros y recubiertos de cinc por inmersión en caliente.
- NTC 4526, Tubería estructural de acero al carbono formada en frío, con y sin costura, redonda y de otras formas.
- NTC 5680, Perfiles no estructurales de acero utilizados en la construcción liviana en seco.
- NTC 5681, Parales, canales y riostras o puentes de acero que soportan carga (axial y transversal), en aplicaciones con placas de yeso atornilladas y soportes metálicos para fachadas.
- NTC 5685, Perfiles estructurales de acero conformados en frío.
- NTC 5805, Lámina colaborante de acero conformada en frío.
- Reglamento técnico para barras corrugadas- Decreto 1513 de 2012 y Resolución 1856 de 2017.
- NSR10

Etiquetas:

- NTC 6034: Etiquetas ambientales tipo I. Sello Ambiental Colombiano. Criterios ambientales para elementos de aceros planos conformados en frío para uso en construcción.

Metas Nacionales - Producción, Residuos y Aprovechamiento en la industria del Acero:

Las metas planteadas hasta el momento para la industria del acero se basan principalmente en el aprovechamiento de los residuos generados como las escorias de horno de acero eléctrico y otros residuos del sector. La Misión de Crecimiento Verde plantea llegar a un aprovechamiento de residuos del 97% a 2030. Así mismo plantea la necesidad de construir 5 plantas de tratamiento de escorias dentro de cada una de las plantas siderúrgicas para poder tratar, en el horizonte 2030, el 100% de las escorias producidas en el país (se estima una producción de 400,000 toneladas en 2030).

Por otro lado, se plantea la necesidad y la meta desde la ENEC, de lograr a 2021 una tasa de aprovechamiento del 90% de la chatarra metálica para la elaboración de acero. Este es un problema importante ya que existe un gran desabastecimiento de chatarra en el país lo que limita la producción de acero nacional y por lo que se deben importar grandes cantidades de este material. El impacto asociado a la reducción de importaciones de acero está calculado en 1.286 KgCO₂eq/t al año (Tecnalia, 2018, Pg.100)⁵³. Para solucionar este problema, se propone desde la ENEC, la creación de tres plantas de desintegración vehicular a 2021 y desde la E2050 el desarrollo de un programa de formalización y certificación de empresas recicladoras de chatarra que incluye el desarrollo de estándares de calidad, capacitación de trabajadores y encadenamiento de recicladores con las empresas siderúrgicas.

Los productores nacionales han concentrado sus esfuerzos en mejorar los procesos de reutilización y gestión del agua, llegando a un 91% de agua recirculada en los procesos y construyendo plantas para el tratamiento de aguas residuales. También en tener sistemas de control de emisiones atmosféricas, en optimizar el uso de la energía en los procesos de producción y mejorar el procesamiento y aprovechamiento de desechos generados en el proceso de preparación y limpieza de chatarra. Por ejemplo, Sidenal como parte del proyecto R&CE- Recuperación y Conversión Energética, cuenta con una planta de pirólisis que le permite una producción con cero residuos y la sustitución de combustible. Ternium por su parte cuenta con una fragmentadora para procesar la chatarra, que mejora la productividad y el rendimiento del proceso (Comité colombiano de productores de acero, 2018).

Es importante mencionar que la NDC no establece metas específicas para la industria del acero, en términos de disminución de emisiones. Esta industria se comprometió únicamente a aumentar los potenciales de aprovechamiento dentro de un esquema de economía circular pero no a implementar cambios tecnológicos.

Existen grandes potenciales de mejoramiento en esta industria. Los mayores retos están en lograr un abastecimiento continuo y confiable de chatarra y en el desarrollo de tecnologías para mejorar la separación y aprovechamiento de esta. También en el desarrollo de tecnología para reducir los desperdicios durante la fabricación y mejorar las eficiencias en los procesos productivos intensivos en energía. Es importante realizar estudios que permitan caracterizar la producción de acero nacional a nivel de consumo energético y huella de carbono, para identificar oportunidades de mejora en el proceso productivo.

Adicionalmente, pensando en las oportunidades de utilización de escorias y áridos siderúrgicos, es importante desarrollar alianzas entre el sector del acero, el cementero y la construcción para el consumo de estos en aplicaciones constructivas.

⁵³Productos Misión de Crecimiento Verde. Disponible en [este enlace](#).

3.1.2.3. Plástico

Normas:

- NTC 3205: Guía para plásticos. Sistemas de identificación.
- NTC 2935: Materiales de polietileno para tuberías y accesorios.
- NTC 4404: Accesorios para tubos de policloruro de vinilo PVC
- NTC 1644 Accesorios de suministro en fontanería.
- Resolución 1407 de 2018: Responsabilidad extendida del productor para residuos de envases y empaques.
- Ley 2041 de 2020: la prohibición del uso, fabricación, importación o comercialización de los productos que contengan plomo aplica a: tuberías, accesorios y soldaduras empleados en la instalación o reparación de cualquier sistema de distribución de agua para uso humano, animal o de riego, que migren al agua concentraciones de plomo superiores al 0,0005 mg por litro de agua.

Etiquetas:

- NTC 5871-Etiquetas ambientales tipo I. Sello Ambiental Colombiano. Criterios ambientales para accesorios de suministro en fontanería.

Metas Nacionales:

Es importante aclarar que no hay metas específicas desde políticas públicas para la reducción de emisiones provenientes de los plásticos producidos para la industria de la construcción. Las metas se enfocan principalmente en el aprovechamiento de envases y empaques:

- La E2050 plantea como meta llegar al 50% de aprovechamiento de plásticos a 2030, no es específico para plásticos provenientes de la industria de la construcción. Esta meta es superior a la planteada por Acoplásticos de llegar al 30% de aprovechamiento de envases y empaques a 2030.
- La Misión de Crecimiento Verde plantea como estrategia el desarrollo de un programa de formalización y capacitación a recolectores para mejorar el rendimiento de recolección y garantizar estabilidad para el suministro continuo y con calidad. También plantea el diseño, construcción y operación de centros de clasificación y tratamiento de plásticos.
- La Misión también plantea la necesidad de realizar ecodiseño de los productos plásticos, es decir un diseño del producto optimizado para el reciclaje y desarrollar plásticos que al descomponerse no generen micro plásticos y sean amigables con el medio ambiente.

Es importante considerar que no existe un inventario de residuos de plástico por lo cual es difícil estimar el porcentaje de recolección y aprovechamiento real. En la información

disponible⁵⁴ no se diferencia entre los usos de plástico para la construcción, ni hay caracterización de consumo energético por producción plásticos para la construcción o cálculo de emisiones asociadas a su producción.

Como se puede observar falta mucha investigación con respecto al uso, producción y aprovechamiento de plásticos en la construcción en Colombia. Vale la pena anotar que es importante plantear estrategias para aumentar el valor del reciclaje de plástico con el propósito de incentivar esta actividad. Esto se logra en gran medida, mejorando la calidad del plástico que se recicla con mejoras en la clasificación, y flujos más limpios del material, con el propósito que tengan precios cercanos a los de materiales vírgenes.

También es importante generar un desestimulo al uso de materias primas vírgenes. En este momento, en Colombia, el impuesto al carbono no aplica para el petróleo que se utiliza como insumo para la fabricación de plástico.

Pinturas:

Normas:

- Ley 2041 de 2020: la prohibición del uso, fabricación, importación o comercialización de los productos que contengan plomo aplica a Pinturas arquitectónicas, que excedan los 90 ppm (0.009%) de plomo.
- Resolución 1154 de 2016 por la cual se expide el reglamento técnico aplicable a la etiqueta de pinturas base agua tipo emulsión de uso arquitectónico, para interiores o exteriores, que se fabriquen, importen o comercialicen en Colombia.
- NTC 1335. Pinturas al agua tipo emulsión.
- NTC 5828. Pinturas al agua tipo emulsión para uso exterior de alta resistencia.
- NTC 6018. Etiquetas ambientales tipo I. Sello Ambiental Colombiano (SAC). Criterios ambientales para pinturas y materiales de recubrimiento.
- NTC 1401. Pinturas y productos afines. Barnices Alquídicos de secamiento al aire.
- NTC 1283. Pinturas. Esmaltes sintéticos de secamiento al aire.

Otros:

- Límites de concentración de formaldehído en el ambiente: tabla 15 de la Monografía sobre la Evaluación del Riesgo Carcinogénico en Humanos - Volumen 88 de la IARC: <https://publications.iarc.fr/106>

Etiquetas:

- NTC 6018- Etiquetas ambientales tipo I. Sello Ambiental Colombiano. Criterios ambientales para pinturas y materiales de recubrimiento.

⁵⁴ Informe Acoplásticos 2021: [Plásticos en Colombia 2020-2021](#).

El Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales desarrolló en 2019 un estudio en el cual se determinó que el 53.2% de las pinturas analizadas se encuentran por encima del límite máximo de contenido de plomo de 90 ppm. Específicamente en los vinilos es del 35% y en los esmaltes del 77.6%. A partir de la Ley 2041 de 2020 se pretende formular normas que permitan regular el contenido de plomo en diferentes productos incluyendo las pinturas y un plan de acción que permita establecer medidas a corto, mediano y largo plazo.

Como iniciativa desde la industria existe el “Pacto por las buenas prácticas en la industria de pinturas y recubrimientos similares” (Acoplásticos, 2021), como mecanismo de autorregulación que busca materializar el compromiso de fabricar productos de manera responsable y transparente. Este pacto incluye a las empresas de la industria de pinturas, tintes y recubrimientos similares, así como para los proveedores de materia prima. Dentro de este pacto se busca promover la economía circular, ser transparentes para la promoción de un consumo responsable y para el bienestar de los consumidores, y garantizar que las etiquetas ECO y/o ambientales, sean veraces.

Entre las actividades que se plantean para materializar los objetivos del pacto están emprender acciones y programas para el aprovechamiento de residuos que se generen en la producción, comercialización, distribución o uso de los productos; realizar encuentros técnicos para compartir buenas prácticas y desarrollos tecnológicos.

3.1.2.4. Vidrio

Normas:

- Emisiones: Resolución 909 de 2008.
- NTC 1578: Vidrios de seguridad utilizados en construcciones.
- NTC 1909: Vidrio plano flotado. Vidrio plano impreso. Vidrio plano armado.
- NTC 5783: Vidrio. Vidrio Plano Laminado.
- NTC 5756: Vidrio Plano Tratado con calor.
- NTC 5724: Vidrio Plano. Vidrio con recubrimiento pirolítico y con deposición al vacío magnetronico.
- NTC 1804: Vidrio plano estirado
- Serie NTC 5951 a 5956: Unidades de vidrio aislante.
- GTC 118: Puertas y ventanas
- DE-276-12: Vidrio curvo
- NSR10: capítulo K.4

Metas Nacionales: Al momento no se han identificado metas desde política pública o desde el sector.

3.1.2.5. Productos Cerámicos

Normas:

- Resolución 909 de 2008. Capítulo X: Estándares de emisión de contaminantes al aire para las industrias de fabricación de productos de cerámica refractaria, no refractaria y de arcilla.
- Resolución 180 de 2013
- NTC 4051: Productos cerámicos para construcción
- NTC 919: Baldosas cerámicas. Definiciones, clasificación, características y rotulado.
- ISO 13006
- NSR10 para mampostería estructural.

Etiquetados:

- NTC 6033- Sello Ambiental Colombiano. Ladrillos y Bloques de Arcilla
- NTC 6024- Sello Ambiental Colombiano. Baldosas cerámicas
- ISO 14001
- ISO 14021

Metas Nacionales:

Desde la NDC Actualizada de Colombia se plantean las siguientes medidas:

1. Fomentar el desarrollo integral de unidades productivas de fabricación de ladrillos a través de fortalecimiento de capacidades en huella de carbono, gestión de la energía, mejora de procesos y transferencia de buenas prácticas operativas, así como fomentar y gestionar procesos de reconversión y mejoras en los hornos en ladrilleras. Estas acciones ya se están desarrollando desde los programas EELA y NAMA Industria. Se espera un incremento de la eficiencia energética con un crecimiento compuesto anual de 1.5% al 2030. Esto se traduce en lograr una eficiencia de 65.10% al 2030 y del 75% a 2050, con una tasa compuesta anual de la eficiencia de 1.5% al 2030 y de 1% al 2050.
2. Impacto en mitigación de carbono negro: De acuerdo con las proyecciones se puede mitigar hasta 89 toneladas de carbono negro en el 2030.

No se han identificado metas desde políticas nacionales para los demás productos cerámicos. Hay acciones desde las empresas para reducir su huella de carbono y buenas prácticas ambientales, sin embargo, hasta el momento no ha sido posible identificar metas a mediano y largo plazo.

3.1.2.6. Madera

Normas:

- NTC 2500 Uso de Madera en la Construcción
- NSR10 Título G
- Decreto 1076 de 2015-Libro 2.

- CONPES 2834 de 1996
- Plan Nacional de Desarrollo Forestal.
- Resolución 454 de 2001. Certificaciones de procedencia legal de la madera para importaciones y exportaciones de productos forestales en segundo grado de transformación.
- Resolución 438 de 2001. Salvoconducto Único Nacional para la movilización de especímenes de la diversidad biológica.
- Resolución 0192 de 2014, por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones.
- Guía de Compra y Consumo Responsable de Madera en Colombia.

Etiquetas:

- Sellos FSC: Se otorga a gestores o propietarios de bosques cuyas prácticas de gestión cumplen los requisitos de los principios y criterios del FSC
- ISO 9000: 9001, 9002 y 9003
- ISO 14000
- Estándar CCBA
- Biotrade

Políticas actuales y Metas Nacionales:

- Colombia Compra Eficiente, es un programa para la estandarización y regulación de las adquisiciones oficiales. En el caso de los productos relacionados con los sectores forestal y ambiental, es importante dentro de los criterios de selección, contar con buenas prácticas ambientales y demostrar la sostenibilidad de los productos y/o servicios.
- Sistema Nacional de Información Forestal: permite tener información actualizada para la obtención de datos estadísticos de oferta y demanda de bienes y servicios asociados a los bosques.
- Pacto Intersectorial por la Madera Legal en Colombia: de carácter voluntario, busca asegurar que toda madera que es extraída, transformada, transportada y comercializada, provenga necesariamente de una fuente legal.
- Sistema de Aproximación Gradual al Manejo y la Certificación Forestal: es un sistema de verificación tendiente a alcanzar el manejo forestal sostenible con miras al cumplimiento de los estándares de la certificación.
- Sistema de Reconocimiento a la Procedencia Legal: Es un mecanismo basado en la compilación documental para la verificación del origen o fuente de los productos forestales.
- Desde la NDC Actualizada, se plantea la meta de contar con 514,574 ha de plantaciones forestales con fines comerciales al año 2030. Esta medida tiene un potencial de reducción de emisiones de 10,366,000 tCO₂eq.
- Misión de crecimiento verde:

- Consolidar una política forestal única, clara y ambiciosa para Colombia.
- Fomento al consumo de madera legal y a su trazabilidad.
- Generación de estímulos vía una disminución de dos puntos en el IVA a aquellos productos de madera terminada procedente de bosques naturales nacionales cuyo manejo sostenible esté certificado y/o de plantaciones forestales comerciales nacionales. Dos puntos adicionales para productos elaborados con maderas recicladas⁵⁵.
- Creación de zonas con ventajas tributarias para los clústeres forestales.
- CONPES 3919: Mejorar el control de la extracción de materiales pétreos y fomentar la producción de madera legal para la construcción, así como a la comercialización de dichos materiales.
- Acuerdos cero Deforestación con diferentes sectores para eliminar la huella de deforestación de sus cadenas de suministro.

Actualmente, la contribución del sector forestal al crecimiento económico es muy baja, rondando un 0.9% del PIB en 2017. El sector tiene una muy baja competitividad internacional ya que no hay desarrollo técnico ni científico. Hay muchas zonas de difícil acceso en el país, una existencia de altos niveles de informalidad empresarial y en la tenencia de la tierra, y precariedad de la infraestructura de transporte. Todo esto dificulta la trazabilidad de la madera. No obstante, es uno de los materiales más compatibles con el desarrollo bajo en carbono ya que los árboles absorben CO₂ durante su crecimiento y este queda almacenado durante la vida útil de la madera. Es un material con excelentes características técnicas, tiene múltiples aplicaciones en la construcción y es fácilmente reciclable y reutilizable. También ofrece ventajas en términos constructivos, al ser de construcción seca y rápida. En el mundo, hay grandes avances tecnológicos frente al uso de madera estructural e incluso se plantea como un sustituto importante del concreto y el acero.

Como se puede observar, las políticas actuales se basan principalmente en garantizar la trazabilidad de la madera y combatir la madera ilegal. Sin embargo, no hay fomento al desarrollo de la industria, ni desarrollo técnico ni científico con lo cual la oferta de productos de madera en el país es limitada e insuficiente y la calidad no es la mejor. Adicionalmente, mucha de la madera que se consume en el país proviene de bosques primarios y aunque se han planteado estímulos para madera procedente de plantaciones sostenibles estos no se han hecho realidad. Adicionalmente, la política forestal actual no responde a las necesidades de crecimiento verde del país ni hay metas cuantificables en pro del desarrollo de la economía forestal.

3.1.3. Tecnología

⁵⁵ Los descuentos en IVA se plantean a partir del 2020 hasta el 2030. Aún no se han implementado.

Actualmente la industria cementera tiene la tecnología para aumentar la cantidad de combustibles alternativos en la producción, pero la mayor limitación está en lograr un suministro constante de estos productos. También hay tecnología que permite optimizar el contenido de clínker en el cemento, incorporando puzolanas, utilizando puzolana artificial⁵⁶, o reemplazando clínker por escorias⁵⁷. Por otro lado, se cuenta con la tecnología que permite realizar el monitoreo, control y reporte de las emisiones durante la producción. En cuanto a productos prefabricados, en 2017 se produjeron 274 mil toneladas. Recientemente Argos dispuso en el mercado un sistema modular de paneles de concreto para la construcción de vivienda, la cual está en el mercado desde el 2020.

Adicionalmente, se está trabajando en tecnología para captura y almacenamiento de CO₂, en utilización del CO₂ generado para la producción de combustibles y en poder identificar otros usos de este gas. También en tecnología de calcinación solar, mineralización de CO₂, rápida recarbonatación del concreto reciclado y carbonatación natural del concreto durante su vida útil. Adicionalmente se está desarrollando tecnología que permita la inyección de hidrógeno para optimizar el proceso de combustión en los hornos, la reducción del factor del clínker y en nuevos tipos de clínker que requieren menos energía y tienen mayor reactividad. Por último, se está invirtiendo en la investigación y desarrollo de otras materias primas descarbonizadas como sustituto de la piedra caliza en la producción de clínker. Estas materias primas descarbonizadas normalmente son residuos de otras industrias, como cenizas de lignito, lodos de carburo o residuos de piedra caliza provenientes de la industria de azúcar de betabel.

En la industria del acero se tienen actualmente ciertas tecnologías que aprovechan de mejor manera la chatarra, sin embargo, se debe desarrollar tecnología que permita una mejor separación del material y que logre la eliminación o disminución del cobre y otros contaminantes. Así mismo, se debe plantear la utilización de FNCER en los hornos de arco eléctrico, el desarrollo de aceros de alta resistencia y de tecnologías como la impresión 3D que generan menos desperdicios al momento de la fabricación de los productos. Por último, es importante desarrollar tecnología para la captura y almacenamiento de carbono, principalmente para los procesos de Alto horno.

En el sector ladrillero, actualmente existen diferentes tipos de hornos para la elaboración de ladrillos en Colombia, donde los más eficientes son los de tecnologías medulares. Se han desarrollado proyectos para la reconversión de hornos, la implementación de sistemas de dosificación controlada de aire-combustible, la transferencia de buenas prácticas operativas y adecuaciones tecnológicas que permitan la reducción de emisiones de GEI. Hace falta desarrollo tecnológico para la producción en hornos eléctricos y en hornos que funcionen con combustibles alternativos⁵⁸.

⁵⁶ El cemento verde de Argos utiliza puzolana artificial.

⁵⁷ El cemento híbrido de Argos reemplaza clínker hasta en un 30% por escorias.

⁵⁸ Actualmente, se utilizan en una proporción mínima (cisco de café 2,3%, aserrín 0,2%).

En la industria del vidrio, se debe trabajar en el desarrollo de tecnologías inteligentes y altamente aislantes, acristalamientos fotosensibles, conmutables o electrocrómicos. Las ventanas de doble acristalamiento energéticamente eficientes ahorran más energía durante la operación que lo que se requiere para su fabricación (Department for Business, Energy and Industrial Strategy & British Glass, 2017, Pg. 9). También se deben mejorar los procesos para aumentar la eficiencia energética y modificar la composición del vidrio para reducir la necesidad de energía durante el proceso de fusión. Se debe explorar la posibilidad de utilizar hornos eléctricos, hacer captura de carbono, procesos de recuperación de calor y mejoras en las eficiencias de los hornos.

En la industria de la madera falta mucho desarrollo tecnológico. La extracción y producción de productos de madera es poco competitiva y tiene bajo nivel técnico. El sector presenta un grado muy alto de informalidad e ilegalidad.

En cuanto a pinturas existen muchos avances en productos a base de agua, con bajos contenidos de COV (Compuestos Orgánicos Volátiles), libres de plomo y sustancias peligrosas. Aunque en Colombia no existe regulación sobre los COV, se espera que en los próximos años se avance en esta materia. Por ahora las iniciativas de disminución de estos contaminantes provienen de las empresas.

En términos generales, existe la tecnología para utilizar FNCER para el consumo eléctrico y calórico de las industrias, junto con incentivos para su aplicación. En cuanto a herramientas o métodos para la adopción de enfoques de ciclo de vida, se utilizan las DAP y normas ISO para la certificación de productos sostenibles. No hay una herramienta estandarizada para la evaluación de proyectos con el propósito de reducir los desperdicios de materiales.

En la actualidad se generan datos e información de algunos materiales en cuanto a producción y consumo (especialmente concreto y acero), sin embargo, hay industrias como los plásticos, el vidrio y la madera, en las cuales hay muchos vacíos en la información, poco conocimiento sobre el uso en la construcción y especialmente en la cantidad de residuos generados (pre y post consumo) y aprovechados. No existe una base de datos que permita la trazabilidad de los materiales de construcción (pasaportes de materiales). Estos datos se podrían incluir dentro de las “familias” o “componentes” de los softwares BIM que provengan directamente de los fabricantes y sirvan como insumo para la toma de decisiones en los proyectos.

3.1.4. Finanzas

Actualmente existen diversas líneas de financiamiento verde que se enfocan principalmente en proyectos de eficiencia energética, energías renovables, producción más limpia, reconversión industrial y sistemas de control y monitoreo para la prevención y mitigación de los efectos sobre el medio ambiente.

Bancolombia, por ejemplo, ofrece una línea de crédito sostenible para empresas enfocada en la financiación de proyectos que ayuden a mejorar la eficiencia energética de los procesos mediante energías renovables y métodos de producción más limpios. Entre los beneficios que ofrece está la flexibilidad en la amortización y pago de intereses, la asistencia técnica experta en la identificación de proyectos y diferentes tipos de indexación.

El Banco de Bogotá tiene a su vez una línea de desarrollo sostenible enfocada en energías renovables, eficiencia energética, reconversión industrial y tratamiento y transporte de residuos. Davivienda cuenta con la línea verde que ofrece financiamiento para mejoras en procesos de combustión, compra de nuevas tecnologías de alta eficiencia y generación de electricidad o calor usando fuentes de energía renovable.

Por último, Bancóldex, junto con el Gobierno Nacional y el Ministerio de Comercio Industria y Turismo, crearon una línea de crédito para proyectos que busquen la disminución en el uso de recursos no renovables, reducción o aprovechamiento de residuos o emisiones atmosféricas, el mejoramiento de la calidad atmosférica, optimización del consumo de energía eléctrica o térmica (incluye proyectos de recuperación de calor, optimización de procesos de combustión y cogeneración), o proyectos de generación de energía a partir de fuentes renovables.

Por otro lado, existen incentivos y beneficios tributarios (exención de IVA y descuento de renta de hasta el 25%) enfocados en equipos, tecnologías y servicios que garanticen la eficiencia energética, dentro de los cuales se admiten materiales que constituyan una mejora en el diseño, construcción o adecuación arquitectónica de edificaciones (vidrios, sistemas de fachada, pinturas atérmicas). Es importante considerar que para acceder a estos beneficios el proyecto debe contar con una certificación en construcción sostenible como CASA, Edge, LEED o HQE. Estos beneficios se encuentran detallados en la Res. 190 de 2020 junto con el procedimiento para acceder a ellos. No obstante, no hay incentivos para materiales sostenibles o con bajo carbono embebido per se, ni hay desincentivos para materiales poco amigables con el ambiente o con alto contenido de carbono embebido. Actualmente, se está liderando desde el CCCS una propuesta para generar incentivos a materiales sostenibles, que incluye materiales bajos en carbono.

Los Beneficios tributarios de la Res. 196 de 2020 también incluyen medidas de eficiencia energética en energía eléctrica (fuerza motriz, aire acondicionado, refrigeración, iluminación, calor directo e indirecto), medidas de eficiencia energética en combustibles sólidos para calor directo e indirecto, medidas de eficiencia energética en gas natural para calor directo e indirecto y el diseño e implementación de Sistemas de Gestión de la Energía, SGEN, en las industrias.

La Estrategia Nacional de Economía Circular, plantea por su parte, generar tres incentivos o instrumentos que impulsen el aprovechamiento de RCD en la industria de la construcción a 2022.

La Misión de Crecimiento Verde propone la generación de estímulos vía una disminución de dos puntos en el IVA a aquellos productos de madera terminada procedente de bosques naturales nacionales cuyo manejo sostenible esté certificado y/o de plantaciones forestales comerciales nacionales. Así mismo, se proponen dos puntos adicionales para productos elaborados con maderas recicladas desde el 2020 hasta el 2030; sin embargo, estos estímulos no se han materializado. Por otro lado, existe el Certificado de Incentivo Forestal (CIF), con el cual el Estado reconoce las externalidades positivas de la reforestación y aporta hasta el 50% en efectivo de los costos de siembra de plantaciones forestales nuevas con fines comerciales y del segundo hasta el quinto año se reconoce hasta un 50% de los costos de mantenimiento de la plantación. FINAGRO es la entidad administradora de los recursos CIF.

Adicionalmente, existe el impuesto al carbono (ley 1819 de 2016, Art. 221), que tal como se menciona anteriormente, busca desincentivar el uso de combustibles fósiles, los cuales generan emisiones de GEI al quemarse. Sin embargo, los combustibles considerados en la ley son el Gas Natural, el GLP, Gasolina, Kerosene y Jet fuel, ACPM y Fuel Oil, dejando por fuera al carbón, responsable de una alta contaminación y daño ambiental, y el más utilizado en la industria de materiales de construcción⁵⁹. En el Decreto 926 de 2017, se establecen las normas para la no causación del impuesto a los usuarios que demuestren ser carbono neutrales respecto a las emisiones producidas por el uso de combustibles fósiles o puedan reducir el pago del impuesto a través de la compensación de emisiones por proyectos de reducción o captura de estas.

3.1.5. Desarrollo de capacidades

Hay necesidades importantes de generación de conocimiento e investigación frente al aprovechamiento de RCD, a la información sobre carbono embebido en los materiales y frente al desarrollo de materiales sostenibles. De acuerdo con la ley de cambio climático el 1% de los recursos se deben ir a Colciencias para financiar investigación en temas de cambio climático, pero no hay recursos específicos para desarrollo de materiales bajos en carbono. La investigación la hacen principalmente las empresas privadas como parte de sus líneas de innovación.

Dentro de la Estrategia Nacional de Economía Circular se plantean tres temas importantes para la generación de conocimiento frente al aprovechamiento de RCD: La realización de un estudio nacional de caracterización y aplicaciones de RCD, el ajuste de la Norma técnica para uso y aprovechamiento de materiales estériles de proyectos minero-energéticos para uso en obras de construcción y el ajuste de normas técnicas para el aprovechamiento de materiales y escombros como materiales de construcción (Actualización de la NSR 10).

⁵⁹ El potencial de mitigación calculado por la implementación del impuesto al carbono es de 0.734 millones de toneladas de reducción de emisiones a 2030. Por control de emisiones fugitivas: 740 mil toneladas de CO₂ y por control de desechos: 3 mil toneladas de CO₂

En la industria del acero se necesita un sistema de investigación tecnológica para la reducción y aprovechamiento de escorias de acero y la generación de normas técnicas para este propósito. Así mismo existe la necesidad de capacitación de recicladores de chatarra y el desarrollo de un estándar de calidad para su recolección. En general, se requiere desarrollo de capacidades en las diferentes etapas del proceso de manufactura.

En la industria del plástico es necesario realizar un estudio de caracterización de la industria de la construcción para conocer los impactos y potenciales de aprovechamiento reales. Se debe mejorar la capacidad de recolección, generar estándares de calidad y formalizar y capacitar al personal que realiza esta labor.

Dentro de la industria de productos de madera hace falta fortalecer los elementos técnicos de productividad y competitividad del sector forestal, a través de la implementación de asistencia técnica, sistemas de trazabilidad, articulación y mejoramiento de los programas de capacitación, ordenación forestal de los bosques naturales y promoción al consumo de madera. Así mismo se necesita fortalecer la investigación forestal impulsando la innovación en productos de construcción principalmente en el desarrollo de elementos de madera estructural, mediante la articulación entre la academia y el sector.

Es importante capacitar a los diseñadores, tanto arquitectos como ingenieros, sobre materiales sostenibles para que los conozcan y especifiquen en los proyectos. Así mismo, para que generen diseños eficientes que permitan optimizar el uso de los materiales de construcción. También existe la necesidad de capacitar a los consumidores para que demanden materiales sostenibles.

3.1.6. Equidad e inclusión

En el PND 2018-2022, Pacto por la sostenibilidad, se plantea la política de producir conservando y conservar produciendo. Uno de sus objetivos es mejorar la calidad del aire, del agua y del suelo para la prevención de los impactos en la salud pública y la reducción de las desigualdades relacionadas con el acceso a los recursos.

Recientemente Argos y Bancolombia anunciaron el cierre de un contrato de crédito ligado a indicadores de sostenibilidad, en que la tasa de interés está ligada al desempeño empresarial en términos de equidad de género y cambio climático (Revista Semana, 2021a). Este es el primer crédito de este tipo que se otorga en el país, y todavía no hay una línea de crédito estructurada en este sentido. No obstante, es un gran paso para el impulso tanto de la equidad de género como de mejores prácticas frente al cambio climático.

3.1.7. Innovación



Las empresas cementeras están realizando esfuerzos importantes en innovación de productos bajos en carbono y en desarrollo de tecnología para la captura y almacenamiento de CO₂. Argos, por ejemplo, está desarrollando un proyecto a partir de microalgas y está investigando sobre cómo inyectar CO₂ al concreto.

Es importante que en el sector siderúrgico se desarrollen aceros de alta resistencia y se mejoren procesos de recolección y separación de la chatarra.

En la industria del plástico es necesario desarrollar materiales producidos directamente a partir de gases de efecto invernadero como el metano, el CO₂ y el CO, desacoplados del consumo de materias primas fósiles. También es necesario desarrollar polímeros que al reciclarse no pierdan sus propiedades originales y mejorar los procesos de reciclaje para evitar el downcycling. Estos procesos de reciclaje se pueden mejorar con el desarrollo de ecodiseños y el uso de marcadores químicos y tecnología NIR.

En las pinturas se requiere innovación en pinturas de alto rendimiento que necesitan menos mantenimiento: Resistentes a la corrosión, resistentes a la abrasión, Resistentes a condiciones ambientales (pinturas arquitectónicas), pinturas fotocatalíticas que transforman CO₂ en O₂, pinturas atérmicas, uso de materias primas naturales y avances en nanotecnología.

En la industria cerámica se debe generar desarrollo tecnológico para incrementar la eficiencia de los hornos y para poder utilizar combustibles alternativos como syngas y biogás. También para la electrificación de los hornos y para la captura y almacenamiento de CO₂ a gran escala y de forma viable para esta industria.

En la industria de productos de madera para la construcción se necesita mucha innovación principalmente en el desarrollo de elementos de madera estructural.

Se debe a su vez innovar y desarrollar la tecnología para incluir la información de los materiales en bases de datos que permitan a los diseñadores, constructores y operadores de los edificios contar con información para la toma de decisiones frente a la especificación, compra, mantenimiento y disposición de los materiales.

Desde la política pública no hay grandes esfuerzos para la innovación en materiales de construcción.

3.1.8. Hábitos de consumo

Actualmente existe el programa Colombia compra eficiente y la Política de compras públicas que buscan fomentar la compra de servicios, materiales y productos sostenibles desde las entidades oficiales. Para esto se elaboró el manual de compras públicas y la guía de compra y consumo responsable de la madera en Colombia.

Hace falta educación e incentivos para promover una cultura de consumo responsable de materiales de construcción y mayor conocimiento por parte de los distintos agentes en la cadena de valor para poder seleccionar y especificar de manera apropiada los materiales.

3.1.9. Mapa de actores involucrados y roles en el camino de descarbonización

A nivel nacional el Ministerio de Ambiente y el Ministerio de Industria y Comercio deben desarrollar y promover las políticas hacia la descarbonización de los materiales de construcción. Deben promover el consumo de materiales con bajo carbono embebido, el uso generalizado de ACV, el desarrollo de bases de datos, plataformas de intercambio para materiales de construcción e información sobre la disponibilidad y trazabilidad de estos materiales. También se deben promover regulaciones para el tratamiento de los edificios al final de su vida útil y normas para el uso de componentes reutilizados. Hasta la fecha, el enfoque ha sido principalmente sobre la eliminación segura de residuos de construcción y demolición, sin embargo, para realmente aprovechar las oportunidades de economía circular, sería necesario habilitar una serie de otras prácticas. Un ejemplo es la introducción de pasaportes de materiales.

Adicionalmente, se debe establecer un entorno legislativo favorable, con incentivos desde el gobierno (por ejemplo, contratación pública), negocios innovadores y circulares, así como modelos financieros, para garantizar una visión a largo plazo y apoyar la toma de decisiones de los promotores de los edificios. También, se deben establecer normas y regulaciones que de manera gradual aseguren el consumo de los productos y materiales con bajo carbono embebido.

La industria por su parte debe modificar las prácticas productivas más intensivas, mejorar la eficiencia en el consumo de energía y recursos, innovar, producir materiales bajos en carbono y generalizar el uso de ACV que permita conocer las características específicas de cada material mediante información unificada y comparable. Adicionalmente, deben trabajar para una mayor incorporación de materias primas recicladas y mejorar los procesos para el cierre de ciclos de los materiales. Se requieren algunos cambios en las prácticas actuales, pero en su mayoría lo que realmente se requiere es una integración y extensión de estas prácticas. Los pioneros de estos modelos y prácticas comerciales bien podrían encontrar en las innovaciones una fuente de ventaja competitiva. Las asociaciones sectoriales apoyarán a las industrias en la transición y serán los medios fundamentales para compartir buenas prácticas y diferentes conocimientos.

Los diseñadores (arquitectos e ingenieros), deben adoptar un enfoque de ciclo de vida en los diseños para lo cual deben conocer los conceptos de ACV, el potencial de incrementar los contenidos reciclados de los materiales en los productos, el posible reúso del producto, componente y edificio y su capacidad actual y futura de reciclaje y transformación.

Los constructores deben priorizar la compra de materiales sostenibles de alta calidad y desarrollar técnicas constructivas que mejoren la productividad y disminuyan los desperdicios de materiales durante el proceso constructivo. También deben promover esquemas de contratación que involucren el uso eficiente de materiales y la reducción de residuos e inventarios.

Por último, el Ministerio de Industria y Comercio junto con las universidades y entidades como el CCCS y CAMACOL serán responsables de la generación de conocimiento y acompañamiento técnico que permitan la implementación de las políticas y la toma de decisiones dentro de las industrias.

En la Figura 26 se presenta el mapa de actores identificado para los procesos relacionados con la provisión de materiales.

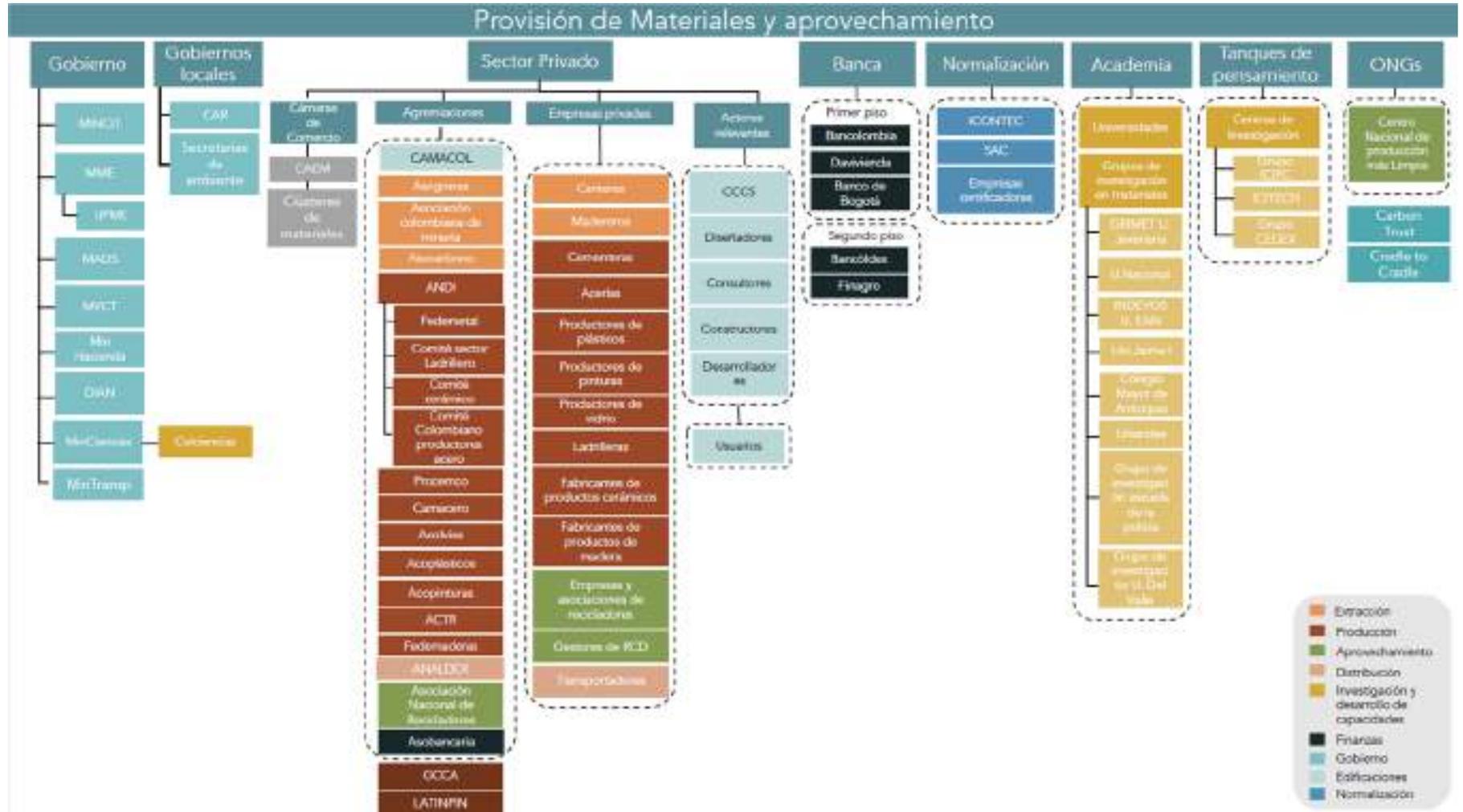


Figura 26. Mapa de actores provisión de materiales. Fuente: CCCS.

3.1.10. Resiliencia y Gestión del Riesgo

En el PND 2018-2022, Pacto por la sostenibilidad, se plantea la política de producir conservando y conservar produciendo que está orientada hacia una economía circular y a aumentar la eficiencia en el uso de los recursos para asegurar la sostenibilidad en el tiempo de la economía. En este mismo sentido la Política y Misión de Crecimiento Verde establecen metas frente al consumo de recursos y frente a su eficiencia. Desde estas políticas, para los materiales de construcción, se establecen metas específicas para el acero y el concreto y el manejo de RCD, las cuales se han explicado ampliamente en este documento.

3.1.11. Habitabilidad

En Colombia está prohibido el uso de plomo y asbesto ya que son considerados materiales peligrosos y dañinos para la salud humana.

En la Ley 2041 de 2020 se realizan prohibiciones frente al uso, fabricación, importación o comercialización de algunos productos que contienen plomo y se establece que el Gobierno reglamentará los límites máximos de plomo permitido en aquellas partes algunos artículos en los cuales es indispensable su utilización. Dentro de las prohibiciones se incluyen tuberías, accesorios y soldaduras empleados en la instalación o reparación de cualquier sistema de distribución de agua para uso humano, animal o de riego, que migren al agua concentraciones de plomo superiores al 0.0005 mg por litro de agua; y Pinturas arquitectónicas, que excedan los 90 ppm (0.009%) de plomo.

El asbesto se prohíbe a partir de la Ley 1968 de 2019, que prohíbe la explotación, producción, comercialización, importación, exportación y distribución de cualquier variedad de este mineral o productos derivados en Colombia. Esta ley entró en vigor desde el 1 de enero de 2021. Adicionalmente, se establece que el Gobierno dispondrá de un periodo de cinco años, que empieza a contar a partir de la promulgación de la norma, para formular una política pública de sustitución del asbesto instalado en el país.

3.2. Planeación y diseño

3.2.1. Política y regulación

3.2.1.1. Planeación y Diseño Urbano

El principal instrumento para la planificación y gestión del desarrollo urbano se deriva de la Ley 388 de 1997 o Ley de Desarrollo territorial, en donde se definen los lineamientos técnicos, políticos, administrativos y jurídicos para el desarrollo de los planes de ordenamiento territorial (POT) a escala local, los cuales buscan un crecimiento urbano ordenado. De la misma forma, la Ley 373 de 1997 especifica los lineamientos generales para ahorro y uso eficiente agua. Más recientemente, la ley 1844 de 2017, adeop el acuerdo de París para Colombia, da directrices para elaborar los informes de la tercera comunicación nacional de cambio climática, y desarrollar el Plan Nacional de Cambio Climática, mediante la creación de los nodos regionales de cambio climático.

En este contexto, y para fortalecer las ciudades como ejes de desarrollo, se desarrolló el CONPES 3819 de 2014 o Política Nacional para Consolidar el Sistema de Ciudades en Colombia como una política de largo plazo para generar un sistema de ciudades más productivas y sostenibles. Con esta política se busca orientar, articular y organizar el territorio con el propósito de hacer más eficiente el desarrollo y las actuaciones de las entidades nacionales y territoriales. Dentro de esta política se crea el Observatorio del Sistema de Ciudades, con el fin de realizar seguimiento y apoyar el ordenamiento territorial.

Más recientemente, la Política Nacional de Ciudades, Ciudades 4.0, se enfoca en lograr ciudades más sostenibles, equitativas y productivas mediante el fortalecimiento de las capacidades en las ciudades, la sostenibilidad ambiental, el ordenamiento territorial y uso de TIC para su modernización. Así mismo, la Política de Gestión Ambiental Urbana, establece directrices para el manejo sostenible de las áreas urbanas, orientadas principalmente a la armonización de las políticas ambientales y de desarrollo urbano para la construcción de ciudades sostenibles. El Gobierno actual está formulando la Estrategia de Biodiverciudades, para que las ciudades colombianas se desarrollen bajo criterios de sostenibilidad e innovación, e integren y prioricen la biodiversidad y sus beneficios en su planeación urbana y desarrollo económico y social, promoviendo la bioeconomía, hábitos de consumo responsable, la ciencia, la tecnología, la innovación y la economía circular (E2050 Colombia, 2021).

Así mismo, dentro de la E2050 se está planteando una línea de trabajo de ciudades y territorios inteligentes y resilientes con un desarrollo urbano integral para la sostenibilidad ambiental, que fomente la biodiversidad, equidad, conectividad y productividad, con una gobernanza robusta y una ciudadanía participativa. Se propone una visión de desarrollo urbano de proximidad, enfocado en fomentar la accesibilidad y el uso mixto del suelo que potencie la actividad económica y habitacional mediante usos densos y diversos, la vida

pública y la interacción social, a partir de proyectos de revitalización de las áreas construidas y nuevos desarrollos para el control de la expansión urbana.

En temas de cambio climático, la Ley de Cambio Climático (Ley 1931 de 2018), establece la necesidad de incluir planes integrales de gestión del cambio climático y planes de prevención de desastres en los POTs, como parte de los instrumentos de gestión y planeación del territorio. La Política de Cambio Climático por su parte establece una línea estratégica de desarrollo urbano bajo en carbono y resiliente al clima y líneas de acción encaminadas a infraestructura resiliente, uso eficiente de agua, transporte, reducción y valorización de residuos, eficiencia energética, desarrollo compacto e infraestructura verde. A su vez, crea el Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA), con la finalidad de lograr la coordinación interinstitucional entre el nivel central y territorial para promover políticas, estrategias, planes y programas para la mitigación de GEI y adaptación en materia de cambio climático. El SISCLIMA establece ocho nodos regionales y una comisión intersectorial de cambio climático. También se establece el RENARE como el sistema para contabilizar y registrar las emisiones de GEI.

El Plan Integral de Gestión de Cambio Climático Sectorial (PIGCCS) para Vivienda y Saneamiento del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, plantea diversas medidas enfocadas en la protección de la estructura ecológica principal, la reducción de la deforestación y la protección de fuentes de acueductos. Entre estas están la compensación de masa forestal y acciones de protección y conservación en 24 cuencas abastecedoras en los municipios priorizados. También plantea como meta la reducción de emisiones de GEI en desarrollos urbanos formales e informales, con el propósito de reducir un 20% de las emisiones de GEI del sector vivienda, ciudad y territorio.

Adicionalmente, es importante mencionar dos acciones de mitigación nacionalmente apropiadas (NAMAS), incluidas también en la NDC. La NAMA Hábitat se enfoca en el mejoramiento de los asentamientos informales a través de la planificación integral y sostenible del territorio por medio la implementación de medidas de reducción de emisiones GEI que sean medibles, reportables y verificables. La NAMA DOT (Desarrollo Orientado al Transporte), cuyo objetivo es desencadenar cambios transformacionales en el desarrollo urbano de las ciudades colombianas, a través de la construcción de infraestructura y edificaciones de larga duración que desencadene usos del suelo y patrones de viaje más sostenibles. Este último tiene un potencial de reducción de emisiones de 0.16 Mt CO₂eq, asociados a los cambios en los comportamientos de viaje. En general, de acuerdo con el Plan de Desarrollo 2018-2022, se busca que el déficit cuantitativo urbano se reduzca a 4% en 2022 y a 2,7% en 2030; la meta en cuanto a déficit cualitativo es llegar a un déficit de 8,5% en 2022 y a 7% en 2030.

3.2.1.2. Planeación y Diseño Edificaciones

En el CONPES 3919 de 2018 se establecen los lineamientos de política de Edificaciones Sostenibles, con el objetivo de contribuir a mitigar los efectos negativos de la actividad edificatoria sobre el ambiente. La política proporciona una estrategia de instrumentos e incentivos que permitan una ejecución efectiva de la misma con un horizonte de tiempo hasta 2025. No obstante, la falta de aplicabilidad de los incentivos ha sido una gran barrera para su implementación. Algunas de las estrategias desarrolladas son: las exenciones tributarias (Código de construcción sostenible de Medellín), la agilidad de trámites a proyectos que implementen estrategias de construcción sostenible (en Bogotá, Resolución 3654 de 2014), y aumento de edificabilidad (para proyectos VIS y VIP, reglamentado en Bogotá por los Decretos Distritales 613 de 2015 y 566 de 2014).

A nivel normativo, existe la Resolución 549 de 2015, la cual establece porcentajes mínimos y metas de ahorro de agua y energía a alcanzar en edificaciones nuevas, excluyendo, en términos de obligatoriedad a las viviendas VIS y VIP. Para su implementación y seguimiento, se desarrolló en Bogotá, Cali y Montería el programa Building Efficiency Accelerator (BEA, por sus siglas en inglés) y se está desarrollando la implementación de un sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) que permita cuantificar las reducciones de emisiones de GEI. Este último es un programa piloto que se pretende replicar en diferentes ciudades del país.

Adicionalmente, los sistemas de certificación en construcción sostenible han sido una respuesta desde el sector privado para la construcción de entornos más equitativos, seguros, resilientes y saludables. Los sistemas de certificación permiten la toma de decisiones informadas y medibles, siendo sistemas de gestión para la planificación, diseño, construcción y operación de las edificaciones. Estas certificaciones tienen una penetración cada vez mayor en el mercado debido a los incentivos tanto para los constructores como para los compradores, por lo cual, actualmente existe en Colombia un mercado dinámico y emergente para estos.

Por otro lado, desde la E2050 se tienen diferentes metas con horizonte a 2030, 2040 y 2050 frente a las edificaciones, que incluye el desarrollo del marco legal para que todas las edificaciones nuevas a 2030 sean Neto Cero Carbono y todas las edificaciones nuevas y existentes sean Neto Cero Carbono a 2050, entre otras:

A 2030:

- Microzonificaciones climáticas en desarrollo, para generar datos a nivel de ciudad para usar como base en diseños bioclimáticos.
- Actualizar e implementar estándares de medidas pasivas y activas en el diseño y construcción en edificaciones residenciales y no residenciales para la reducción del consumo de energía y agua. El 100% de las edificaciones nuevas a nivel nacional debe implementar dichas medidas a 2026.

- Etiqueta energética para edificaciones en ejecución y seguimiento, que garanticen reducciones en el consumo de energía, articulada a incentivos que faciliten promover su uso. Esta etiqueta está a cargo del Ministerio de Minas y Energía. (No está claro si será voluntaria u obligatoria).
- Normativa legal de construcción en Colombia ajustada y actualizada, para incluir lineamientos enfocados para edificaciones altamente eficientes y adaptadas al cambio climático que en su ciclo de vida y la interacción con el entorno generen un balance neto de emisiones de carbono igual a cero.
- Contar con un estándar para edificaciones neto cero desarrollado, que fomente el uso de técnicas innovadoras de construcción, uso de materiales reciclados, incorporación de infraestructura verde, eliminación del uso de combustibles fósiles y optimización del consumo de energía y agua.
- Mecanismos de control urbano para garantizar la implementación de las normas, estándares y protocolos para edificaciones sostenibles desarrollados y en implementación.
- Criterios para arriendo, compraventa y construcción de edificaciones para el uso público establecidos y en ejecución, para garantizar el cumplimiento del estándar de edificaciones neto cero, en edificaciones nuevas, y de medidas de adecuación para la reducción del consumo de energía y agua, en edificaciones existentes.
- Reglamentación ajustada para incluir criterios de sostenibilidad en las etapas del ciclo de vida de las edificaciones nuevas y existentes.
- Procesos de vegetalización en Infraestructura de uso público implementados con especies nativas y climáticamente inteligentes, a través de techos verdes, huertas urbanas, jardines y zonas verdes, en el 30% de edificaciones de las categorías educación, institucional y salud.

A 2040:

- Estándares, protocolos y sellos para edificaciones en implementación y seguimiento.
- Mecanismos de reporte y verificación ajustados y en ejecución, para garantizar la implementación de las normas, estándares y protocolos para edificaciones neto cero.
- Cada ciudad desarrolla e implementa normativa legal que permita hacer obligatoria la construcción bajo los parámetros de sostenibilidad, aplicando tecnologías de infraestructura verde.

A 2050:

- 100% de las licencias de construcción incorporan estudios de vulnerabilidad y riesgo al cambio climático y establecen las medidas de adaptación y gestión del riesgo a desarrollar en el proyecto.
- Mecanismos de reporte y verificación en implementación, para las metas planteadas de reducción de emisiones GEI y adaptación al cambio climático de las edificaciones.
- Edificaciones existentes altamente eficientes y adaptadas al cambio climático. Incluyendo medidas para aumentar la eficiencia en los consumos de agua y energía,

readecuación (remodelaciones y adecuaciones arquitectónicas) para mejorar sus condiciones de habitabilidad.

- Las construcciones en todas las ciudades (con apoyo del SNCC, SNGRD y del SINA) del país expuestos a una amenaza de sequía, contarán con sistemas de manejo eficiente y sostenible del agua para las áreas urbanas y peri-urbanas.

En términos de pasaportes de edificaciones y uso de ACV, no hay aún mecanismos definidos desde la política pública. Las evaluaciones de ciclo de vida de las edificaciones se emplean únicamente en algunos proyectos que buscan certificaciones (principalmente LEED y CASA). El uso de estas herramientas podría ayudar a tener un enfoque de diseño de economía circular contemplando el ciclo de vida del proyecto.

Las Guías y herramientas que existen actualmente para el diseño de edificaciones sostenibles con enfoque integral, se presentan a continuación:

- Guía de Construcción Sostenible, Anexo 1 de la Resolución 549 de 2015.
- Guía de lineamientos de sostenibilidad para la construcción de edificaciones en las instituciones de educación. NTC 4595
- NTC 6112- Etiquetas ambientales tipo I. Sello Ambiental Colombiano (SAC). Criterios ambientales para diseño y construcción de edificaciones sostenibles para uso diferente a vivienda.
- Guía para la implementación de estrategias de sostenibilidad en diseño y construcción de colegios nuevos de jornada única en Colombia.
- Manual de Compras Sostenibles.
- Guías de sistemas de certificación: CASA, LEED BD+C, HQE.

Al margen de lo anterior, es importante anotar que para edificaciones existentes aún no existen normas o incentivos enfocados en remodelaciones o adecuaciones que obliguen al cumplimiento de reducciones en consumo de agua y energía o que establezcan requerimientos para mejorar las envolventes o los sistemas de las edificaciones. Este será un tema relevante en edificaciones residenciales como del sector terciario para lograr la descarbonización del stock existente. Debido a la diferencia entre sectores y formas de tenencia, tanto las normas como los incentivos se deben plantear de forma diferenciada por tipología de edificación. Por ejemplo, para el sector residencial será fundamental considerar diferentes estrategias e incentivos que fomenten las mejoras en las viviendas arrendadas, considerando que el 35.7% de los hogares habitan bajo esta modalidad⁶⁰, así mismo se deberán plantear soluciones diferenciadas para el sector informal apoyados en los programas existentes a nivel local de mejoramiento de vivienda y barrios.

⁶⁰ Encuesta Nacional de Calidad de Vida, 2019. DANE.

3.2.2. Tecnología

3.2.2.1. Planeación y Diseño Urbano

En términos de monitoreo, reporte y verificación de la información sobre consumos de agua y energía en las ciudades colombianas, se desarrolló el Programa BEA en Bogotá, Cali y Montería, con el fin de desarrollar las bases técnicas para el desarrollo del protocolo de implementación de la Resolución 549 de 2015. En este proyecto se elaboró una herramienta estandarizada con el fin de facilitar la documentación del cumplimiento de los ahorros de agua y energía propuestos en la normativa vigente. A partir de estos esfuerzos se generó un sistema de monitoreo que indica las mediciones de los consumos reales de agua, energía eléctrica y gas para todas las tipologías de uso contempladas en la Resolución 549 de 2015 en la ciudad de Bogotá, y permite cuantificar la equivalencia de las emisiones de CO₂ de los ahorros resultantes de las políticas públicas. En Cali y Montería se desarrolló el protocolo de implementación, y se capacitó a los equipos del gobierno para dar continuidad a este proyecto a futuro con la plataforma de ciudades BEA u otro proyecto.

En cuanto a las tecnologías de alumbrado público, actualmente se tienen sistemas convencionales con proyectos para la sustitución de bombillas a sistemas LED y sistemas de telegestión. En algunos municipios y departamentos, se está proponiendo también el uso de energía solar fotovoltaica.

Para el manejo del agua lluvia en las ciudades, la E2050 plantea el uso de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) y la renaturalización de los ríos canalizados, así como el incremento del porcentaje de áreas verdes que presten algún servicio ambiental (recarga de acuíferos, drenaje sostenible, disminución de islas de calor). Estas estrategias se han implementado en algunos proyectos en el país y se espera que, tanto a mediano como largo plazo, sean estrategias generalizadas en los desarrollos urbanísticos. Adicionalmente en la NDC actualizada se tiene como meta lograr una cobertura del 68% el tratamiento de aguas residuales urbanas domésticas, con la entrada en funcionamiento de al menos 6 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), las cuales se espera además gestionen de manera integrada el biogás mediante la quema y/o aprovechamiento.

Para los sistemas de tratamiento de residuos sólidos se plantea la gestión y promoción de sistemas de Tratamiento Mecánico Biológico (TMB), el aprovechamiento de materiales reciclables, la implementación de sistemas de captación, conducción y quema de biogás en rellenos sanitarios y el aprovechamiento del biogás para la generación de energía eléctrica. También desde la E2050 se identifica la necesidad de contar con un sistema de servicio público de aseo articulado con la responsabilidad extendida del productor, con inclusión de los prestadores de la actividad de aprovechamiento y el potencial para su aprovechamiento energético.

Para ampliar la cobertura verde de las ciudades y el índice de espacio público se plantean diferentes metas desde la E2050:

- Planes de Ordenamiento Territorial actualizados para proteger la Estructura Ecológica Principal, aumentar la cantidad y calidad de las coberturas vegetales urbanas y peri-urbana con funcionalidad social y ecológica y que integre la gestión del riesgo.
- Gestión eficiente de arbolado urbano y fauna silvestre en ejecución, incluyendo el monitoreo de las especies, poda continua para mejorar la infiltración del suelo, manejo de bosques urbanos, producción de material vegetal y siembra de árboles en espacio público.
- Protocolos para el establecimiento de infraestructura verde en las ciudades desarrolladas, para evitar efectos secundarios indeseados (ej. propagación de insectos vectores de enfermedades).
- Restauración, rehabilitación y recuperación de ecosistemas estratégicos
- Lineamientos normativos nacionales y municipales desarrollados, que permitan los usos relacionados con huertas urbanas, jardines comunitarios, granjas urbanas y relacionados, en espacios públicos.
- Procesos de vegetalización en Infraestructura de uso público implementados con especies nativas y climáticamente inteligentes, a través de techos y muros verdes, huertas urbanas, jardines y zonas verdes en 30% edificaciones de las categorías educación, institucional y salud.

Por otra parte, dado que el país tiene una matriz energética basada en hidroeléctricas, es vulnerable frente a eventos de sequía por lo que es importante plantear estrategias de sistemas descentralizados y distritos energéticos para proveer energía y soluciones de climatización a nivel local que a su vez disminuyan las pérdidas de energía y prevengan las interrupciones en la red. Estas estrategias se están planteando desde la E2050 donde se espera que a 2030 los Planes de Ordenamiento Territorial e instrumentos de gestión del territorio estén actualizados y permitan sectorizar y crear unidades zonales que compartan servicios y funcionalidades para habilitar el desarrollo de distritos térmicos y otras soluciones de climatización sostenible, y que a 2050 el 100% de las ciudades implementen proyectos para el suministro limpio, eficiente y confiable de energía, incrementando el número de viviendas y edificaciones que generan su propia electricidad.

Finalmente, es importante tener en cuenta que, en tecnologías de la información y las comunicaciones, el Ministerio de Tecnología propuso el plan para apoyar la transformación digital de territorios y avanzar hacia ciudades inteligentes, lo cual permitirá mejorar la gestión de las ciudades y sus recursos y responder de manera eficiente a las necesidades de los entes territoriales y su población. De esta manera, se promueve el ordenamiento territorial equilibrado y sostenible.

3.2.2.2. Planeación y Diseño de las Edificaciones

En Colombia no existen regulaciones frente a valores de transferencia térmica en materiales de fachada o condiciones mínimas de desempeño de las envolventes. No obstante, en el mercado existe la oferta para tener envolventes de alto desempeño lo cual responde a necesidades de ciertos promotores. La guía de construcción sostenible, Anexo 1 de la Resolución 549 de 2015, tiene recomendaciones y estrategias para mejorar las condiciones de las envolventes.

Específicamente la guía cuenta con recomendaciones frente a elementos de protección solar (horizontales, verticales y combinados), y frente a los vidrios de protección solar. No obstante, se esperan mejoras sustanciales en el desempeño del vidriado a partir de nuevos materiales y técnicas. De acuerdo con la guía el SHGC de un vidrio debe ser máximo de 0.6 en promedio por ventana en todas las fachadas de la edificación, los rangos disponibles están entre 0 y 0.85.

Por otro lado, existen prácticas de diseño pasivo en el país que se implementan de manera generalizada. Estas consideraciones incluyen el uso de iluminación natural, orientación de la edificación, ventilación natural y protección solar en caso de requerirse. En este contexto, se debe destacar herramientas normativas como: la guía de construcción sostenible (Anexo 1 de la Resolución 549 de 2015), la guía de lineamientos de sostenibilidad para edificaciones educativas, y la guía de estrategias de sostenibilidad en diseño y construcción de colegios de jornada única en Colombia. También cabe mencionar el protocolo de ventilación natural en climas ecuatoriales desarrollado por el CCCS. Todo este conjunto de recomendaciones y buenas prácticas se deben visibilizar y potencializar ya que muchas veces, especialmente en desarrollos dentro de las ciudades se dejan de lado, generando espacios con condiciones inadecuadas de habitabilidad y obligando a los usuarios a adquirir sistemas de acondicionamiento interior.

Por otro lado, para la planeación y diseño de edificaciones, se está generando un estándar BIM, y una hoja de ruta BIM para las empresas, liderado por el Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, con apoyo de CAMACOL a través del BIM Forum Colombia y con participación de diferentes universidades del país. Este estándar es importante para poder generalizar el uso de estas herramientas que permiten una planificación detallada y completa, basada en información y en la gestión visual del proyecto lo cual mejora la comunicación entre las partes interesadas, incluyendo diseñadores, promotores, cliente, constructores, operadores y permite mayor control a las entidades regulatorias como las curadurías. Adicionalmente, una mayor digitalización del proceso de diseño, construcción y operación de las edificaciones será un factor clave para la adopción de oportunidades circulares, mediante el uso de modelos de información que permitan un mejor mantenimiento para extender la vida útil de las edificaciones y la identificación de los diferentes componentes del edificio para su posterior aprovechamiento y disposición.

La digitalización de los procesos de diseño también facilita la integración de variables de sostenibilidad como insumo de diseño (carbono embebido en los materiales, índices de comportamiento térmico, energético), y permite modelar el comportamiento energético de la edificación, para la toma de decisiones durante la etapa de diseño. Así mismo, la aplicación de metodologías IPD permite un mayor acercamiento al cliente final y por lo mismo tomar decisiones tempranas en pro del mantenimiento y operación de la edificación.

3.2.3. Finanzas

La Ley 1931 de 2018 establece que la financiación para la gestión del cambio climático contará con fuentes internacionales, recursos públicos y recursos privados. Las fuentes internacionales se deben enfocar a las prioridades identificadas en los PIGCCS y PICCTS y es tarea del SISCLIMA generar los mecanismos para acceder a estas. La financiación del resto de medidas recae en el gasto presupuestal tanto de los ministerios como de las entidades territoriales y autoridades ambientales, en el Fondo de Adaptación y en el FONAM. Esto incluye las medidas relacionadas con el desarrollo y la infraestructura urbana. Otro de los mecanismos de financiación es el impuesto al carbono del cual se destina el 30% del recaudo a proyectos para combatir el cambio climático.

El Decreto Único Reglamentario 1076 del sector de ambiente y desarrollo sostenible, en el Título 9, Capítulo 4, contiene las líneas y fuentes de financiación del FONAM para la financiación por demanda de proyectos de inversión ambiental. Así mismo, en el Capítulo 5, se definen las subcuentas de la línea de financiación por demanda de proyectos de inversión ambiental: Subcuenta de inversiones ambientales, Subcuenta de apoyo a la gestión ambiental del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Subcuenta de Inversiones Ambientales para Protección del Recurso Hídrico.

Otro de los mecanismos para el desarrollo de infraestructura urbana son las APP (Asociaciones Público-Privadas) mediante las cuales el Estado se asocia con particulares para el desarrollo de proyectos. En este esquema se realiza una repartición de los riesgos que le permite al estado ser más eficiente en la ejecución de los proyectos y el cual podría ser un mecanismo de financiación de proyectos de infraestructura sostenible o que aporten a la sostenibilidad de las ciudades. Finalmente, otro mecanismo consiste en aprovechar los recursos de la sobretasa ambiental reglamentada por la Ley 99 de 1993.

En cuanto a edificaciones, el CONPES 3919 plantea la creación de incentivos a la demanda para, por ejemplo, la compra de ecotecnologías que presenten claros beneficios a hogares, haciendo uso de instrumentos financieros como las hipotecas verdes, principalmente en Vivienda de Interés Social o Prioritario (VIS o VIP). En el 2019 se expidió la Resolución 572 mediante la cual Findeter establece una línea de redescuento con tasa compensada destinada a la construcción de vivienda de interés social (VIS) o prioritaria (VIP) con componentes de sostenibilidad.

En el año 2012 se firmó la Agenda de Cooperación entre el Gobierno Nacional y el Sector Financiero Colombiana llamado Protocolo Verde. Este acuerdo ha dado lineamientos para que las entidades financieras en Colombia incorporen dentro de sus estrategias el financiamiento climático, así como el establecimiento de acción para el riesgo ambiental y la ecoeficiencia.

En este contexto, FINDETER (Banca de inversiones para el desarrollo territorial) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) han creado el Programa ciudades sostenibles y competitivas (CSC) mediante el cual impulsan el desarrollo sostenible de las ciudades intermedias del país, desarrollando con cada una de ellas, una visión a largo plazo. También la CAF ofrece créditos, recursos no reembolsables y apoyo en la estructuración técnica y financiera de proyectos de los sectores público y privado de América Latina que fomenten el desarrollo sostenible.

Actualmente existen las líneas verdes constructor que ofrecen tasas diferenciales de entidades bancarias como Bancolombia, Davivienda y BBVA, para constructores y compradores de proyectos que cuenten con certificación en construcción sostenible; y la exención/ exclusión de IVA y beneficios tributarios (descuento de renta de hasta un 25% o deducción de renta de hasta 50%) por el uso de medidas pasivas y activas para la eficiencia energética (Res. 196 de 2020). De la misma forma, Seguros SURA ofrece beneficios para proyectos que cuenten con una certificación en construcción sostenible como el retorno del 10% de valor de la prima en las pólizas de cumplimiento y construcción una vez el proyecto reciba la certificación, acompañamiento técnico durante la construcción y asesoría para acceder a los beneficios tributarios. Estos beneficios también se extienden al comprador quien puede acceder a una póliza de arrendamiento con 10% de descuento en el valor de la prima, o a 5% de descuento en la prima de la póliza de hogar (con posibilidad de aumento de hasta el 30% según el comportamiento siniestral). En cuanto a bonos verdes, Colombia los empezará a emitir desde julio de 2021, los cuales serán destinados a la financiación de gastos e inversiones con alto impacto en temas de sostenibilidad (Portafolio, 2020). Por último, no hay esquemas de financiamiento comunitario ni de crowdfunding que promueva la construcción de proyectos de edificaciones sostenibles. Este tipo de modelos han demostrado ser exitosos en países europeos para modelos de vivienda comunitaria (cohousing)⁶¹.

En este punto, es importante destacar que aparte de la consecución de fondos de financiación, existen costos asociados a la implementación de medidas sostenibles en el sector de la construcción. En particular, estos costos se ven reflejados en la ejecución de las certificaciones en construcción sostenible. Dichos costos son considerados durante la etapa de planeación y diseño y son determinantes a la hora de decidir certificar o no un proyecto siendo esto una de las mayores barreras. De acuerdo con el estudio realizado por el CCCS,

⁶¹ Como referente se puede consultar proyectos en Viena realizados bajo este esquema. Ej. proyecto de cohabitación en terrenos cercanos a la nueva estación central de tren en Viena- Architekturbüro Reinberg ZTGmbH

Caso de negocio LEED en Latinoamérica, en promedio la inversión adicional en los proyectos para lograr la certificación LEED es de 1.42% con una desviación estándar de 0.026. El 69% de los proyectos indicó tener una inversión adicional imperceptible o menor al 1%. El 15% de los proyectos manifestó tener una inversión adicional entre el 1% y el 3% y quienes tomaron la decisión de certificar el proyecto en una etapa muy avanzada de diseño o en construcción, incurrieron en sobrecostos más altos, de entre el 5% y el 10%, además de tener reprocesos importantes. De acuerdo con los resultados del estudio, no existe ninguna correlación entre el nivel de certificación alcanzado por el proyecto y las inversiones adicionales o sobrecostos en los que incurrió el proyecto y el 42% de los proyectos indicaron un período de retorno inferior a un año mientras que ningún proyecto indicó tener un retorno de la inversión mayor a seis años.

Adicionalmente, se debe resaltar que dentro de los proyectos que indicaron tener un periodo de retorno inferior a un año se incluyen los proyectos que indicaron no tener sobrecostos o inversiones adicionales para lograr una certificación LEED. De hecho, algunos de estos proyectos reportaron tener ahorros en los costos iniciales gracias a las estrategias de diseño seleccionadas para lograr la certificación⁶², con lo que al final del proceso lograron estar por debajo del presupuesto inicial (CCCS, 2021). Para la certificación CASA se ha calculado una inversión adicional de entre 0.17% a 0.55% sobre los costos directos del proyecto en vivienda VIS y del 0.72% en No VIS. Para la certificación EDGE se calculó un sobrecosto promedio de 0.76% y para HQE de 1.26% ambos en proyectos VIS⁶³.

Finalmente, en cuanto a la adopción de BIM a nivel Nacional, se espera que con la Estrategia BIM Colombia, para 2026 la totalidad de los proyectos de construcción públicos incorpore BIM logrando como mínimo un 10% de ahorro en costos en proyectos de construcción e infraestructura pública de orden nacional. Según el documento de esta Estrategia los beneficios económicos son muy significativos, ya que varios países reportan ahorros de costos de hasta un 20% en la fase de entrega (Estrategia Nacional BIM 2020-2026) y de acuerdo con un estudio del Boston Consulting Group para el World Economic Forum, la metodología BIM es capaz de reducir los tiempos de construcción en un 30% (World Economic Forum, 2018).

3.2.4. Desarrollo de capacidades

En Colombia existen varios desarrollos a nivel de estudios, evaluaciones y políticas, para el desarrollo sostenible del territorio, sin embargo, la tendencia ha sido que se generen lineamientos o directrices de política desde varios frentes, sin un enfoque integrador de movilidad, desarrollo urbano y sostenibilidad ambiental.

⁶² Estrategias principalmente de diseño integrativo, procesos de comisionamiento.

⁶³ Datos extraídos de tesis de maestría: “Cuantificar el impacto financiero en proyectos de interés social en Cundinamarca por la implementación de certificaciones ambientales como EDGE, CASA Colombia y HQE”; tesis de Maestría en Ingeniería Civil, Universidad de los Andes, 2019, realizada por Javier Enrique Piñeros.

En estas políticas a su vez se han identificado necesidades de desarrollo de capacidades y apoyo técnico a los diferentes entes territoriales para los cuales se han implementado algunas estrategias. Por ejemplo, desde el SISCLIMA se busca coordinar esfuerzos y compromisos de las instancias del orden nacional, regional, local e internacional respecto al cambio climático y dar apoyo técnico a los entes territoriales para la incorporación y gestión de recursos de las acciones de adaptación y mitigación en los instrumentos de planeación del territorio.

Desde la Política Nacional para Consolidar El Sistema de Ciudades en Colombia, también se establece la necesidad de generar asistencia técnica para la articulación de los POT con los planes de desarrollo y los Planes de Gestión Ambiental Regional. Desde esta política también se responsabiliza al Ministerio de Industria, Comercio y Turismo a trabajar en la articulación de políticas nacionales para mejorar la productividad en materia de apuestas productivas, incentivos de ciencia y tecnología, oportunidades comerciales y formación para el trabajo. Esto también en concordancia con el CONPES 3918, Estrategia para la implementación de los ODS, desde donde se plantea la meta de aumentar la tasa de formalidad laboral a 60% en 2030.

Por otro lado, desde el PND 2018-2022 se establece la meta de fortalecer a las Autoridades Ambientales Regionales para optimizar la gestión ambiental, la vigilancia y control, y el servicio a la ciudadanía y desarrollar capacidades locales orientadas al buen gobierno, administración y control de los espacios públicos.

Para el tema de edificaciones, en el CONPES 3919 se plantea la necesidad de fortalecer la coordinación interinstitucional para la efectiva implementación de las iniciativas en construcción sostenible. También se pide al Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, a la Cámara Colombiana de Construcción y a la Asociación Nacional de Industriales desarrollar capacitaciones a través de talleres de socialización sobre buenas prácticas de sostenibilidad a constructores y profesionales involucrados en el ciclo de vida de las edificaciones, con el propósito de fortalecer las capacidades técnicas y culturales en edificaciones sostenibles. El CCCS, es líder en estos procesos de capacitación para lo cual genera una agenda abierta y cursos específicos de capacitación en temas de construcción sostenible, sostenibilidad integral y certificaciones CASA y LEED. CAMACOL por su parte, ofrece cursos de formación para fomentar el uso de BIM y la certificación EDGE.

Un caso efectivo de desarrollo de capacidades, de acuerdo con algunas entidades territoriales, es el que lleva a cabo las autoridades ambientales para la revisión y ajuste de los POT con dichas entidades. En esta revisión representa un paso fundamental para promover este tipo de iniciativas enfocadas a reducir las emisiones de gases efecto invernadero. Por ejemplo, la Gobernación del Valle del Cauca a través del Departamento Administrativo de Planeación y la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC, a través de la Dirección de Gestión Ambiental, hacen acciones conjuntas tendientes a brindar asesoría y acompañamiento en temas relacionados con la planificación y el ordenamiento del territorio a los Municipios en jurisdicción del Valle del Cauca.

Por otra parte, existe la Estrategia Nacional de fortalecimiento institucional para la incorporación de la dimensión ambiental en los instrumentos de planificación y ordenamiento territorial, que incluye la generación de lineamientos técnicos (Cartillas de lineamientos para el ordenamiento ambiental del territorio) y Conversatorios Técnicos en Ordenamiento Ambiental Territorial.

Se necesita un desarrollo importante de capacidades para lograr la digitalización de los procesos de diseño, construcción y operación. Desde el BIM forum Colombia, se está trabajando una mesa con universidades para integrar estos conocimientos desde los currículos de las carreras afines al diseño y la construcción.

3.2.5. Equidad e inclusión

La Política Nacional de Cambio Climático y el SISCLIMA, tienen como propósito articular los planes y estrategias de cambio climático de manera integrada con el desarrollo económico, social y ambiental, teniendo en cuenta las necesidades prioritarias para el logro de un crecimiento económico sostenido, la erradicación de la pobreza y la sostenibilidad de los recursos naturales. Así mismo, se busca fomentar la participación ciudadana para la toma de decisiones relacionadas con el cambio climático promoviendo la equidad e inclusión social. Recientemente, se firmó el acuerdo de Escazú que busca garantizar los derechos de acceso a información ambiental, a la participación pública en procesos de toma de decisiones ambientales y al acceso a la justicia ambiental y protección de los defensores del medio ambiente.

En este contexto, desde la Política Nacional del Sistema de Ciudades se promueven acciones que garanticen una mayor convergencia social y equidad en las ciudades, particularmente el acceso a programas integrales de vivienda social, movilidad y atractivos urbanos. También se propone avanzar en el desarrollo de políticas que promuevan la generación de suelo para programas de vivienda de interés social. En particular, en el PND 2018-2022, se plantea la meta de habilitar 16 mil hectáreas de suelo para la promoción de vivienda y desarrollo urbano ordenado.

En cuanto a los mecanismos de acceso a vivienda social sostenible, existe la Resolución 572 de 2019 que ofrece una línea de redescuento con tasa compensada destinada a la construcción de vivienda de interés social (VIS) o prioritaria (VIP) con componentes de sostenibilidad, buscando que este tipo de viviendas sean accesibles para quienes más lo necesitan. Así mismo, es importante destacar la creación del sistema de certificación CASA para viviendas VIS y VIP, con la cual se busca generar lineamientos especiales que hacen viable la aplicación de estrategias de sostenibilidad en la vivienda social y con esto puedan acceder a la certificación y por ende a todos los beneficios que esto conlleva.

De la misma forma, todas las estrategias que se encuentran enfocadas en el aumento del espacio público, que se encuentran consignadas en los CONPES 3718 y 3819, y en la E2050, están orientados a fomentar la equidad y la inclusión, ya que el espacio público es aquel por excelencia donde se generan las interacciones entre el sistema natural y el sistema social de una ciudad, es donde se genera integración social y se encuentran los ciudadanos en condiciones de igualdad. Por lo tanto, su insuficiencia profundiza la alteración de la biodiversidad, aumenta la segregación socio espacial, incrementa la inequidad y agrava las implicaciones que trae consigo el cambio climático. En consecuencia, garantizar mejores estándares de calidad de vida para los habitantes de las ciudades implica la protección y generación de espacios públicos, equipamientos y calles que incorporen la naturaleza, con lo cual sean lugares agradables, confortables y saludables, generando a su vez beneficios por la mejora en la calidad del aire, uso eficiente de la energía y el agua, disminución de emisiones de GEI, reducción en la alteración de la naturaleza y un mejor relacionamiento de los ciudadanos con el entorno natural.

Los programas de mejoramiento integral de barrios que se promueven desde las diferentes administraciones locales y se encuentran también dentro de políticas y programas como Ciudades 4.0 y la NAMA hábitat, buscan corregir las deficiencias físicas y ambientales de los asentamientos de origen informal mediante el reordenamiento o adecuación tanto de las unidades de vivienda como del espacio urbano, con el propósito de mejorar la calidad de vida de los habitantes y su acceso a los servicios que ofrece la ciudad.

Por último, la visión de ciudad planteada en la NAMA DOT y en la E2050 de una ciudad de proximidad y de usos mixtos busca que todos los ciudadanos, sin importar su condición socioeconómica puedan acceder a los mismos servicios que ofrece la ciudad en términos de transporte público, educación, salud y recreación.

3.2.6. Innovación

Para apoyar el desarrollo de ciudades inteligentes se crea el Centro de Innovación Pública Digital que, desde la Dirección de Gobierno Digital, trabaja con métodos de innovación para estimular el uso de las tecnologías digitales para impulsar la transformación digital del Estado. El Centro actúa como laboratorio, como agencia de conocimiento, como academia y como agente dinamizador del ecosistema de innovación (MinTIC, n.d.).

Adicionalmente, Colciencias hace parte del Consorcio de Política de Innovación Transformativa desde donde impulsará el desarrollo de iniciativas para contribuir a transformaciones en el ámbito de los ODS y apoyar las diferentes acciones de políticas públicas. En este sentido, presentó el Libro Verde 2030 y ha venido trabajando en la articulación entre la política pública de ciencia, tecnología e innovación con las políticas urbanas incorporando el tema de ciudades como objeto de investigación e innovación.

Por último, se identifica una necesidad de innovación en modelos de negocio y financieros que permitan la gestión de proyectos desde las mismas comunidades (como el crowdfunding), y hagan viable la construcción sostenible de proyectos que provengan desde la iniciativa ciudadana.

Desde el punto de vista de las edificaciones se necesita innovar en el desarrollo de software que permita integrar de manera sencilla diferentes componentes de sostenibilidad para tomar decisiones que reduzcan el impacto de las edificaciones. Particularmente para el proyecto Neto Cero Carbono es esencial contar con información del carbono embebido en materiales directamente desde los modelos 3D para cuantificar y tomar decisiones en base a esto. También se necesita mayor compatibilidad e interoperabilidad entre los softwares de modelado y de análisis energético.

3.2.7. Hábitos de consumo

Actualmente no existe una gran exigencia de edificaciones sostenibles por parte de compradores de vivienda o promotores de proyectos. Sin embargo, cada vez más se ha incrementado el interés desde la demanda debido a los incentivos que se han generado en el país y por los beneficios que estas edificaciones ofrecen durante la operación. Para que esto siga tomando fuerza es fundamental la educación y cultura ciudadana en sostenibilidad integral con el fin de generar conciencia y por lo mismo un involucramiento mayor desde la demanda que impulse aún más el mercado de edificaciones sostenibles.

No obstante lo anterior, es importante mencionar que la Política Nacional de Educación Ambiental puede ser una oportunidad para incidir en los hábitos de consumo de las edificaciones pues es desde la educación ambiental (tanto formal, no formal e informal) en los territorios que se pueden promover hábitos de consumo sostenible. La Ley 373 de 1997 en su artículo 13, define que: de conformidad con lo establecido en el numeral 9 del artículo 5, de la Ley 99 de 1993 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible conjuntamente con el Ministerio de Educación Nacional adoptarán los planes y programas docentes y adecuarán el pensum en los niveles primario y secundario de educación incluyendo temas referidos al uso racional y eficiente del agua. Finalmente, es importante resaltar que también los PRAE, PROCEDAS porque son instrumentos base para concientizar ambientalmente a la población.

3.2.8. Mapa de actores involucrados y roles en el camino de descarbonización

La formulación de política y planeación de las ciudades está a cargo del Gobierno Nacional, el DNP, los Gobiernos municipales (Alcaldías, Secretarías de Ambiente, de Gestión del Riesgo, hábitat, infraestructura y secretarías de planeación), y los Ministerios. Por su parte, el Ministerio de Ciencias, Colciencias, el IDEAM, el DANE, la UPME, las Universidades, ICONTEC, el CCCS y CAMACOL, entre otros, serán quienes generen la información para la toma de decisiones.

La actualización de los POTs, y la implementación de las políticas y acciones estarán a cargo de los Gobiernos municipales, quienes también serán responsables de hacer seguimiento a las mismas. La asesoría técnica y acompañamiento la deberán realizar el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, el Ministerio de Ambiente, Ministerio de Energía, Ministerio de Transporte y Ministerio de Comunicaciones y Tecnología.

Por último, el financiamiento se podrá realizar a través de la CAF, Findeter, el BID, Bancoldex, entidades financieras privadas y con recursos de cooperación internacional. Así mismo, se podrá contar con recursos privados a través de las APPs.

En el caso del diseño y planeación de edificaciones, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, junto con el Ministerio de Ambiente deben formular y actualizar las diferentes políticas y normativas, además de crear incentivos y promover la financiación desde los sectores público y privado para respaldar la adopción de actividades de eficiencia energética y descarbonización. Los actores responden principalmente a los incentivos financieros, por lo que estos deben ser adaptables a cada situación. También se debe estimular la demanda de productos y materiales bajos en carbono y se debe promover el uso de certificaciones en construcción sostenible. Las regulaciones deben estar enfocadas en todo el ciclo de vida y su entorno, y no únicamente en la eficiencia en el consumo de agua y energía.

Los promotores y compradores fomentarán desde la demanda la construcción de edificaciones Neto Cero. También estarán encargados del uso, monitoreo y control de estas por lo cual es importante considerar una educación hacia usuarios responsables de edificaciones. Los promotores también deberán desarrollar modelos de negocios innovadores que sean viables y favorables para cada actor dentro de la cadena de valor y que tengan en cuenta los costos totales del ciclo de vida, el retorno financiero y no financiero de las inversiones.

Los diseñadores (arquitectos e ingenieros) deberán implementar metodologías que les permitan desarrollar diseños eficientes y que contemplen el ciclo de vida completo del edificio. Se recomienda utilizar metodologías de diseño integrativo como BIM, que reducen

los costos, ahorran tiempo y reducen los costos durante la construcción. También facilita la operación del edificio y el reúso y reciclaje de sus componentes.

También serán responsables de generar diseños flexibles, adaptables y que promuevan el uso compartido de algunos espacios. Se recomienda diseñar con componentes estandarizados, controlar el sobredimensionamiento de los elementos, diseñar pensando en el desmontaje (utilizar componentes fácilmente desmontables) y reutilizar, en la medida de lo posible, componentes estructurales de edificaciones anteriores y contemplar siempre como primera medida, la renovación y no la demolición. Se deben especificar materiales y sistemas de fácil mantenimiento, reparación y reemplazo.

El equipo de gerencia debe realizar evaluaciones de costo beneficio y considerar diferentes métodos de evaluación que permitan cuantificar las medidas y tomar las mejores decisiones para todos los actores involucrados. Los constructores deben apoyar el proceso de diseño para que contemple todos los criterios de constructibilidad necesarios para minimizar los cambios durante el proceso constructivo y favorecer sistemas constructivos que faciliten e incorporen pensamiento de economía circular y eficiencia en el consumo de recursos.

Las universidades y centros de formación se encargarán de educar y capacitar a los profesionales y técnicos de las carreras afines al diseño y construcción de edificaciones. Deben educarlos en diseño pasivo, metodologías BIM, y en general, diseños que contemplen el ciclo de vida completo de los proyectos, y fomenten la innovación de estrategias, en lugar de la adaptación de herramientas y métodos.

En la Figura 27 se muestra el mapa de actores relacionados con la planeación y el diseño de las edificaciones.

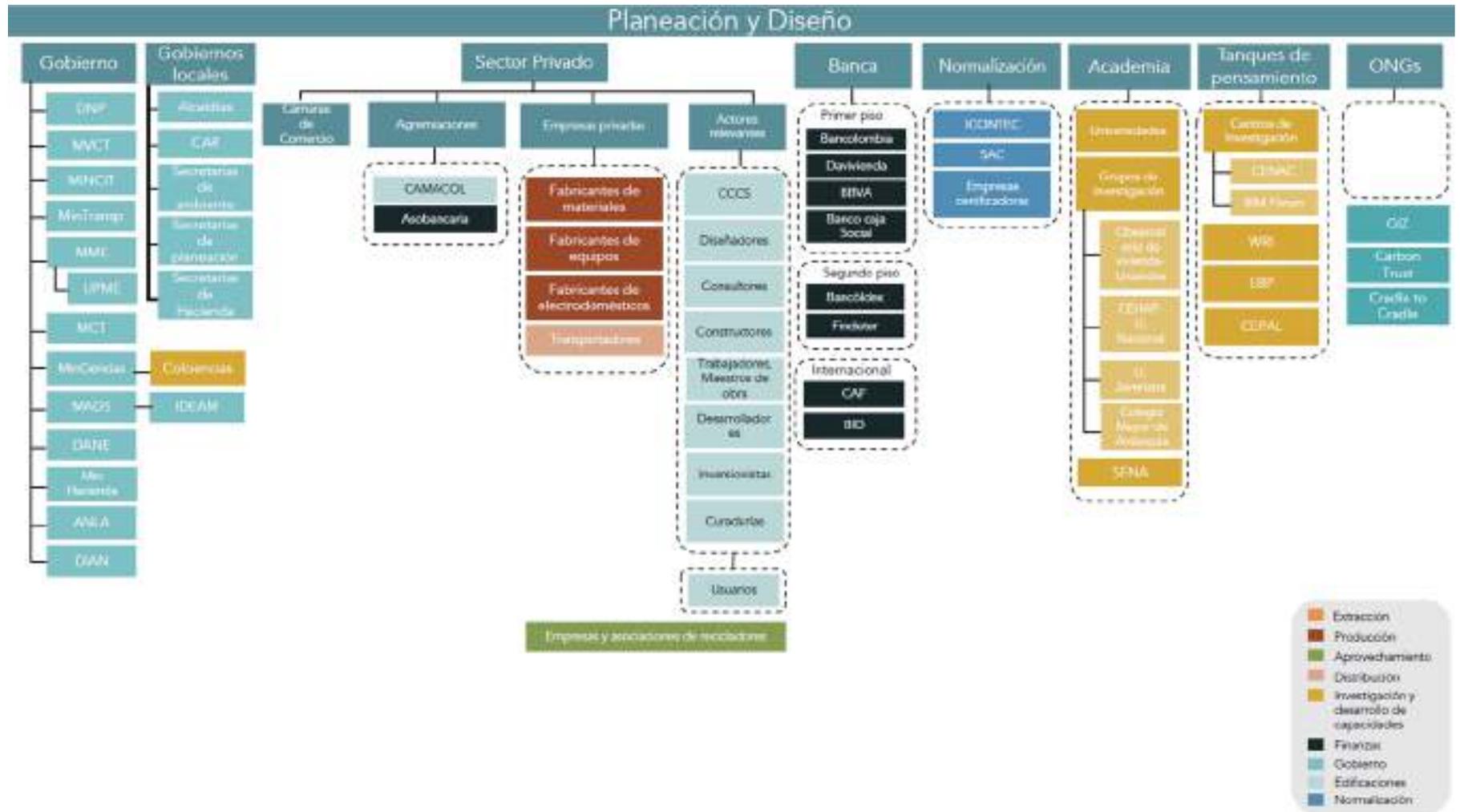


Figura 27. Mapa de actores planeación y diseño edificaciones. Fuente: CCCS.

3.2.9. Resiliencia y Gestión del Riesgo

La Política Nacional de Cambio Climático tiene como meta promover un desarrollo y ordenamiento resiliente al clima y bajo en carbono, disminuir la exposición a inundaciones y las emisiones por transporte mediante la expansión controlada de ciudades de forma más compacta e interconectada con modelos de desarrollo urbano denso; promover la conservación de la estructura ecológica principal y el manejo del paisaje, a través de la construcción y mantenimiento de espacios públicos urbanos verdes, incorporar en la planificación territorial y del desarrollo sectorial acciones de manejo y conservación de los ecosistemas y sus servicios, teniendo en cuenta el rol de los mismos en la reducción de emisiones y aumento de la adaptación territorial y sectorial; y dotar a las ciudades con infraestructura urbana (ej.: sistemas de acueducto y alcantarillado, sistema transporte urbano, entre otros) resiliente a las inundaciones o al aumento del nivel del mar.

La E2050 plantea la necesidad de generar un marco normativo de protección de los derechos humanos para desplazados por impactos del cambio climático y de generar un sistema de información y conocimiento de los patrones de movilidad humana y su relación con las distintas amenazas de origen hidro climático, así como que todos los municipios cuenten a 2050 con acciones de adaptación al cambio climático bajo el enfoque de Soluciones Basadas en la Naturaleza. También se plantea que a 2050 el 100% de las licencias de construcción incorporen estudios de vulnerabilidad y riesgo al cambio climático y establezcan las medidas de adaptación y gestión del riesgo a desarrollar en el proyecto.

En cuanto al diseño de edificaciones, la incorporación de sistemas de generación de energía autónomos y la descentralización energética son fundamentales para garantizar la resiliencia de las edificaciones y su funcionamiento aún en condiciones extremas o de desastres. Se identifica una estrategia desde la E2050 para proveer refrigeración durante épocas de calor extremo, que establece como meta que a 2050 el 100% de las ciudades implementen soluciones de climatización sostenible para su adaptación a los cambios de temperatura. También para las construcciones que se encuentran expuestas a una amenaza de sequía se plantea, que a 2050 cuenten con sistemas de manejo eficiente y sostenible del agua para las áreas urbanas y peri-urbanas.

Por último, existen diversas redes comunitarias comprometidas con el manejo y control de desastres, que participan en la formulación de planes para la gestión del riesgo en sus territorios de la mano con la Unidad Nacional para la Gestión de Riesgos y Desastres. Esta Unidad está trabajando en diversos programas y proyectos de acuerdo con unas líneas estratégicas: 1) Sinergias entre adaptación y mitigación, 2) Adaptación basada en socio-ecosistemas, 3). Articulación de la adaptación al cambio climático y gestión de riesgos, incluyendo el diseño e implementación de un sistema de alerta temprana, 4) Adaptación de infraestructura básica y sectores de la economía, 5) Incorporación de consideraciones de adaptación y resiliencia en la planificación sectorial, territorial y del desarrollo. 6) Promoción de la educación en cambio climático para generación de cambios de

comportamiento (Unidad Nacional para la Gestión de Riesgos y Desastres, 2016). No obstante, actualmente existe poco conocimiento sobre cómo adaptar las edificaciones ante eventos climáticos extremos, un ejemplo de esto es la devastación ocurrida en las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina tras el paso del huracán Iota, y las dificultades que se han presentado para su reconstrucción.

Es pertinente seguir aumentando el conocimiento del riesgo en el sector, a través de estudios sobre movimientos en masa, inundaciones y variabilidad climática que se logren incorporar satisfactoriamente en los POT y permitan sus respectivos análisis para los actores del sector de la construcción. Adicional a estos estudios, hay que pensar también en los fenómenos de las islas de calor en las ciudades y su posible riesgo, así como también los Planes de Gestión Integral del Riesgo es necesario que siempre incluyan las sequías por desabastecimiento de agua en las fuentes abastecedoras.

3.2.10. Habitabilidad

La planeación y diseño son fundamentales para garantizar la habitabilidad de los espacios. La incorporación de principios bioclimáticos en los diseños de los proyectos permite diseñar espacios que cuenten con las mejores condiciones posibles según el clima y la localización. Esto permite la construcción de espacios confortables, lo que redundará en un buen comportamiento energético ya que los usuarios no tendrán la necesidad de adquirir aparatos adicionales para contrarrestar alguna molestia que los perturbe física o mentalmente. Las microzonificaciones climáticas, para generar datos a nivel de ciudad que sirvan como insumo en diseños bioclimáticos (E2050), serán fundamentales para esto, considerando la multiplicidad de climas existentes en Colombia.

Así mismo, para edificaciones existentes se propone la readecuación (remodelaciones y adecuaciones arquitectónicas) para mejorar sus condiciones de habitabilidad, su eficiencia y su adaptación al cambio climático.

No obstante, cabe resaltar que no existen políticas en Colombia dirigidas a garantizar el confort de los espacios. No se cuenta con un código de calidad del aire interior ni regulaciones frente a valores de transferencia térmica en envolventes o condiciones mínimas de desempeño de estas. Únicamente existe el RETILAP que incorpora principios de confort visual.

3.3. Construcción

Según el segundo reporte de economía circular del DANE, la construcción consumió de manera directa del acueducto, el 1% del agua distribuida en 2018 (7.41 millones de m³)⁶⁴, consumió 9,269 terajulios y generó 74.3 Gg CO₂eq/terajulios (Emisiones de GEI generadas por unidad de energía). El DANE en la cuenta ambiental de flujos y materiales reportó 712 GgCO₂eq en 2015 asociado a la industria de la construcción⁶⁵ y 665 GgCO₂eq en 2018 (DANE, 2020b). En línea con lo anterior, de acuerdo con cifras de la UPME la demanda promedio día por la construcción del mercado no regulado en 2020 fue de 0.26 GWh-día antes del Covid 19 y entre 0.19 GWh-día y 0.24 GWh-día durante la pandemia (UPME, 2020b, Pg.26). Igualmente, la NDC actualizada reporta los siguientes datos asociados a las emisiones de GEI en la industria de la construcción: 611 GgCO₂eq en 2015; 311 GgCO₂eq en 2030 y 596 GgCO₂eq 2050 en el escenario de referencia, y supone para el escenario de mitigación un decrecimiento en la intensidad de energía final a una tasa de -0.4% a -0.8%.

Adicionalmente, y según como lo evidencia el inventario de emisiones de contaminantes criterio de Bogotá (2018), el proceso de construcción de las edificaciones tiene un impacto en la calidad del aire. Para el caso de Bogotá, el inventario de emisiones muestra que este sector fue responsable del 23.6% de las emisiones netas de material particulado fino (PM_{2.5}), debido a la resuspensión de material durante la etapa de construcción. A nivel nacional, no se han encontrado estudios similares, pero por la naturaleza del proceso es de esperar que éste tenga un efecto importante en la calidad del aire en las zonas urbanas.

3.3.1. Contexto y Caracterización

Es importante anotar que el sector de la construcción en Colombia presenta altos índices de informalidad, según el DANE en la Encuesta Integrada de Hogares, la tasa de informalidad del sector en 2019 fue del 50%. Esto se traduce en una baja tecnificación del sector y bajo cumplimiento de la normatividad. Por otro lado, en cuanto a construcción sostenible, de acuerdo con el CONPES 4002, en Colombia, apenas el 20% de los proyectos de vivienda incluyen criterios de sostenibilidad, de los cuales aproximadamente el 17% corresponden a vivienda no VIS y solo el 3% a VIS. Para el uso de oficinas esta cifra es del 35% y para el comercio es del 21%.

Los métodos constructivos más utilizados hoy en Colombia son el sistema apertado, seguido por el sistema industrializado y la mampostería confinada. Esto se puede observar

⁶⁴ El consumo de agua total fue de 741 millones de m³.

⁶⁵ Flujos de emisiones al aire, en unidades físicas (2014 -2015p). DANE noviembre de 2017.

en el Censo de Edificaciones (CEED) en las 20 áreas censadas desde el último semestre de 2015 hasta el último semestre de 2020.

Tabla 36. Área en proceso nueva por sistemas constructivos- 20 áreas censadas.

Año	Sistema aporticado (pórticos)	Mampostería confinada	Mampostería estructural	Sistema industrializado (muros portantes)	Estructura metálica	Prefabricados (sistemas livianos)	Otros
2016	11.586.930	2.035.324	1.142.732	5.072.649	560.749	3.668	
2017	9.873.975	1.843.895	1.196.078	5.269.108	519.564	12.057	2.800
2018	8.871.160	1.254.812	1.138.056	4.752.355	263.920	13.997	1.044
2019	8.758.654	881.879	1.111.508	4.779.649	436.781	40.052	25.027
2020	5.333.356	468.510	783.348	4.017.821	283.713	61.104	4.830
TOTAL	44.424.075	6.484.420	5.371.722	23.891.582	2.064.727	130.878	33.701
%	53,9%	7,9%	6,5%	29,0%	2,5%	0,16%	0,04%

Fuente: Elaboración propia a partir del CEED, DANE, 2021.

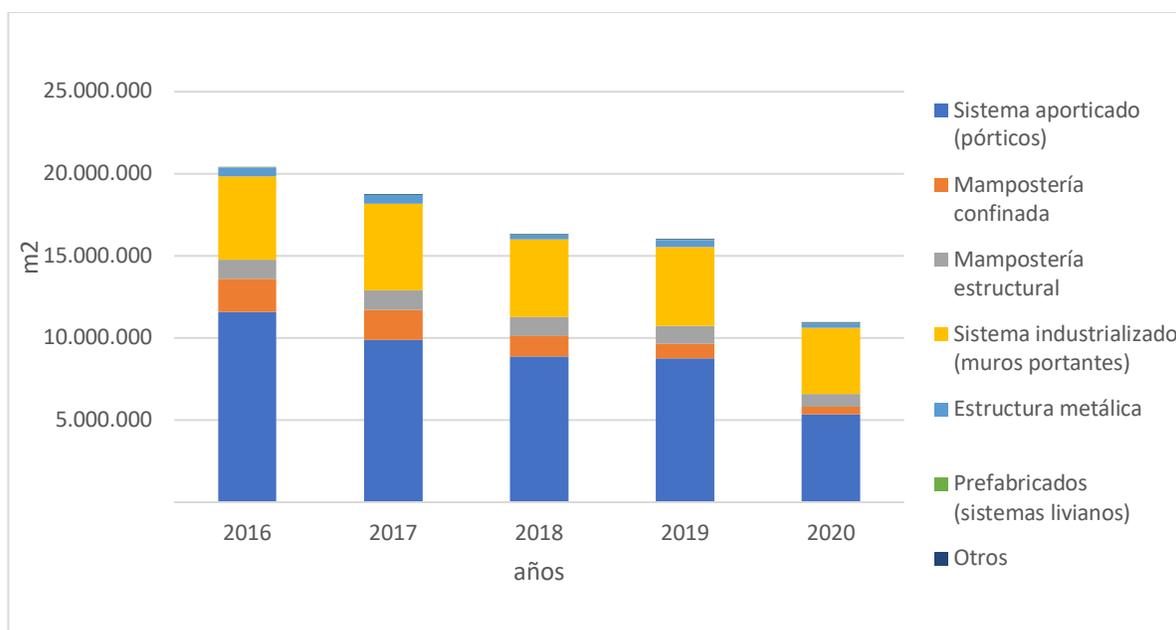


Figura 28. Área en proceso nueva por sistemas constructivos- 20 áreas censadas.

Fuente: Elaboración propia a partir del CEED, DANE, 2021.

El estudio “Determinación de propiedades físicas y estimación del consumo energético en la producción de acero, concreto, vidrio, ladrillo y otros materiales, utilizados en la construcción de edificaciones colombianas”, realizado por la empresa Ecoingeniería para la UPME en el año 2012, presenta valores asociados al consumo de materiales por metro cuadrado construido para tres sistemas constructivos (ver Tabla 41).

Tabla 37. Consumo de materiales por m² para tres sistemas constructivos: Sistema Industrializado, Mampostería Estructural y Mampostería Confinada.

	Sistemas Industrializados		Mampostería Estructural		Mampostería Confinada	
	kg/m ²	%	kg/m ²	%	kg/m ²	%
Agregados triturados	542.19	42.7%	404.05	29.3%	624.99	26.0%
Arena de río	445.21	35.1%	349.09	25.3%	733.63	30.5%
Cemento gris	156.74	12.4%	138.78	10.1%	306.12	12.7%
Roca -tierra excavac.	46.6	3.7%	152.24	11.0%	372.52	15.5%
Cerámica cocida	39.98	3.2%	301.28	21.9%	358.08	14.9%
Acero	26.68	2.1%	20.31	1.5%	9.44	0.4%
Madera	5.02	0.40%	3.58	0.26%	0.13	0.01%
Teja de fibrocemento	3.15	0.25%	5.92	0.43%		
PVC	2.35	0.19%	2.06	0.15%	2.39	0.10%
Cobre	0.42	0.03%	0.13	0.01%		
Cemento Blanco	0.37	0.03%	0.48	0.03%		
Pinturas	0.32	0.03%	0.55	0.04%		0.00%
TOTAL		100.0%		100.0%		100.0%

Fuente: "Determinación de propiedades físicas y estimación del consumo energético en la producción de acero, concreto, vidrio, ladrillo y otros materiales, utilizados en la construcción de edificaciones colombianas", Ecoingeniería, 2012.

Una tarea pendiente es la actualización de estas cifras e incluir otros sistemas constructivos como el aporcado, estructuras metálicas y los sistemas prefabricados. También sería importante conocer las eficiencias de cada sistema constructivo en relación con el tiempo y demanda de otros recursos diferentes a los materiales (mano de obra, maquinaria, costos). En este sentido, se tendrán en cuenta cifras reportadas por distintas entidades como CAMACOL, CENAC, y DANE, entre otras; esto con el fin de caracterizar el comportamiento del sector de la construcción de edificaciones (residencial y no residencial) a nivel regional y nacional.

Las principales modalidades de los contratos de construcción son los contratos de construcción por administración delegada, los contratos a precio global fijo y a precios unitarios.

- En los contratos por administración delegada, el riesgo principal lo asume aquel que contrata la obra y el contratista es un delegado o representante de esta. En estos contratos el contratista recibe unos honorarios pactados de antemano por ejecutar la obra.
- Los contratos a precio global fijo son aquellos donde el contratista se obliga a realizar la obra y asume la mayoría de los riesgos por una suma total fija la cual incluye el valor de honorarios, costos directos e indirectos de la obra.
- Los contratos por precios unitarios son aquellos donde las partes determinan los precios de cada ítem a ejecutar independientemente del volumen o cantidad por lo que el valor del contrato resulta de multiplicar las cantidades de obra por el precio unitario cotizado y el cual se puede ir reajustando.

Es importante anotar que las partes también pueden acordar que el contrato sea o no “llave en mano”.

Existen otras modalidades de contratos relacionales las cuales se han utilizado poco en el país pero que promueven una estructura de remuneración y una asignación de riesgos compartidos entre los interesados del proyecto para el desarrollo de proyectos de manera integrada y con metodología IPD.

El proceso de compras en las obras se realiza en su mayoría priorizando el precio por encima de la calidad y se van gestionando a medida que la obra lo va requiriendo, muchas veces la compra de materiales se transfiere al contratista, lo que acentúa cambios entre las especificaciones iniciales de diseño y lo que realmente se instala en el proyecto. Adicionalmente, se estructuran contratos de tal manera que quienes toman las decisiones sobre el uso de materiales no asumen el costo de ningún desperdicio, pero sí asumen el costo de las demoras, por lo que se manejan inventarios de material extra a modo de reserva. Sin embargo, debido a la falta de estandarización, los excedentes a menudo no se pueden vender ni devolver. Muchas empresas de construcción no generan datos sobre la cantidad de materiales que desperdician, lo que demuestra la poca atención que ha recibido este tema.

En cuanto al manejo de residuos en obra existe la Resolución 472 de 2017, la cual se encuentra en actualización y tiene exigencias para los generadores y gestores de los residuos. En la actualización se plantean incrementos paulatinos a las exigencias con el propósito de aumentar el aprovechamiento de los residuos a 2030. Los grandes generadores deberán aprovechar efectivamente un porcentaje en peso del total de los residuos de construcción y demolición generados en la obra (ver Tabla 38)

Tabla 38. Obligaciones de aprovechamiento de RCD para grandes generadores.

CATEGORÍA ESPECIAL	CATEGORÍA 1, 2, 3	CATEGORÍA 4, 5, 6	CUMPLIMIENTO DE META
25%	15%	0%	1° de enero de 2022

50%	40%	25%	1° de enero de 2025
90%	90%	50%	1° de enero de 2030

Fuente: Actualización Res. 472 de 2017.

Los pequeños generadores por su parte tienen la obligación de entregar los RCD a un gestor autorizado para que realice las actividades de recolección y transporte hasta los puntos limpios, sitios de aprovechamiento o disposición final.

En cuanto al uso de maquinaria amarilla, las emisiones generadas por la operación de maquinaria de construcción no se encuentran reguladas en el país, lo que implica que ingrese maquinaria nueva o usada que no son homologadas por estándares internacionales. El programa Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina, se encuentra adelantando un estudio para caracterización y construcción del inventario de maquinaria fuera de ruta e inventario de emisiones asociadas a su operación que permitirá comparar las diferentes tecnologías existentes para la toma de decisiones.

Se busca con este proyecto establecer un estándar mínimo de emisión y los límites máximos permisibles de las fuentes móviles terrestres, lo cual incluye maquinaria para la construcción, para lo que se está tramitando una norma. Entre lo que se destaca es que, a partir del 2023, se requerirá un estándar mínimo (Etapa 3B y Tier 4 Intermedio) para la maquinaria que funcione con Diesel y que esté destinada para el sector de construcción, de minería e industrial (artículos 2 y 18). Esta exigencia será evaluada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales a través de una revisión documental de reportes técnicos de entidades acreditadas, con el fin de garantizar que se cumple con el estándar en cuestión (artículos 4 al 8). De esta manera se pretende realizar un ascenso tecnológico.

3.3.2. Política y regulación

El cuerpo normativo más relevante para el sector de la construcción se encuentra compilado en el Decreto Único Reglamentario del Sector de Vivienda, Ciudad y Territorio, decreto 1077 de 2015. En esta norma se compilan decretos que reglamentan los aspectos de las licencias de urbanismo y construcción para cualquier proyecto que incluya edificaciones en el país y se detallan otros criterios. Algunos de estos son, por ejemplo:

- La obligación de los municipios a incorporar la gestión del riesgo en las normas de ordenamiento territorial.
- La obligación de los urbanizadores de realizar estudios de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa o inundación como requisito previo para obtener la licencia de urbanismo.
- La exigencia de contar con una interventoría para proyectos contratados por el estado.

- Exigencia de estudios arquitectónicos, geotécnicos, estructurales, no estructurales para acceder a la licencia de construcción.
- Obligación de presentar proyectos arquitectónicos que tengan en cuenta a las personas en condición de discapacidad.
- Obligación de cumplir con la NSR 10.

Desde la política pública no hay muchas acciones dirigidas hacia la actividad de la construcción y las que existen están enfocadas hacia el manejo de los residuos de construcción y demolición. Este es el caso del CONPES 3874 o Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, donde se identifica que en 2010 se generaron 22 millones de toneladas de RCD y por lo mismo plantea que se deben proponer medidas para el aprovechamiento de escombros, generando planes de gestión integral de residuos sólidos regionalizados e integrados a los POTs.

De acuerdo con Minambiente (2019), en Colombia los residuos de construcción y demolición constituyen en promedio el 40% de los residuos sólidos que se generan en el país, lo cual significa que se producen 22 millones de toneladas de escombros, donde aproximadamente el 30% es dispuesto de forma ilegal en botaderos o en campos abiertos. Estos escombros están compuestos en un 20% de concreto, un 50% de material de albañilería (cerámico, escayolas, etc.), un 10% de asfalto y un 20% de otros elementos como maderas, según las cifras de la ENEC.

En este contexto, la Estrategia Nacional de Economía Circular, identifica que de esos 22 millones de toneladas el 30% es dispuesto de forma ilegal en botaderos o en campos abiertos. Estos escombros están compuestos en un 20% de hormigón, un 50% de material de albañilería (cerámico, escayolas, etc.), un 10% de asfalto y un 20% de otros elementos como maderas y el nivel de aprovechamiento es solo del 2%. Por lo mismo, se plantea como meta lograr una tasa de aprovechamiento del 10% de estos residuos para el año 2022. En términos normativos los RCD están regulados por la Resolución 472 de 2017 la cual tiene diferentes exigencias enfocadas en la prevención, reducción, recolección, transporte, almacenamiento y disposición final de RCD. Entre estas están:

1. Prevención y Reducción de RDCs:
 - Planeación adecuada de la obra, que incluya la determinación de la cantidad estrictamente necesaria de materiales de construcción requeridos, con el fin de evitar pérdida de materiales.
 - Realizar separación por tipo de RCD en obra.
 - Almacenamiento diferencial de materiales de construcción.
 - Control de escorrentía superficial y manejo de aguas lluvias en la obra, cuando aplique.
2. Recolección y transporte de RCD:
 - Posibilitar el cargue y el descargue de los RCD evitando la dispersión de partículas.

- Cubrir la carga durante el transporte, evitando el contacto con la lluvia y el viento.
 - Los vehículos utilizados deben cumplir con las normas vigentes de tránsito y de emisiones atmosféricas.
3. Almacenamiento:
- Establecer uno o varios sitios para el almacenamiento temporal de los residuos, donde se deberá efectuar la separación de acuerdo con el tipo de RCD. Dichos sitios deben: Establecer barreras visuales, realizar obras de drenaje y control de sedimentos, estar señalizado y realizar acciones para evitar la dispersión de partículas.
4. Disposición final de RCD:
- Los municipios y distritos deberán seleccionar los sitios específicos para la disposición final de los RCD.

Esta Resolución está en proceso de actualización (como se mencionó anteriormente), en línea con los objetivos de lograr un mayor aprovechamiento de este tipo de residuos y debido a su gran potencial de circularidad. La E2050 plantea la meta de llegar en 2030 a un 30% de residuos de construcción y demolición (RCD) aprovechables en peso total de los materiales usados en la obra para grandes generadores y tiene identificadas diversas acciones para los flujos de materiales de construcción. Una de estas es aumentar las certificaciones en construcción sostenible tipo LEED, EDGE, CASA y Sello Ambiental Colombiano.

Por otro lado, en términos de la eficiencia del transporte y su impacto en la la cadena productiva de materiales de construcción, la Encuesta Nacional Logística del año 2018 (DNP, 2018b) muestra que en el sector de la construcción los costos del transporte representan el 15.2%, siendo el valor más alto entre los sectores económicos evaluados. De manera similar, el sector de la construcción también es el que reportó los costos logísticos más altos en comercio exterior siendo del 54.5% para el año 2018, muy superior al promedio nacional del 38%. En términos de prácticas ambientales, los resultados de la Encuesta Nacional Logística del año 2018 muestran que, en el sector de construcción, el 47.5% de las empresas de construcción han implementado alguna acción de logística verde⁶⁶.

De acuerdo con el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT) del año 2019, el 95% de la flota de carga registrada utiliza diésel como combustible, el 4% gasolina y la flota restante utiliza gas natural y electricidad. La edad promedio de los camiones de carga es de 18 años. Según el año modelo, se estima que el 64% de la flota no cumple ningún estándar ambiental, el 27% cumple estándar Euro II y el 8% cumple estándar Euro VI. Al transporte de carga se atribuyen impactos significativos negativos tanto en emisión de contaminantes criterio que

⁶⁶ Dentro de las prácticas de logística verde se tienen: desarrollo de empaques reutilizables, logística reversa, uso de vehículos alternativos (eléctricos, bicicleta), manejo eficiente de la energía en centros de distribución, reducción de emisiones de CO₂ en actividades logísticas, uso de combustibles alternativos para flotas, otras.

afectan la calidad del aire en las ciudades (DNP, 2018 & DNP 2020), como en términos de emisión de gases efecto invernadero (Pelgrims et al., 2020). La magnitud del aporte del transporte de carga en la contaminación del aire y en emisiones asociadas al cambio climático se debe a factores como la alta edad promedio de los vehículos, la ausencia de sistemas de control de emisiones en una gran proporción de la flota y su alta actividad.

Por el momento no se han identificado estudios a nivel nacional para el sector de la construcción que den cuenta del tipo de transporte utilizado por cada material que se utiliza en el sector de la construcción, ni de las distancias recorridas tanto para transporte interno como de importaciones y exportaciones. Aunque según los informes de sostenibilidad de diferentes sectores de la construcción, actualmente sí se hace seguimiento a dicha información.

En cuanto al uso de maquinaria amarilla, de acuerdo con estimados preliminares del Registro Único Nacional de Tránsito (2019) aproximadamente el 60 % de las fuentes móviles terrestres no de carretera del país son utilizadas para construcción (utilizada en edificaciones y en infraestructura en general). Esta maquinaria fuera de ruta no tiene establecido un nivel máximo de contaminación permitido por lo tanto sus emisiones no son objeto de ningún control o seguimiento. La maquinaria se utiliza en proyectos en los que los operarios están permanentemente expuestos a las emisiones contaminantes, además que no tiene restricción para usarse por prolongados lapsos de tiempo al lado de viviendas, colegios y otros lugares. Debido a la que este sector no está regulado, la maquinaria amarilla se caracteriza por su alta contribución en la emisión de contaminantes locales, en especial de material particulado, que genera efectos negativos sobre la salud de la población.

El programa Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina, se encuentra adelantando un estudio para caracterización y construcción del inventario de maquinaria fuera de ruta e inventario de emisiones asociadas a su operación que permitirá comparar las diferentes tecnologías existentes para la toma de decisiones y su posible regulación. Adicionalmente, se está desarrollando una herramienta para el cálculo de estas emisiones en la ciudad de Bogotá. Este estudio estima que las fuentes móviles fuera de carretera generan el 10% del total de las emisiones directas de material particulado fino (PM2.5) para la ciudad de Bogotá, en donde el 8% es producto de la maquinaria del sector de la construcción.

Para el año 2018 existían 1136 unidades de maquinaria amarilla en Bogotá de las cuales el 88.6% operaban con diésel y un 10.6% con gasolina. La maquinaria operada con electricidad es de apenas el 0.4%. Adicionalmente, el 12% de la maquinaria tiene como año de fabricación fechas inferiores al año 2000.

No se cuenta con información detallada sobre la contribución de la maquinaria amarilla en la generación de emisiones de gases efecto invernadero. Sin embargo, es de esperarse que, si la maquinaria en general se caracteriza por su alta edad promedio, exista un potencial de mitigación asociado a la adquisición de maquinaria de mayor eficiencia energética.

En este contexto, desde la NDC se contempla una nueva regulación indicando que, a partir del 2023, la maquinaria debe cumplir como mínimo con los estándares Tier 4 Interim o Stage IIIB, sin importar su año de fabricación. Como se mencionó anteriormente, esta regulación está en proceso de socialización y será expedida próximamente como parte del proyecto de Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina. El resultado esperado es la introducción de maquinaria de construcción con bajos niveles de emisión. Las líneas de acción e indicadores de esta política son:

1. Caracterización, diagnóstico y estudios de la maquinaria de construcción utilizada en la ciudad y sus estrategias de reducción de emisiones. Consolidación anual de información de maquinaria amarilla utilizada en Bogotá y en el país.
2. Evaluación y selección de requisitos mínimos tecnológicos para la maquinaria amarilla. Documento técnico de soporte para selección de requisitos mínimos.
3. Reglamentación requisitos mínimos tecnológicos para la maquinaria amarilla en Bogotá y en Colombia.
4. Consolidación de las estrategias de reducción de emisiones en la maquinaria que opera en Bogotá.

Para esta política se estiman unos escenarios a 2030 donde el optimista plantea que el 80% del parque automotor cuente con estándar definido, un escenario intermedio, con el 60%, y para finalizar un escenario pesimista, con el 20%.

Por último, desde la política pública se establecen metas frente a la reducción del déficit habitacional. Los proyectos impulsados desde el gobierno han sido un gran movilizador ya que el sector de la construcción es responsable de la ejecución de esta meta. Desde los Objetivos de Desarrollo Sostenible, se tiene la meta de reducir el porcentaje de hogares urbanos con déficit cuantitativo a 2.7% en 2030.

3.3.3. Tecnología

El sector de la construcción presenta grandes desafíos, en primer lugar, por su condición de ser una industria fragmentada, comprendida por un gran número de compañías (en su mayoría pequeñas), y por ser un mercado cíclico y volátil con una fuerza laboral inestable y poco tecnificada. Esto se puede traducir en edificaciones con problemas de calidad que durante la operación presentan filtraciones, humedades, condensación, etc. generando problemas de habitabilidad.

La construcción no ha mejorado significativamente sus métodos y procesos y ha sido muy lenta en adoptar nuevas tecnologías y metodologías en comparación con otras industrias manufactureras. Actualmente se utilizan métodos constructivos poco tecnificados e industrializados, no hay mucho mercado para los elementos prefabricados, la mayoría de las construcciones se realizan in situ y no hay grandes desarrollos en automatización de procesos. Esto se debe a múltiples factores, siendo uno de los principales la gran cantidad de informalidad que se presenta en el sector, pero también a las condiciones mismas de la

actividad. Por todas estas razones, a diferencia de otros sectores de importancia económica comparable, la productividad en la construcción es muy baja.

Muchas de estas barreras se podrían mitigar con un mayor uso de la digitalización y la adopción de metodologías como BIM, IPD y Lean que ofrecen estrategias para incrementar la productividad y minimizar los desperdicios. Como se mencionó anteriormente, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, en alianza con CAMACOL, están liderando el desarrollo de un estándar BIM, junto con un modelo de hoja de ruta, con el propósito de masificar su uso en el mercado y generar la transformación digital del sector de la construcción. No obstante, se necesita un mayor desarrollo y la promoción de estas tecnologías que permitan no solo almacenar información detallada en el modelo 3D, sino también habilitar un control avanzado sobre la programación, los costos y los materiales en obra.

La hoja de ruta promovida por CAMACOL tiene el propósito de conocer también el estado actual o madurez de la digitalización del sector y según cifras reportadas por ellos, al primer trimestre de 2021, 52 empresas habían diligenciado la ruta BIM reportando un nivel 1 de implementación, cercano al nivel 2. Esto significa que la mayoría de las empresas han comunicado la visión para implementar BIM y es entendida por la mayoría del personal, se cuenta con el software y tienen un desarrollo inicial de estándares. Si consideramos que hay 4 niveles de desarrollo, la industria se encuentra en una etapa muy incipiente. Los retos más grandes se encuentran en hacer un correcto modelado y uso de los modelos, y en el ámbito contractual, donde las empresas no han migrado a modelos más colaborativos.

La digitalización es una herramienta importante que permite contar con más información para tomar mejores decisiones. Es fundamental considerar los modelos como bases de datos que ayudarán a optimizar tanto los procesos de diseño y construcción como los de operación. Desde el punto de vista de la construcción, permite diseñar y simular los procesos constructivos para detectar problemas y oportunidades de manera temprana, e implementar técnicas de construcción avanzadas que se requieren para reducir la sobre especificación y mejorar las eficiencias en tiempo y costo. Desde el punto de vista de materiales, permite reducir el desperdicio mediante la gestión estricta de los inventarios y flujos de materiales, crear plataformas de intercambio para el flujo de componentes al final de su vida útil para la reutilización y reciclaje, y, servir como depósito de la información necesaria para que los edificios sean bancos de materiales.

La digitalización de la construcción también facilita la integración de variables de sostenibilidad, como el carbono embebido en los materiales, índices de comportamiento térmico, energético, etc. que son insumos para los procesos de diseño y compra de los materiales a utilizar. Una especificación temprana de componentes permite un proceso de compras alineado con los requerimientos y decisiones de diseño.

Adicionalmente, BIM se puede complementar con otras tecnologías como drones, escáneres 3D y gemelos virtuales que pueden proveer datos en tiempo real de los procesos

constructivos para un mejor control sobre los procesos que redundará en un menor consumo de recursos. Algunas empresas de construcción en Colombia han implementado el uso de escáneres 3D y drones principalmente desde el inicio de la pandemia para poder tener el control de estas de manera remota.

La otra parte importante de la digitalización es la automatización del proceso de construcción, en primer lugar, mediante la prefabricación, moviendo la construcción fuera del sitio, a su vez habilitado por procesos de fabricación e inventarios mejorados. Y, en segundo lugar, con tecnologías más avanzadas como la robótica que permite procesos más precisos y con menores desperdicios tanto en la construcción como en la demolición, y la impresión 3D que permite la creación de formas complejas al tiempo que reduce los desperdicios (Material Economics, 2018, Pg. 159).

3.3.4. Finanzas

Existen diversos instrumentos orientados a la promoción de la construcción sostenible, que se mencionaron en el capítulo anterior. Adicionalmente vale la pena mencionar, que en el PIGCCS de Vivienda, Ciudad y Territorio se plantea como meta a 2030 que el 40% de los nuevos productos financieros otorgados sean para la adquisición o construcción de edificaciones nuevas que cumplan criterios de adaptación al cambio climático. Esta financiación se realizará mediante el mercado nacional de bonos de carbono y recursos interinstitucionales.

Desde el CONPES 3919, se propone desarrollar un programa de incentivos financieros para la construcción de proyectos de edificaciones sostenibles, en los cuales se incluye: Hipoteca verde, línea verde constructor, líneas de crédito Findeter, beneficio en tasa del Fondo Nacional del Ahorro (FNA) y una línea de crédito para financiación de vivienda rural VIS del ministerio de agricultura y desarrollo rural. De estos instrumentos actualmente existen las líneas de crédito constructor e hipotecario sostenible (verde) de Bancolombia, BBVA, y Davivienda; y la línea de redescuento con tasa compensada de Findeter.

En términos del impulso a la construcción de vivienda social y reducción del déficit habitacional, el PND 2018-2022 se propuso beneficiar a 600 mil hogares con mejoramiento de vivienda e iniciar la construcción de 520 mil viviendas VIS.

Para esto se le otorgarán subsidios de arrendamiento a 200 mil hogares para ahorrar y adquirir vivienda nueva, en el marco del Programa Semillero de Propietarios.

Por otro lado, recientemente se expidió el CONPES 4002 que tiene como objetivo otorgar coberturas a la tasa de interés del crédito de vivienda y de contrato de leasing habitacional para la adquisición de vivienda urbana nueva no VIS, con el fin de impulsar el sector de la construcción, promover el empleo y dinamizar la economía ante la coyuntura que ha impuesto el COVID-19 (DNP, 2020, Pg.30). En este se prevé la generación de una tasa especial a proyectos de vivienda No VIS que integren componentes de sostenibilidad.

Por último, existen beneficios tributarios derivados del Estatuto Tributario y de la Ley 1715 de 2014 para proyectos de eficiencia energética, equipos, tecnologías y servicios que ofrezcan un beneficio ambiental. Entre estos beneficios están la exclusión de IVA, el descuento y deducción de renta (descuento de renta de hasta un 25% o deducción de renta de hasta 50%), y para algunos elementos exención de aranceles y depreciación acelerada. Algunos equipos, materiales y elementos de medidas pasivas pueden acceder a los beneficios de IVA y renta exclusivamente si la edificación cuenta con certificación en construcción sostenible de LEED, CASA o EDGE. Así mismo, los servicios de diseño de arquitectura e ingeniería podrán acceder al beneficio de renta, únicamente si cuentan con la certificación. El procedimiento para acceder a los beneficios se encuentra regulado por la Resolución 196 de 2020.

También Seguros SURA ofrece beneficios para proyectos que cuenten con una certificación ambiental como el retorno del 10% de valor de la prima en las pólizas de cumplimiento y construcción una vez el proyecto reciba la certificación, acompañamiento técnico durante la construcción y asesoría para acceder a los beneficios tributarios. Estos beneficios también se extienden al comprador quien puede acceder a una póliza de arrendamiento con 10% de descuento en el valor de la prima, o a 5% de descuento en la prima de la póliza de hogar (con posibilidad de aumento de hasta el 30% según el comportamiento siniestral).

3.3.5. Desarrollo de capacidades

Es fundamental lograr una mayor tecnificación a lo largo de toda la cadena de valor del sector de la construcción para lo cual se necesita la capacitación y formalización de la mano de obra. El SENA ofrece algunos cursos que permiten la cualificación del personal de obra y a medida que se refuerzan las regulaciones en términos de seguridad y manejo de las obras se hace cada vez más necesario contar con personal capacitado. Sin embargo, este es un tema en el que se debe trabajar fuertemente si se quiere lograr la automatización y avances significativos en prefabricación.

En cuanto al desarrollo e implementación de herramientas y procesos digitales, se debe capacitar a los diseñadores, gerentes, constructores y trabajadores. En el marco del BIM forum Colombia, están participando las principales universidades del país para definir las competencias que se deben desarrollar y la forma en cómo incluir estos temas dentro de los currículos de las carreras afines a la construcción como arquitectura e ingeniería civil.

3.3.6. Equidad e inclusión

Una mayor formalización del sector contribuirá a reducir la inequidad y permitirá una mayor tecnificación que beneficiará a todos los actores dentro de la cadena de valor.

Por otro lado, CAMACOL adelanta junto con la alcaldía de Bogotá y empresas aliadas del sector de la construcción, el programa Mujeres que Construyen, una iniciativa que busca promover acciones para fomentar nuevas oportunidades de acceso, desarrollo y permanencia para las mujeres en la cadena de valor de la construcción, buscando contribuir desde el sector privado a la reducción de las cifras de desempleo que perjudican principalmente a las mujeres. Dentro de las cifras que se tienen, de las 757,531 personas que emplea el sector de la construcción en el país, el 7.2% son mujeres (aproximadamente 54 mil personas). En Bogotá esta cifra es ligeramente superior y corresponde al 9.9% (Africano Cruz, 2021).

Finalmente, un sector de la construcción más eficiente, que consume menos recursos y aumenta su calidad, contribuye a la generación de mejores espacios para las personas. Esto alineado a los principios de sostenibilidad integral, contribuirá a que todas las personas, sin importar su condición socioeconómica, puedan vivir en espacios confortables, saludables y de alta calidad.

3.3.7. Innovación

En primer lugar, se requiere innovación en la gestión y gerencia de los proyectos de construcción, utilizando metodologías como BIM y Lean. Adicionalmente, se requiere innovación en sistemas de prefabricación y automatización de los procesos en obra con sistemas IoT para la recolección de información en tiempo real con el propósito de proveer información valiosa para la toma de decisiones y mejorar la planificación de los proyectos de construcción y demolición.

En una visión más a futuro, se requiere innovación en los procesos de automatización mediante el desarrollo de tecnología robotizada e impresión 3D que permitan procesos de alta precisión y reduzcan al máximo el uso de energía y materiales disminuyendo la generación de emisiones.

En este sentido también se debe innovar en maquinaria que funcione con fuentes de energía renovables y eliminar por completo el uso de Diesel en la maquinaria de construcción.

3.3.8. Hábitos de consumo

Se debe promover el consumo de materiales que incorporen prácticas de sostenibilidad, favoreciendo los materiales de producción local, que incorporen contenidos reciclados, que sean fácilmente aprovechables y tengan una baja huella de carbono. Los compradores y promotores de proyectos de construcción deben exigir calidad en todos los productos para terminar con la práctica de favorecer el precio sobre la calidad.

Así mismo se deben evitar los materiales con altos contenidos de COVs o cualquier tipo de material peligroso como el plomo y el asbesto. Por otro lado, se debe priorizar tanto el tiempo como la reducción de los desperdicios de materiales durante los procesos de construcción y por lo mismo se deben modificar las prácticas actuales de contratación.

3.3.9. Mapa de actores involucrados y roles en el camino de descarbonización

El gobierno nacional junto con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, serán los encargados de generar las regulaciones necesarias para promover las mejores prácticas constructivas e impulsar la tecnificación del sector. Los constructores deben innovar y mejorar las prácticas tanto de gestión como de eficiencia en la construcción. Así mismo, deben velar por la capacitación de sus empleados y por el mejoramiento continuo de la actividad para asegurar productos de alta calidad.

Las asociaciones gremiales como CAMACOL y organizaciones como el CCCS, impulsarán los cambios y servirán de apoyo en los procesos de capacitación, además de generar información relevante para la toma de decisiones. Las universidades serán los principales centros de formación e investigación para el desarrollo de las tecnologías y metodologías necesarias.

Las curadurías deberán aumentar la exigencia y vigilancia sobre las regulaciones que se generen para la construcción sostenible de las edificaciones. Los compradores y usuarios de los edificios deberán exigir edificaciones altamente eficientes, sostenibles y construidas con la mejor calidad posible. En la Figura 29 se presenta el mapa de actores relacionados con la etapa de construcción de las edificaciones.

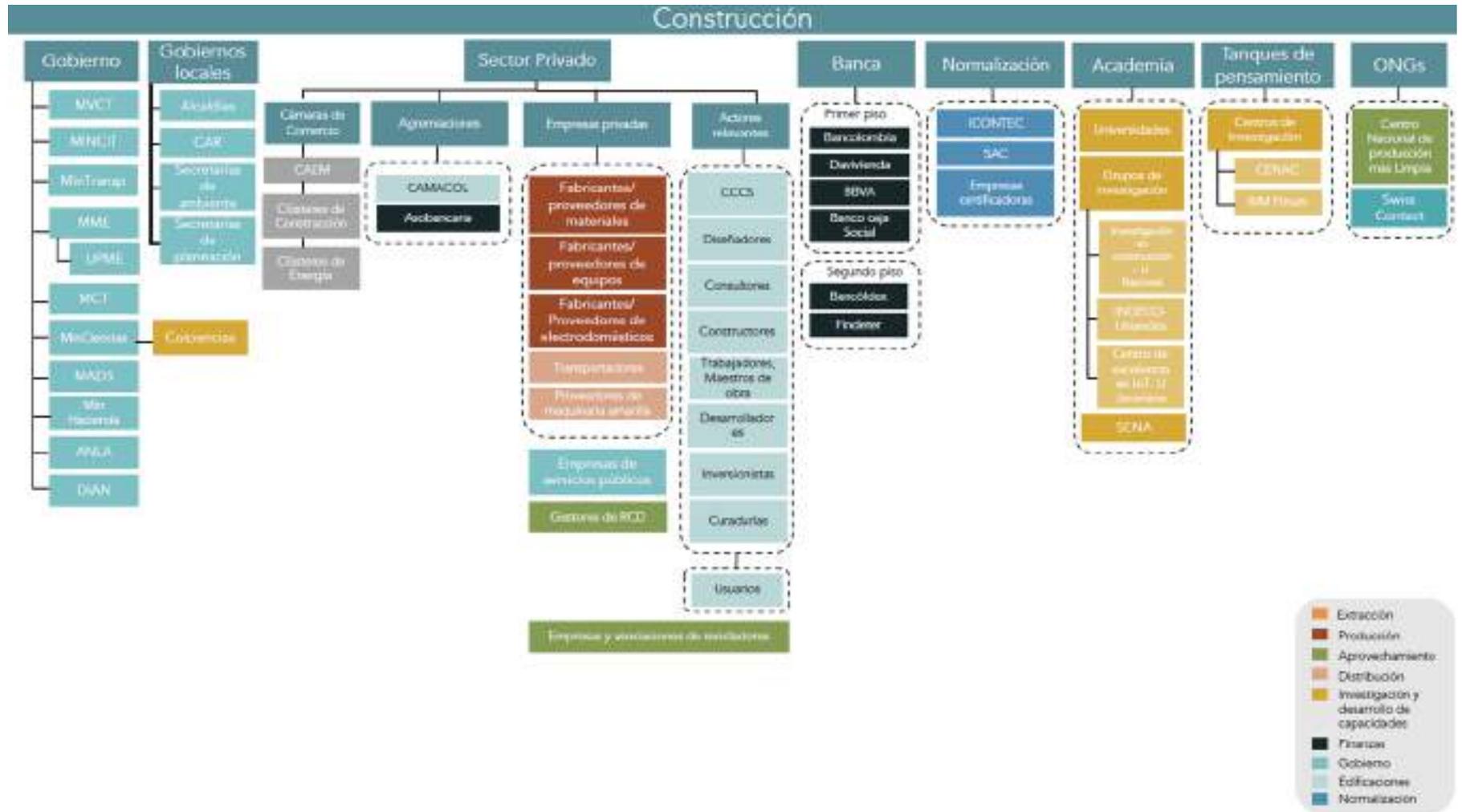


Figura 29. Mapa de actores etapa construcción. Fuente: CCCS.

3.3.10. Resiliencia y Gestión del Riesgo

Mejorar la calidad de la construcción y entregar mejores productos, los hace más competitivos y resilientes.

La metodología BIM soportada en un proceso integrativo permite un mayor control sobre los procesos y por lo mismo la mitigación de muchos riesgos financieros, sociales y ambientales.

3.3.11. Habitabilidad

Los proyectos Neto Cero Carbono se están planteando bajo la definición de sostenibilidad integral con lo cual se debe asegurar el bienestar y confort de quienes vayan a ocupar las edificaciones. La construcción debe ser precisa y garantizar la correcta instalación de todos los sistemas, principalmente los de la envolvente, para que los usuarios se sientan confortables y por lo mismo no busquen incorporar aparatos adicionales para suplir sus necesidades en términos de temperatura, iluminación, tomas eléctricas, griferías, etc. Esto con el propósito de garantizar el comportamiento óptimo de las edificaciones.

Actualmente existen pocas regulaciones que garanticen la adecuada construcción de los sistemas de las edificaciones para su óptimo desempeño. Únicamente en edificios públicos es obligatorio contratar una interventoría. Los edificios que se certifican LEED, EDGE, CASA, también deben contar con un servicio de comisionamiento que garantice la correcta instalación y construcción de los diferentes sistemas.

3.4. Operación

En Colombia existe la ley 697 de 2001, la cual creó el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de energía no convencionales, PROURE. Mediante esta ley se busca fomentar el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. El programa es diseñado por el Ministerio de Minas y Energía, con el objetivo de aplicar gradualmente programas para que toda la cadena energética, cumpla con los niveles mínimos de eficiencia energética. A partir de esto se crea el Plan de Acción Indicativo (PAI), cuya versión vigente es la 2017-2022, donde se definen metas, acciones, medidas y estrategias sectoriales de eficiencia energética. La meta general, en este periodo, es lograr un ahorro de 9.05% distribuido de la siguiente manera: Transporte 5.49%, industria 1.71%, sector terciario 0.73% y residencial 0.73%.

En cuanto al consumo de agua, existe la Ley 373 de 1997 por la cual se establece el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua y el Decreto 3102 de ese mismo año, por el cual se reglamenta el artículo 15 de esta ley, en relación con la instalación de equipos, sistemas e

implementos de bajo consumo de agua. Por otra parte, en el año 2010 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial expidió la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, la cual contiene los principios, objetivos y estrategias para el manejo del recurso hídrico en el país (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, n.d.).

Directamente sobre el consumo energético y de agua en edificaciones, existe la Resolución 549 de 2015 la cual establece porcentajes mínimos obligatorios y medidas de ahorro a alcanzar en las nuevas edificaciones (se exceptúan las viviendas VIS y VIP). Esta Resolución es de obligatorio cumplimiento, pero no hay mecanismos de seguimiento ni penalizaciones por su incumplimiento. Existen algunos incentivos para la construcción y compra de edificaciones que cuenten con certificación en construcción sostenible, pero no hay incentivos que recompensen el buen desempeño de las edificaciones durante la operación, ni desincentivos que penalicen el uso desproporcionado de agua y energía. Por el momento, no se han generado incentivos para las edificaciones Neto Cero Carbono en el país.

Por otro lado, existe información sobre el consumo de energía de las edificaciones, que genera la UPME con datos anuales para el BECO (Balance Energético Colombiano), donde se generan datos por sector sobre la cantidad y tipos de energéticos consumidos. También las empresas de servicios públicos tienen datos específicos sobre los consumos de sus usuarios, los cuales están centralizados en la plataforma SUI de la SSPD. Adicionalmente, Bogotá está haciendo un piloto para la centralización de dichos datos que le permita tener información específica y analizada sobre los consumos de energía y agua en la ciudad.

En sistemas de certificación existe LEED O+M como una certificación orientada hacia el desempeño en las que se involucra el monitoreo y evaluación del rendimiento del edificio después de la construcción. El monitoreo se realiza a través de la plataforma Arc Skoru donde se reportan los consumos de energía, agua, residuos, transporte y experiencia humana.

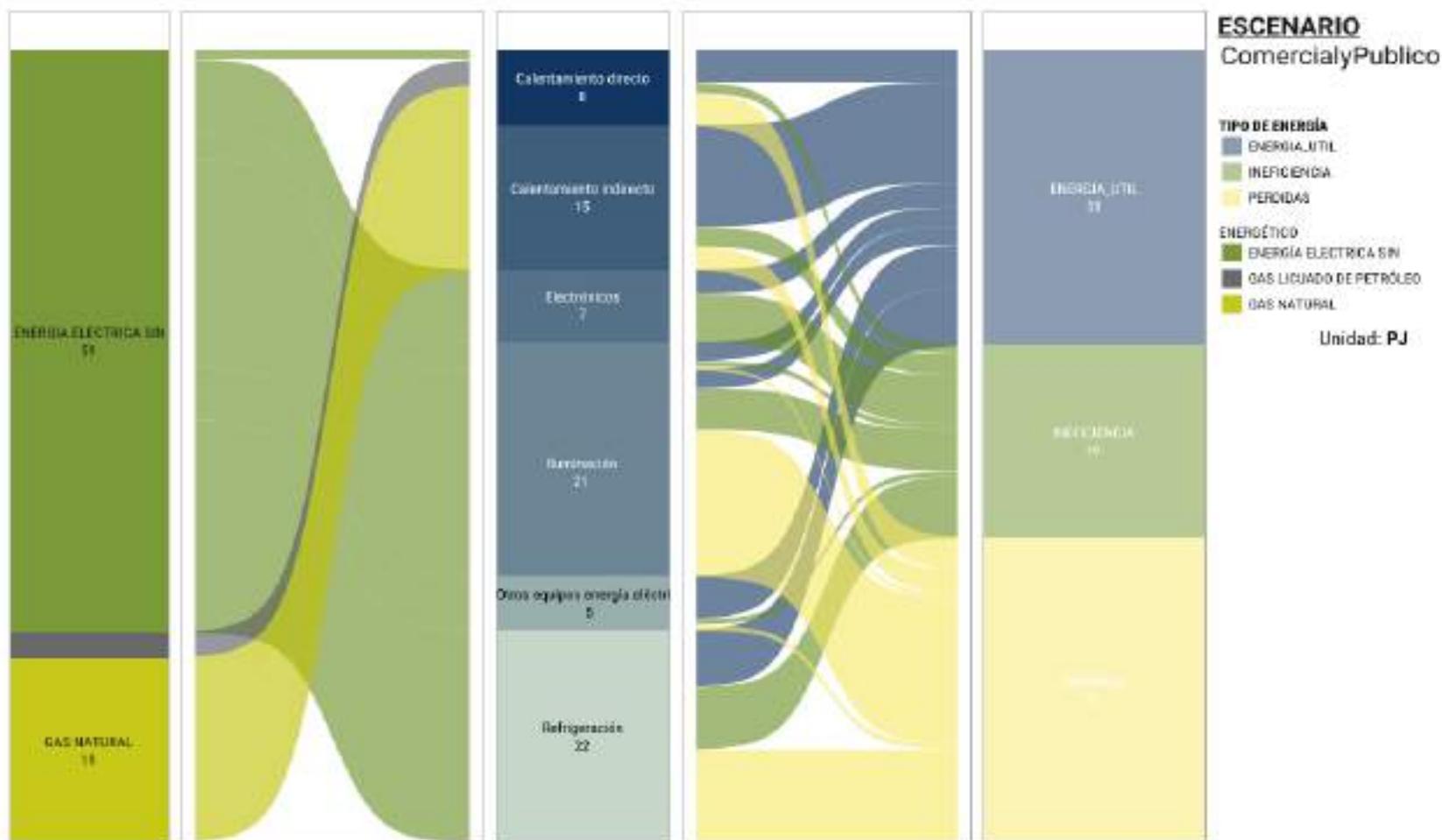


Figura 30. Modelo analítico de consumo energético del sector Comercial.
Fuente: BECO - UPME, 2019.

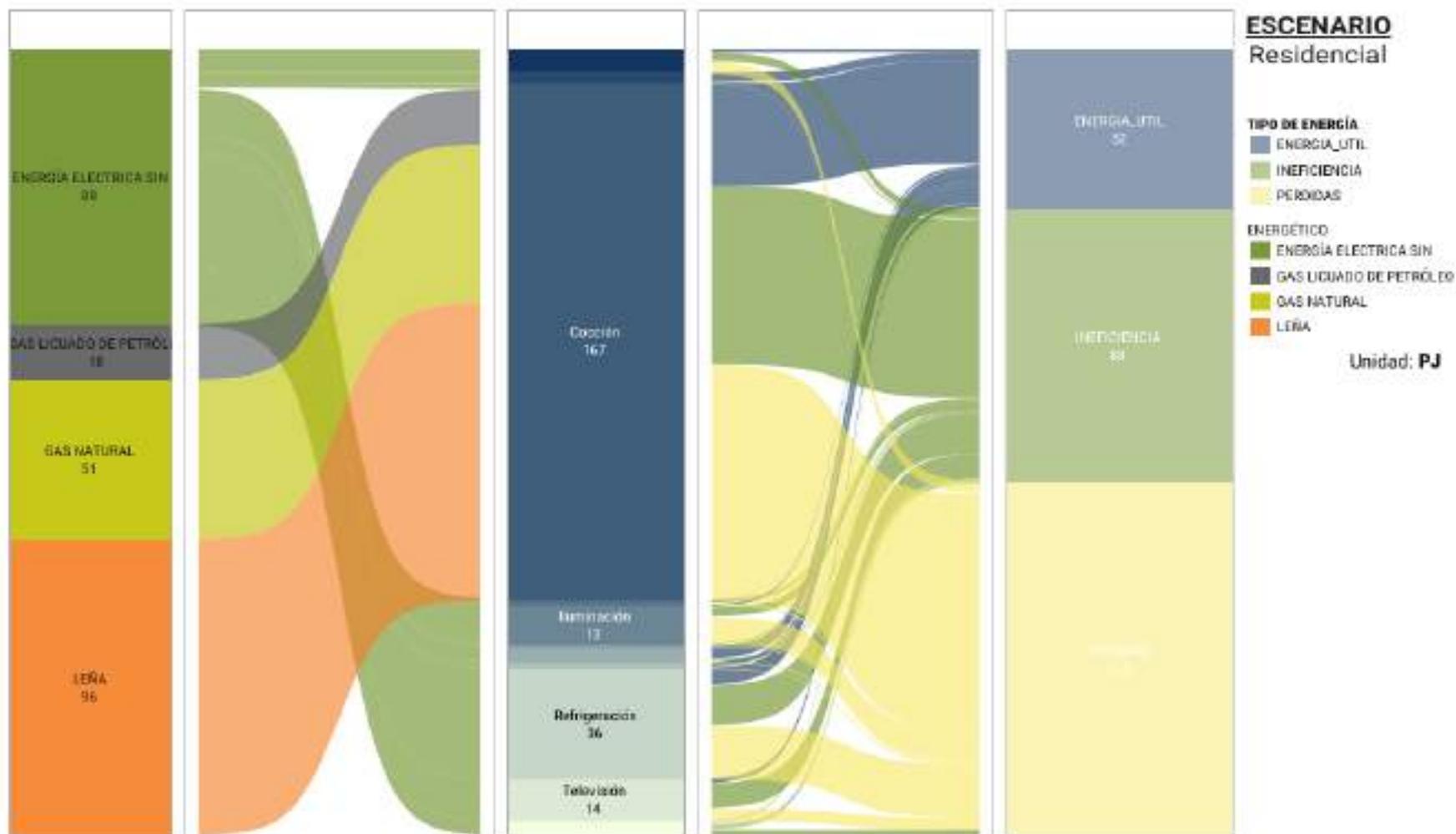


Figura 31. Modelo analítico de consumo energético del sector Residencial.
Fuente: BECO - UPME, 2019.

Los datos de la UPME permiten conocer las actividades en las cuales se utiliza la energía, las fuentes de los energéticos para cada actividad y las ineficiencias y pérdidas que existen a nivel general y para cada una de las actividades. Esta información se encuentra detallada en este informe, en el capítulo “Consumo energético en edificaciones en operación”.

Existe una ventaja grande en términos de la principal tecnología que produce energía en el país, y es que cerca del 70% de la energía eléctrica se deriva de fuentes de energía renovables (en su mayoría hidroeléctricas, pero incluye, eólicos y cogeneración). Por esto mismo, las emisiones durante la operación se encuentran principalmente en actividades de calor directo como cocción y calentamiento de agua, para lo cual se han formulado diferentes estrategias desde el gobierno que plantean la reconversión a tecnologías más eficientes y limpias (más adelante se explicarán las medidas en detalle). No obstante, existen retos importantes para alcanzar eficiencias de equipos y tecnologías correspondientes a la mejor tecnología disponible a nivel internacional (BAT internacional), actualmente en Colombia las eficiencias utilizadas están muy por debajo de esta referencia, incluso para la mejor tecnología disponible en Colombia. La Tabla 39 permite comparar el promedio de las eficiencias existentes en Colombia con el BAT internacional para diferentes actividades.

Tabla 39. Factores de eficiencia para las diferentes tecnologías y usos finales del sector residencial.

Tecnología		Factor de eficiencia actual	BAT Colombia	BAT Internacional
Calor directo	Electricidad	73%	79%	86%
	Gas Natural	42%	50%	60%
	GLP	42%	50%	60%
	Leña	30%	20%	50%
Calentador de agua	Electricidad	80%	87%	95%
	Gas Natural	83%	87%	95%
Iluminación		6%	15%	29%
Refrigeración		14%	30%	50%
Aire acondicionado		30%	41%	65%
Fuerza motriz		22%	33%	50%
Televisores		20%	35%	70%

Fuente: Elaboración propia basado en información del BEU, UPME. 2019.

Tabla 40. Factores de eficiencia para las diferentes tecnologías y usos finales del sector comercial/institucional.

Tecnología		Factor de eficiencia actual	BAT Colombia	BAT Internacional
Calor directo	Electricidad	56,66%	90%	99%
	Gas Natural	40%	45%	50%
	GLP	42%	47%	50%
Calor indirecto	Electricidad	80%	87%	95%
	Gas Natural	70%	80%	84%
Iluminación		90%	15%	29%
Fuerza motriz		68%	83%	88%
Refrigeración	Refrigeración	25%	30%	50%
	Aire acondicionado	29%	45%	61%

Fuente: Elaboración propia basado en información del BEU, UPME. 2019.

A partir de estas cifras se puede concluir que hace falta una penetración importante de tecnologías mucho más eficientes que faciliten la neutralidad de las edificaciones.

En términos de la generación de residuos sólidos existen diferentes políticas y normas que buscan fortalecer la separación en la fuente para aumentar la tasa de reciclaje y nueva utilización. De acuerdo con el CONPES 3918, la tasa de reciclaje y reutilización de residuos sólidos en el país es del 8.6%⁶⁷ (2015) y el 61.5% de los residuos producidos son orgánicos. Todos los municipios en Colombia deben elaborar un PGIRS (Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos), y la Resolución 2184 de 2019 en el artículo 4, adopta el código de colores para la separación de residuos sólidos en la fuente, la cual empezó a regir a partir del 1 de enero de 2021. La no separación en la fuente genera una multa de 16 SMDLV de acuerdo con el Código Nacional de Policía y Convivencia.

Actualmente la operación de los edificios se realiza en gran medida a través de empresas administradoras de inmuebles y grupos inmobiliarios. En el caso residencial, esta actividad se limita a la gestión del dinero de las cuotas de administración para cubrir los gastos operativos. En el caso de otro tipo de edificaciones se utilizan esquemas más sofisticados que pueden incluir evaluaciones del desempeño de las edificaciones con el propósito de maximizar su rentabilidad.

⁶⁷ El PND tiene 8.7% como indicador en la tasa de reciclaje y nueva utilización de residuos.

3.4.1. Contexto y Caracterización

3.4.1.1. Energía

De acuerdo con los reportes efectuados por las empresas prestadoras de los servicios públicos de energía y gas a la Superintendencia de Servicios Públicos - SSPD, durante el año 2019, Colombia presentaba la siguiente distribución de consumos de electricidad y gas natural por cada sector.

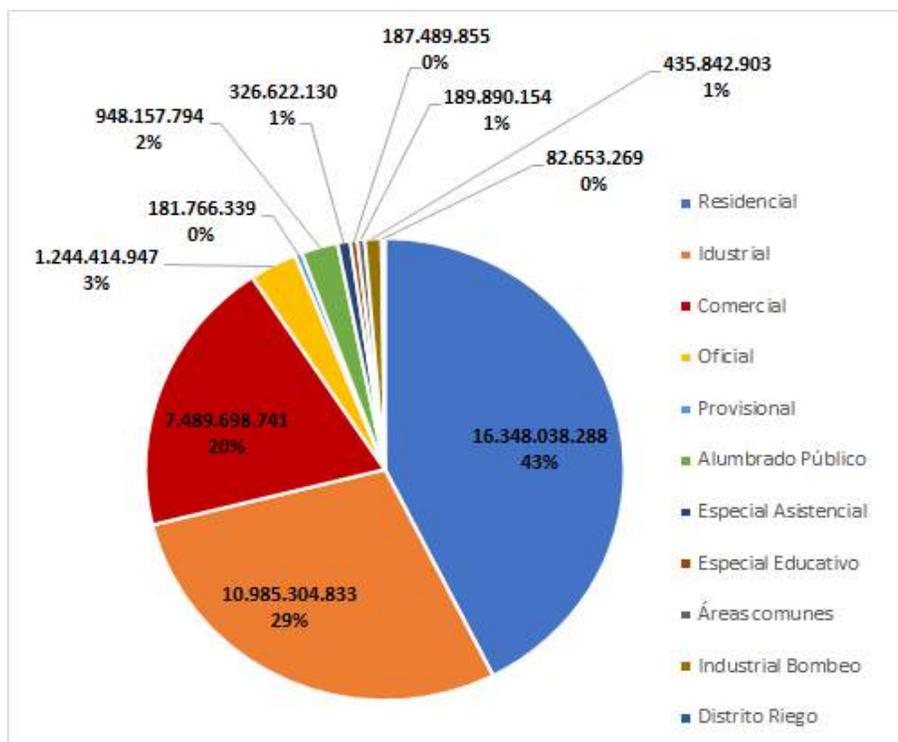


Figura 32. Consumo de energía eléctrica total anual nacional KWh (2019) por tipo de suscriptor.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SUI.

Tabla 41. Consumo anual de energía eléctrica total y promedio por tipo de suscriptor (2019).

Tipo de suscriptor	Consumo total KWh	Promedio de consumo anual KWh	Número de suscriptores
Estrato 1	3.090.626.039	1.127	2.741.183
Estrato 2	6.009.125.143	1.381	4.350.001
Estrato 3	4.199.991.136	1.553	2.705.143,00
Estrato 4	1.657.164.475	1.744	950.155,00
Estrato 5	784.278.253	2.150	364.847,00

Estrato 6	606.853.242	3.071	197.598,00
Comercial	7.489.698.741	9.491	789.144,00
Industrial	10.985.304.833	133.848	82.073,00
Oficial	1.244.414.947	24.830	50.118,00
Provisional	181.766.339	14.141	12.854,00
Alumbrado Público	948.157.794	138.741	6.834,00
Especial Asistencial	326.622.130	70.499	4.633,00
Especial Educativo	187.489.855	17.593	10.657,00
Áreas comunes	189.890.154	26.304	7.219,00
Industrial Bombeo	435.842.903	318.832	1.367,00
Distrito Riego	82.653.269	132.245	625

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SUI

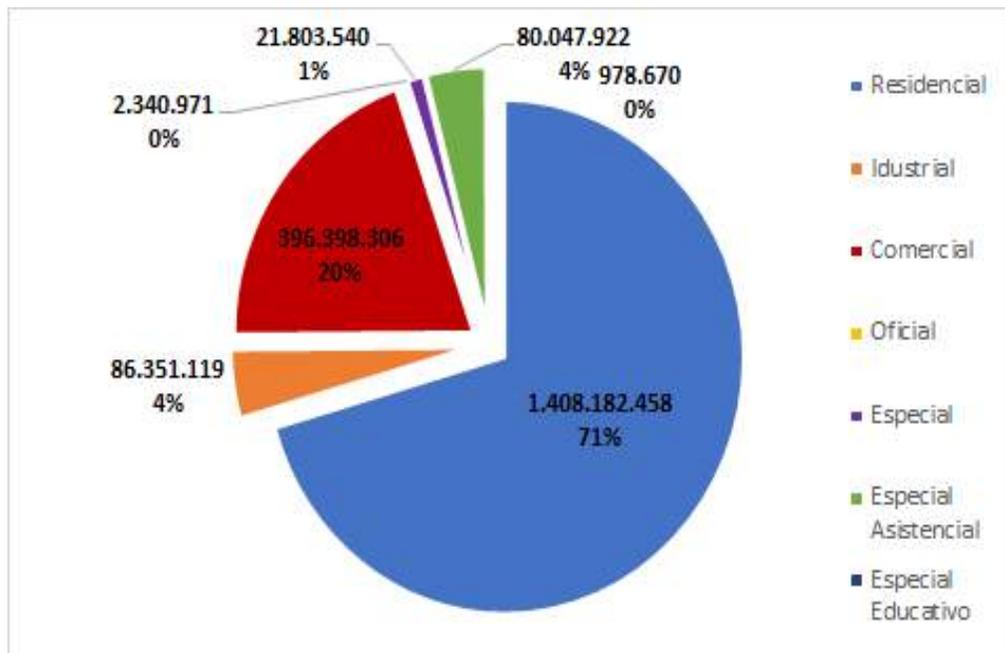


Figura 33. Consumo de gas natural total nacional m3 (2019) por tipo de suscriptor.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SUI.

Tabla 42. Consumo anual de gas natural total y promedio por tipo de suscriptor (2019).

Tipo de suscriptor	Consumo total m ³	Promedio de consumo m ³	Número de suscriptores
Estrato 1	334.763.288	163	2.055.206
Estrato 2	532.762.868	167	3.198.429
Estrato 3	324.334.627	144	2.253.021,00
Estrato 4	119.523.352	149	802.508,00
Estrato 5	51.182.795	170	300.310,00
Estrato 6	45.615.528	261	174.448,00
Comercial	396.398.306	2.553	155.296,00
Industrial	86.351.119	34.513	2.502,00
Oficial	2.340.971	2.306	1.015,00
Especial	21.803.540	10.714	2.035,00
Especial Asistencial	80.047.922	50.408	1.588,00
Especial Educativo	978.670	2.681	365,00

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SUI

3.4.1.1.1. Sector Residencial

De acuerdo con el PEN, el consumo de energía por habitante en el sector residencial es de 5.45 GJ/año. De estos el 3.61 GJ/año están en consumos por cocción, 0.83 GJ/año por refrigeración, 0.3 GJ/año por iluminación y 0.71 GJ/año en otras actividades (televisión, plancha, lavadora, etc)⁶⁸. Por otro lado, el Balance de Energía Útil (BEU) de la UPME, estima los consumos en un hogar promedio colombiano (ver Tabla 43).

Tabla 43. Consumo de energéticos de un hogar promedio colombiano.

Energético	Consumo	Unidad
Electricidad	156.6	Kwh/ mes
Gas Natural	8519	lt/mes

⁶⁸Información tomada: [Plan Energético Nacional](#)

GLP	4.95	lb/mes
Leña	38.1	kg/mes

Fuente: Elaboración propia a partir de UPME, BEU 2019, Pg. 27-29.

Las emisiones directas del sector residencial corresponden al 2% de las emisiones nacionales totales y pertenecen principalmente al uso de gas natural y al uso de gases refrigerantes HFCs en las viviendas. Sin embargo, si bien el sector no es responsable de la generación eléctrica (emisiones directas), sí demanda dicha energía para los procesos de iluminación, cocción, calefacción/enfriamiento y la activación de electrodomésticos al interior de las edificaciones (emisiones indirectas) (MVCT, 2020c).

Por otro lado, según el CONPES 3919, en total el sector residencial genera el 10.5% de las emisiones nacionales de GEI, las cuales, se reparten en el consumo residencial de energía (4.5%) y en la producción de residuos sólidos domiciliarios (6.0%). La NDC utiliza los datos del BEU⁶⁹ para el sector residencial en el año 2015, junto con las estadísticas sobre hogares rurales y urbanos, con el propósito de determinar la intensidad energética útil para las diferentes actividades realizadas en los hogares rurales y urbanos (VITO et al., 2020b).

Tabla 44. Intensidad energía útil (MJ/Hogar).

Uso final	Urbano	Rural
Calor Directo ⁷⁰	2446	2661
Calentador de agua	918	917
Iluminación	57	40
TV	92	52
Aire Acondicionado	3599	3599
Neveras	403	403
Lavadora	119	119
Ventiladores	49	64.5
Otros electrodomésticos y dispositivos electrónicos	294	206
TOTAL	7977	8061.5

Fuente: PMR Reporte escenario de referencia NDC Actualizada, Pg. 81

⁶⁹ Balance de Energía Útil, UPME (energía final del sector residencial:259.503 Terajulios; 18% es energía útil).

⁷⁰ Cocción, hornos, secador de pelo, plancha, sandwichera, tostadora.

Según la Encuesta Nacional de Calidad de Vida del 2015, el 97.2% de hogares urbanos y el 97.5% de rurales tienen cocina en sus hogares y el 24.5% y 4.1% respectivamente, tienen calentador de agua. Con respecto a la televisión el 92% de los hogares cuenta con televisor en casa, el 87% de los hogares urbanos poseen refrigerador, el 67% lavadora y el 5% equipos de aire acondicionado. En cuanto a los hogares rurales el 63.3% posee refrigerador, el 28.8% lavadora y el 1.2% aire acondicionado (DANE, 2015, Citado por VITO et al., 2020b). Con el aumento de ingresos en el tiempo, se espera que el acceso a estos bienes aumente tanto en hogares urbanos como rurales.

El energético más utilizado es la leña con 37% lo cual se debe su empleo para cocción en las zonas rurales, que corresponde solo al 10.84% de los hogares, equivalente a 1.6 millones de hogares, según la Encuesta Nacional de Calidad de Vida de 2018. Adicionalmente, la eficiencia actual de estas estufas está alrededor del 3% y tienen un potencial de mejorar su eficiencia hasta un 50% de acuerdo con la mejor tecnología disponible internacionalmente⁷¹ y hasta un 63% a futuro con el desarrollo de mejores eficiencias⁷².

La participación de combustibles y las eficiencias que existen para las diferentes actividades y que se utilizaron para la elaboración del escenario de referencia de la NDC actualizada se presentan a continuación (VITO et al., 2020b), junto con las reportadas en 2019 por el segundo reporte de la estrategia nacional de economía circular:

Calor directo:

Tabla 45. Participación de combustible (%) y eficiencia (%) por combustible.

Combustible	Urbano	Rural	Eficiencia existente	BAT ⁷³ Internacional
Electricidad SIN	8,2%	5,1%	73,0%	86%
Gas Natural	73,1%	1,5%	42,0%	60%
Leña	1,1%	44,7%	3,0-10%	50%
GLP	16,2%	39,5%	42,0%	60%
Carbón	1,2%	7,4%	30,0%	60%
Queroseno	0,1%	1,7%	38,0%	55%

Fuente: PMR Reporte escenario de referencia NDC Actualizada

⁷¹ De acuerdo con la NDC actualizada. En Colombia la mejor tecnología disponible tiene una eficiencia del 20% según el escenario de referencia de la NDC, sin embargo, parte de las metas de dicho documento es hacer el cambio de 1.000.000 de estufas que sean un 25% más eficientes que las actuales.

⁷² Según el escenario de nuevas apuestas del PEN 2019.

⁷³ Best Available Technology

El segundo reporte de economía circular del DANE, estima que, en 2019, el 64.1% (10,0 millones) de los hogares utilizó gas natural como combustible para cocinar, seguido del 21.9% de los hogares (3.4 millones) que usó gas propano. El 10.4% (1.6 millones) de los hogares utilizó leña como combustible y el 3.6% utilizó alguna otra fuente de combustible para cocinar (electricidad, petróleo, gasolina, kerosene, alcohol, cocinol; carbón mineral, carbón de leña o material de desecho).

Tabla 46. Factor de eficiencia por equipo utilizado en el sector residencial.

Equipo	Energético	Factor de eficiencia actual %	Factor eficiencia BAT Internacional
Estufa	Leña	3-15%	50%
	Carbón leña	30%	60%
	Gas Natural	57 y 35%	70 y 50%
	GLP	59 y 38%	70 y 50%
	Energía eléctrica	70%	90%
Horno Microondas	Energía eléctrica	50%	70%
Plancha	Energía eléctrica	80%	90%

Fuente: BEU, UPME 2019.

Calentamiento de agua:

Tabla 47. Participación de combustible (%) y tecnología utilizada.

Contribución por combustible (%)	Urbano	Rural
Gas Natural	5.76	0
Electricidad	94.24	100

Fuente: PMR Reporte escenario de referencia NDC Actualizada.

Tabla 48. Participación Tecnología utilizada por tipo de combustible y factor de eficiencia.

Combustible	Tecnología	Urbano (%)	Rural (%)	Factor de eficiencia actual %	Factor eficiencia BAT Internacional
Gas Natural	Calentador tanque y paso	100	0	83%	95%
Electricidad	Calentador de tanque	2.7	2.7	80%	95%

	Calentador de paso	5.2	5.2		
	Ducha eléctrica	92.1	92.1		

Fuente: PMR Reporte escenario de referencia NDC Actualizada

Iluminación⁷⁴

Se registran en promedio 5.37 puntos en el hogar con cuatro horas de uso diario y un factor de eficiencia promedio de 6.2% (UPME, 2019d, Pg. 18). La eficiencia para la mejor tecnología internacional disponible (BAT) es de 29% con 200 lm/W.

Tabla 49. Proporción (%) de tecnologías de iluminación en hogares urbanos y su eficiencia.

Tecnología	Proporción en hogares NDC	Proporción en hogares PAI ⁷⁵	Eficiencia (Lumen/vatio)
Incandescente 60W	17.8	23*	14.0
Incandescente 50W	1.6		14.0
Fluorescente	3.1	2	40.0
LFC	72.4	64	50.0
Tecnología LED	5.1	10	80.0

*Las bombillas incandescentes que aún existían en 2015, representaban el 56% del consumo de iluminación del sector residencial. Fuente: elaboración propia a partir de PMR Reporte escenario de referencia NDC Actualizada y Plan de Acción Indicativo de eficiencia energética (PAI) 2017-2022.

Refrigeración

La eficiencia promedio utilizada en refrigeradores en Colombia es del 14%, con un rendimiento promedio de 2.16 kWh/año/litro. Sin embargo, la mejor eficiencia disponible en Colombia es del 30%, definida como eficiencia A en el RETIQ y la mejor tecnología internacional disponible (BAT) tiene una eficiencia del 50% con un rendimiento de 0.6 kWh/año/litro. Como se dijo anteriormente, el 87% y el 63.3% de los hogares urbanos y rurales respectivamente, poseen refrigerador.

⁷⁴ El número de horas promedio de iluminación para los hogares urbanos es de 4.1 horas. Debido a la ausencia de información de hogares rurales, se utilizó únicamente el balance de energía útil de la UPME para la línea base de la NDC.

⁷⁵ Plan de Acción Indicativo de eficiencia energética 2017-2022. Se basa en la Encuesta de Calidad de Vida del 2015

Aire acondicionado

Se estima que el 57% de los hogares que tienen aire acondicionado, utilizan Minisplit (Tanto urbanos como rurales), el 35% y el 37% de hogares urbanos y rurales respectivamente, utiliza aire acondicionado de pared o ventana y el 8% y 6% de hogares urbanos y rurales respectivamente, utilizan sistema central. La eficiencia promedio actual es del 30% que coincide con la categoría E del actual RETIQ equivalente a EER=2.7 W/W. La mejor tecnología internacional disponible (BAT) tiene una eficiencia promedio de 65% con EER=5.86 W/W.

Lavadora

Como se dijo anteriormente aproximadamente el 67% y el 28.8% de los hogares urbanos y rurales poseen lavadora. La eficiencia promedio es del 22% con un rendimiento de 0.045 kWh/ciclo/kg. La mejor tecnología disponible en Colombia corresponde a la categoría A del RETIQ con un valor de 0.03 kWh/ciclo/kg, con una eficiencia promedio del 33%. La mejor tecnología internacional disponible (BAT), tiene una eficiencia promedio de 50% con un rendimiento de 0.02 kWh/ciclo/kg.

Ventiladores

La eficiencia promedio es del 32% con un rendimiento de 0.033 m³/s/W para ventiladores de pared y un rendimiento de 0.014 m³/s/W para ventiladores de techo. La mejor tecnología internacional disponible (BAT) tiene un 67% de eficiencia promedio.

Televisión

La eficiencia promedio en el país es del 11%, con un índice de eficiencia energética promedio de 0.75. La mejor tecnología internacional disponible (BAT), tiene una eficiencia del 70% y un índice de eficiencia energética de 0.1.⁷⁶

La eficiencia energética es un factor que contribuirá de manera significativa a la reducción de los impactos de este sector, en el PEN se asegura que el sector residencial es el segundo sector con mayor potencial de mejoras en eficiencia energética. Actualmente la energía final producida para el sector residencial es de 259,503 TJ de la cual sólo el 17.8% es útil (46,812 TJ) (UPME, 2019d). Las mayores ineficiencias están en las actividades de calor directo y refrigeración.

De acuerdo con el escenario de referencia de la NDC 2020, este sector contribuyó con 5,057 GgCO₂eq en 2015 y en un escenario tendencial, estas llegarán a 6,873 GgCO₂eq en 2030 y a

⁷⁶ **Nota: la información presentada en los puntos 4 al 8, es extraída del BEU del 2019 de la UPME.

9,877 en 2050. Los principales impulsores del crecimiento de la demanda de energía y por consiguiente de las emisiones de este sector son el crecimiento poblacional y el PIB. En el mismo estudio se proyecta la demanda de energía según los usos finales en el sector residencial (ver Tabla 50).

Tabla 50. Demanda energética por uso final [TJ] para sector residencial.

	2015	2020	2025	2030	2050
Urbano	134,619	151,515	178,461	207,325	340,250
Calor Directo	68,005	76,028	87,956	100,218	154,060
Calentamiento Agua	3,020	3,376	3,906	4,451	6,842
Iluminación	9,698	8,903	10,218	11,642	17,897
Refrigeración	33,415	40,756	51,082	62,684	118,527
Fuerza Motriz	4,547	5,286	6,349	7,500	13,739
TV	10,462	11,048	11,872	12,765	16,787
Otros	5,472	6,118	7,078	8,065	12,398
Rural	129,880	136,513	141,425	147,851	175,859
Calor Directo	117,985	123,686	127,835	133,289	157,436
Calentamiento Agua	133	139	144	151	178
Iluminación	1,764	1,855	1,923	2,011	2,369
Refrigeración	5,543	6,142	6,692	7,335	9,628
Fuerza Motriz	610	667	717	778	1,085
TV	2,841	2,968	3,019	3,142	3,814
Otros	1,004	1,056	1,095	1,145	1,349

Fuente: PMR Reporte escenario de referencia NDC Actualizada.

3.4.1.1.2. Sector terciario: Comercial/ Institucional

Este sector incluye tiendas, hoteles, oficinas, administración pública, instituciones de educación, de salud y actividades recreativas, entre otros. De acuerdo con el PEN, el consumo de energía por habitante en el sector terciario es de 1.5 GJ/año⁷⁷, es responsable del 7% de la demanda final de energía del país (81 PJ) y es el más representativo en aportes al PIB.

De acuerdo con el BEU 2019, la energía final de este sector fue de 65,421 terajulios, de la cual el 34.4% es energía útil. El principal energético utilizado es la electricidad que representa el 73% del total, seguido por el gas natural con 23% y el GLP con 5%, que se utilizan principalmente en usos térmicos de calentamiento (calor directo 11% e indirecto 18%) 28% y refrigeración⁷⁸ 32%, seguidos de iluminación 24%, electrónicos 11% y fuerza motriz 4%. Según el BEU este sector solo aprovecha una tercera parte de la energía

⁷⁷ Información tomada: https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/UPME_Presentacion_PEN_V48.pdf

⁷⁸ Agrega equipos tales como, refrigeradores, neveras y sistemas de aire acondicionado

consumida. Para mejor precisión el BEU separa el sector terciario en sector público y sector comercial. El sector público consume el 16% de la energía final del sector terciario.

Para la generación de calor directo se utiliza principalmente gas natural (47.2%) con equipos de eficiencia del 40%, seguido por GLP con un aporte de 42.47% y una eficiencia promedio de 42%. La electricidad representa el 10.4% restante con una eficiencia promedio de 56.66%. Para la generación de calor indirecto sólo se utiliza gas natural con una eficiencia del 70%.

En cuanto a la iluminación, para el escenario de referencia de la NDC 2020 se usan los valores de eficiencia que se presentan en la Tabla 51, para la estimación del escenario de referencia.

Tabla 51. Eficiencia (%) por tecnología en iluminación- Sector terciario.

Tecnología	Comercial (%)	Público (%)	Lumen/ Vatio	Eficiencia (fracción)
Dialítica	0.08	0.0	80	0.12
Fluorescente T12	3.58	14.0	45	0.07
Fluorescente T15	32.03	1.0	100	0.15
Fluorescente T8	19.07	48.9	80	0.12
Halógena	3.85	2.9	18	0.03
Haluro metálico	9.8	1.5	80	0.12
Incandescente	2.86	6.1	14	0.02
LED	12.57	0.4	80	0.12
LFC	9.66	11.8	40	0.06
Vapor de mercurio	0.65	0.8	34.5	0.05
Vapor_Sodio_Alta	3.05	0.1	98	0.14
Vapor_Sodio_Baja	2.8	12.6	200	0.29

Fuente: PMR Reporte escenario de referencia NDC Actualizada

El rendimiento promedio nacional de la potencia instalada es de 62.4 lm/W, con un factor de eficiencia del 9%. El BAT, como en el caso residencial, es de 29% de eficiencia y rendimiento de 200 lm/W.

En cuanto a los sistemas de aire acondicionado, las mayores participaciones las tienen los chillers refrigerados por agua y por aire, con eficiencias promedio del 29%. La mejor tecnología internacional disponible (BAT) tiene eficiencias entre el 56% y 73%.

Tabla 52. Participación de cada tecnología de acuerdo con la potencia instalada.

Chiller por Agua	Chiller por aire	Compresor de tornillo	Mini Split	Split	Ventana
46%	25%	2%	12%	15%	1%

Fuente: BEU, UPME

Por su parte, los sistemas de refrigeración más empleados en el sector son neveras y botelleros. Sin embargo, el consumo de energía se presenta principalmente en los racks de refrigeración y en las vitrinas refrigeradas. Quiere decir que el 76% del consumo es debido a los sistemas de compresor remoto que tienen un indicador entre 10 y 14 kWh/día/m² dependiendo del tipo de sistema y de la temperatura. La eficiencia promedio nacional es de 25% con un rendimiento de 12 kWh/día/m². El mejor a nivel mundial BAT está entre 5 y 7 kWh/día/m² con un 50% de eficiencia.

Tabla 53. Participación por tipo de aparato en el consumo de energía de refrigeración.

Dispensadora	Rack de Refrigeración	Vitrina	Congelador	Nevera	Botellero	Total general
1%	76%	11%	3%	6%	3%	100%

Fuente: BEU, UPME

Por otro lado, los equipos de fuerza motriz en el sector terciario están representados por bombas de agua, escaleras automáticas, ascensores, ventiladores y otros motores de uso industrial. Los motores tienen una eficiencia promedio a nivel nacional del 68%⁷⁹, mientras que el BAT internacional es de 88%. La Tabla 54 muestra en porcentaje el consumo de energía final de fuerza motriz según el equipo.

Tabla 54. Consumo energía final por equipos - uso fuerza motriz.

Bomba de agua	Escalera Eléctrica	Ventilador	Ascensor	Motores maquinas industriales
32%	22%	1%	25%	20%

Fuente: BEU, UPME.

De acuerdo con el escenario de referencia de la NDC 2020 este sector contribuyó con 1,059 GgCO₂eq en 2015 y generará 1,721 GgCO₂eq a 2030 y 3.295 GgCO₂eq a 2050. El principal impulsor del crecimiento de la demanda de energía y por consiguiente de las emisiones de

⁷⁹ El promedio nacional obedece a motores estándar con factores de carga de aproximadamente 50%. (UPME, 2019d, Pg. 26)

este sector es el PIB. La demanda energética por uso final del escenario de referencia de la NDC se presenta en la Tabla 55. Finalmente, la Resolución 0549 de 2015 establece los consumos de energía de línea base para los diferentes tipos de edificaciones (ver Tabla 56).

Tabla 55. (I) Demanda energética por uso final [TJ].

	2015	2020	2025	2030	2050
Comercial	60,008	63,561	79,700	94,623	181,135
Calor Indirecto	8,814	9,538	11,971	14,212	27,207
Calor directo	6,918	7,486	9,396	11,155	21,355
Iluminación Bombillos	16,366	16,338	20,430	24,255	46,431
Fuerza Motriz	2,067	2,237	2,808	3,333	6,381
Refrigeración	20,708	22,408	28,124	33,390	63,918
Otros	5,133	5,554	6,971	8,276	15,843
Publico	5,620	6,127	7,881	9,360	17,918
Calor indirecto	3,194	3,533	4,547	5,400	10,337
Calor directo	193	214	275	327	626
Iluminación Bombillos	572	545	696	826	1,582
Fuerza Motriz	128	142	183	217	416
Refrigeración	777	860	1,106	1,314	2,516
Otros	755	834	1,074	1,275	2,442
TOTAL	65,628	69,688	87,581	103,983	199,053

Fuente: PMR Reporte escenario de referencia NDC Actualizada.

Tabla 56. Consumo de energía en edificaciones por uso y clima.

kWh/m ² año	Frio	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Hoteles	96.1	151.3	132.5	217.8
Hospitales	249.6	108.3	344.1	344.1
Oficinas	81.2	132.3	318.2	221.3
Centros comerciales	403.8	187.8	187.8	231.5
Educativos	40	44	72	29.8
Vivienda No VIS	46.5	48.3	36.9	50.2
Vivienda VIS	44.6	44	34.6	49.3
Vivienda VIP	48.1	53.3	44.9	50.6

Fuente: Anexo 1, Res. 549 de 2015 (Pendiente Información de Resolución actualizada)

3.4.1.2. Agua

De acuerdo con los reportes efectuados por las empresas prestadoras de los servicios públicos de agua potable a la Superintendencia de Servicios Públicos - SSPD, durante el año 2019, Colombia presentaba la distribución de consumos por cada sector que se muestra en la Figura 34.

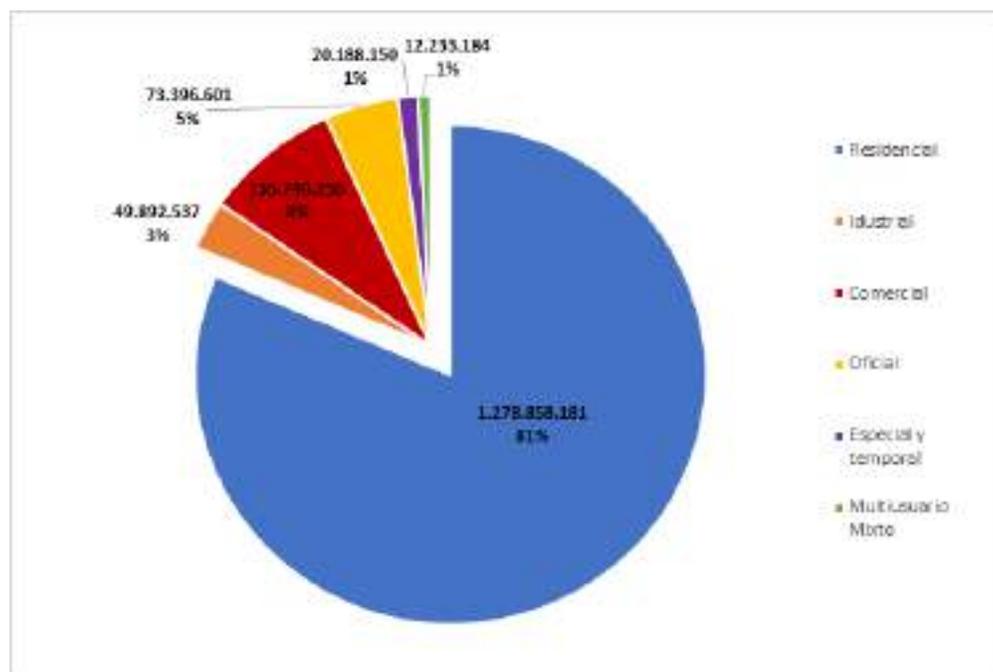


Figura 34. Consumo de agua total nacional m³ (2019) por tipo de suscriptor.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SUI.

Tabla 57. Consumo anual de agua total y promedio por tipo de suscriptor (2019).

Tipo de suscriptor	Consumo total m ³	Promedio de consumo m ³	Número de suscriptores
Estrato 1	276.356.193	149,3	1.851.370
Estrato 2	451.648.926	152,3	2.965.363
Estrato 3	329.204.221	130,0	2.531.941
Estrato 4	129.398.364	132,9	973.565
Estrato 5	55.388.151	143,7	385.451
Estrato 6	36.862.326	174,0	211.889
Comercial	135.740.250	234,6	578.721
Industrial	49.892.537	1.995,5	25.002

Oficial	73.396.601	2.047,6	35.845
Especial	17.342.117	2.094,7	8.279
Temporal	2.846.033	729,8	3.900
Multiusuario Mixto	12.233.184	280,2	43.666

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SUI.

Actualmente, la cobertura de agua potable en el país es del 92.4%, sin embargo, es notoriamente desigual entre las zonas urbanas donde se tiene una cobertura del 98.1% y las zonas rurales, donde es apenas del 62.8% (MVCT, 2020a). En cuanto al servicio de alcantarillado, el 98.2% tiene cobertura en cabeceras municipales y el 73.3% en zonas rurales. Actualmente en Colombia se realiza el tratamiento del 42.85% de las aguas residuales generadas.

De acuerdo con el ENA del 2018, el sector residencial demandó 2,747 millones de m³ en el año y el sector de servicios 571 millones de m³. El consumo mensual, residencial, por persona según EPM es de 3.8 m³ de agua al mes (EPM, n.d.). La Resolución 0549 de 2015 establece los siguientes consumos de agua de línea base para los diferentes tipos de edificaciones (ver Tabla 58).

Tabla 58. Consumo de agua en edificaciones por uso y clima.

lt/pers/día	Frio	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Hoteles	188.5	564.0	242.0	278.9
Hospitales	620.2	600.0	438.0	800.0
Oficinas	45.0	45.0	52.0	45.8
Centros comerciales	6 lt/m ²	6 lt/m ²	6 lt/m ²	6 lt/m ²
Educativos	50.0	50.0	50.0	24.8
Vivienda No VIS	145.4	145.3	189.8	174.9
Vivienda VIS	105.7	113.9	156.7	125.4
Vivienda VIP	78.1	98.3	189.8	110.6

Fuente: Anexo 1, Res. 549 de 2015 (Pendiente Información de Resolución actualizada).

Por otro lado, según el ENA, el sector residencial tuvo pérdidas por 852 millones de metros cúbicos (31%) y generó 1,609 millones de metros cúbicos de vertimientos. Por su parte, los servicios tuvieron pérdidas por 129 millones de metros cúbicos (22%) y generaron 398 millones de metros cúbicos de vertimientos. La ENEC calcula que las pérdidas del sector residencial y de servicios están cerca del 45% y el PND 2018-2022, asegura que el 40% del agua potable se desperdicia en Colombia debido a problemas en la infraestructura.

La Política Nacional de Cambio Climático establece que en el año 2010 el caudal promedio vertido de aguas residuales por la población urbana fue aproximadamente de 70 m³/s; mientras que la capacidad instalada para su tratamiento era inferior a los 30 m³/s con una cobertura de 480 municipios.

Frente al reúso de aguas residuales domésticas tratadas, el PIGCCS de vivienda y saneamiento, establece como línea base 0% para este indicador y plantea como meta a 2030 llegar al 10% de reúso⁸⁰. Por su parte, la ENEC propone aumentar en un 50% el número de proyectos autorizados para reúso de aguas residuales tratadas a 2022. Cabe aclarar que actualmente el Decreto 1207 que reglamenta el reúso de aguas residuales tratadas, no genera estímulos ni un marco legal favorable para esta actividad por lo cual está en proceso de modificación, considerando, además, los avances en tecnología que permiten hacer un uso seguro de estas aguas. Según el DANE en 2018 se reutilizaron 885.1 Hectómetros cúbicos de agua (DANE, 2020a, Pg. 6).

En cuanto a la generación de emisiones la NDC actualizada establece que el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas produjo 2,298 GgCO₂eq en 2015 y proyecta la emisión de 2,755 GgCO₂eq en 2030 y de 3,068 GgCO₂eq en 2050.

3.4.1.3. Residuos

De acuerdo con los estudios realizados para la Misión de Crecimiento Verde, en Colombia se generan en promedio 0.28 t de residuos domésticos por habitante al año⁸¹ y su tasa de aprovechamiento es de menos del 15% (2017). La NDC actualizada toma como dato base una generación de 0.26 t por persona al año. En promedio para las ciudades colombianas en 2015, la fracción más grande de residuos sólidos estuvo compuesta por materia orgánica (61%), seguida por residuos clasificados como “otros” y por plástico con 14.4% y 10.8% de la composición respectivamente (CONPES 3874).

Cabe resaltar que la generación per cápita y la composición de los residuos sólidos generados puede variar de acuerdo con factores como el ingreso económico, lo que implica heterogeneidad en la generación dentro de cada ciudad y entre las ciudades del país. Este hecho puede evidenciarse en el estudio de *Caracterización de los residuos sólidos*

⁸⁰ Esta meta también es planteada por la E2050: 10% a 2030; 20% a 2040 y 30% a 2050.

⁸¹ 13,8 Mill. toneladas / 48,65 Mill. Habitantes = 0,28 t/hab. Datos de 2014 publicados en el CONPES 3874.

residenciales generados en la Ciudad de Bogotá D.C. en 2011, en el que se encontró una generación de residuos sólidos per cápita 68% mayor en los usuarios consultados de Estrato 5 en comparación con los de Estrato 1. Así mismo, se encontró un menor porcentaje de materia orgánica en los residuos sólidos generados por los hogares consultados de estrato 5 (53.8% de la composición) en comparación con 61.4% de materia orgánica encontrada en los residuos generados por los hogares de Estrato 1 (UAESP, 2011).

Respecto a las alternativas de gestión de los residuos sólidos domiciliarios, en 2019 el 81.2% de los hogares, de un total de 15,999 mil hogares, contaron con un servicio de recolección de basuras por medio de la empresa de aseo, mientras que un 12.6% de los hogares quemaron la basura y el 6.2% eliminaron la basura por otro medio (MADS & MCIT, 2019, Pg.47). De acuerdo con el último informe de disposición final de la Superintendencia, en el 2018 el 96% de los residuos del país destinados a disposición final fueron dispuestos en relleno sanitarios (SSPD & DNP, 2019), lo que significó la disposición de 10,853,833.9 toneladas de residuos en rellenos sanitarios. Para el año 2017, se depositaron 9,951,026.9 toneladas que correspondieron al 96.35% de residuos (SSPD & DNP, 2018), mientras que para el año 2016 se depositaron 10,904,459 toneladas equivalentes al 96.5% del total de residuos recolectados, transportados y dispuestos (SSPD & DNP, 2017a).

Así mismo, en el año 2018 fueron sometidas a procesos de tratamiento 11,555.05 toneladas de residuos en tres plantas de tratamiento que operaron en el país, equivalentes al 0.1% de los residuos producidos durante ese año (SSPD & DNP, 2019). En el año 2017 se llevaron 12,154.7 toneladas a las tres plantas de tratamiento en operación continua durante este trienio de análisis equivalentes al 0.12% de los residuos generados durante ese año (SSPD & DNP, 2018), y en el año 2016 se trataron 18,589 toneladas correspondientes al 0.16% del total de residuos generados en ese año en tres plantas de tratamiento mayores a 2500 suscriptores y cuatro plantas menores de 2500 suscriptores (SSPD & DNP, 2017b).

En cuanto al reciclaje, la Política de Crecimiento Verde CONPES 3934 establece que en 2015 la tasa de reciclaje y nueva utilización de residuos sólidos era del 8.6%⁸² y que el porcentaje de residuos sólidos efectivamente aprovechados era del 17%. Dentro de los residuos reportados como aprovechados en la plataforma SUI de la SSPD en 2019, el papel y el cartón presentan el mayor número de toneladas (55%), seguidos por los metales (22.3%) y los plásticos (15%) (SSPD, 2020).

De acuerdo con el escenario de referencia de la NDC 2020 la eliminación de desechos sólidos en el país generó 10,094 GgCO₂eq en 2015 y se proyecta que se emitirán 13,506 GgCO₂eq en 2030 y 16,298 GgCO₂eq en 2050. Dada la composición predominante de materia orgánica en los residuos generados y su potencial de generación de metano por descomposición anaerobia, la disposición final en rellenos sanitarios, especialmente rellenos sin captura o aprovechamiento de biogás, y en sitios no categorizados, como botaderos, constituyen una fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero

⁸² Es el mismo indicador del PND 2018-2022.

en el sector (51.6% de las emisiones del sector residuos en 2015 y 4.3% de las emisiones totales del país en ese año) (VITO et al., 2020b, pg.177).

Es importante señalar que una de las apuestas de mitigación del país consiste en la NAMA de Residuos Sólidos Municipales, la cual se encuentra como instrumento de implementación del Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Sectorial (PIGCCS) del MVCT (Adoptado mediante la Resolución 431 de febrero de 2020). Entre las medidas de mitigación de GEI priorizadas por el Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio se encuentran, además de la Gestión de Residuos Sólidos, el Tratamiento de Aguas Residuales, la Eficiencia Energética y fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER), y medidas orientadas a contribuir a la reducción y control de la deforestación. Los análisis que se realicen en torno a la generación de residuos domésticos no podrán contabilizarse dentro de la línea base pues ya hacen parte de la línea base de esta iniciativa nacional.

3.4.1.4. Gases Refrigerantes

Como se mencionó anteriormente, el uso de gases refrigerantes es uno de los principales generadores directos de gases de efecto invernadero en el sector de las edificaciones. Siguiendo los lineamientos del inventario nacional de emisiones, en la NDC 2020 se contabiliza la emisión directa de emisiones de refrigeradores y aires acondicionados dentro de la categoría 2.F., siendo la categoría aplicable a las edificaciones la categoría refrigeración y aire acondicionado estacionario residencial y comercial (2f1aⁱⁱ). De acuerdo con el escenario de referencia, por refrigeración y aire acondicionado estacionario el sector residencial generó 301 GgCO₂eq en 2015 y se proyecta emita 369 GgCO₂eq en 2030 y el sector comercial generó 534 GgCO₂eq en 2015 y se proyecta emita 3,059 GgCO₂eq en 2030.

Este escenario de referencia se modeló con datos de la Unidad Técnica de Ozono (UTO) y para los escenarios de mitigación de emisiones GEI se contempló una medida de mitigación por uso de productos sustitutos HFC y dos submedidas por sustitución de neveras y por la construcción de distritos térmicos. Estas medidas tienen impacto tanto en la reducción de emisiones por disminución de la demanda de energía, como por reducir el uso de refrigerantes. El potencial de reducción de emisiones por uso de productos sustitutos HFC es de 845.2 GgCO₂eq a 2030 y no se contemplan reducciones adicionales a 2050. Cabe aclarar además que la medida sólo será notoria a partir del año 2029.

Por otra parte, es importante mencionar que los aires acondicionados se tuvieron en cuenta dentro del modelación de la NDC a través de la modelación de la intensidad energética útil por hogar urbano y rural, teniendo en consideración tres tipos de tecnologías en aire acondicionado para hogares: mini split, pared o ventana y central. La proporción de hogares urbanos y rurales por tecnología y eficiencia técnica se presenta en la Tabla 59.

Tabla 59. Distribución de aire acondicionado por tecnología y eficiencia.

Tecnología	Proporción de hogares que utilizan alguna tecnología (%)	Eficiencia técnica (%) de tecnologías de aire acondicionado			Adopción de tecnología eficiente por hogar (%)			
		Urbano	Rural	Eficiencia asistenta	Mejor eficiencia Colombia	Mejor eficiencia internacional	Eficiencia asistenta	Mejor eficiencia Colombia
Mini Split	57.0	57.0	30	41	65	100	-	-
Pared o ventana	35.0	37.0	30	41	65	100	-	-
Central	8.0	6.0	30	41	65	100	-	-

Fuente: PMR Reporte escenario de referencia NDC Actualizada.

3.4.2. Política y regulación

3.4.2.1. Energía

Existen diversas políticas orientadas hacia un manejo más eficiente de la energía en las edificaciones. Por ejemplo, la E2050 establece como meta que a 2030 los municipios del país logren al menos el 10% de mejoras de eficiencia energética del total de hogares de sus territorios; y a 2050 que el 90% de los hogares colombianos realicen y reporten actividades para aumentar la eficiencia.

Como se mencionó anteriormente los principales retos del sector de edificaciones están en la generación de calor directo, en la refrigeración y en mejorar las eficiencias de las diferentes tecnologías. Para esto existen tres estrategias principales que se plantean desde diferentes políticas. La primera, es el recambio tecnológico de estufas de leña (ver Tabla 60).

Tabla 60. Estrategias en energía.

Política/ Plan	Año	Medida	Responsable
NDC	2030	Instalar 1.000.000 de estufas eficientes de cocción por leña para el periodo 2021- 2030. Disminución del uso de leña en hogares rurales mediante la implementación de estufas eficientes que utilizan una menor cantidad de este combustible para la misma demanda de energía, para prevenir la degradación de bosques. La estufa a desplegar es un 25% más eficiente en el consumo de leña que un fogón tradicional.	MME y UPME con el apoyo de entidades públicas del nivel nacional y local, y de entidades privadas
PROURE	2020	La introducción acumulada de las estufas es anualizada desde 2007 a 2020 con un promedio anual de 5.500 estufas eficientes al año en todo el país	MME y UPME

PROURE	2030	Implementación de estufas mejoradas de leña y uso de GLP (0.11%)	MME y UPME
PAS Hidrocarburos	2040	Promover la sustitución de leña por GLP	MME
Plan energético Nacional 2020-2050 (Versión 2019)	2030	<ol style="list-style-type: none"> 1. Escenario 266: <ol style="list-style-type: none"> a. Eficiencia en cocción 42% b. Uso de leña: 37% 2. Escenario Nuevas apuestas: <ol style="list-style-type: none"> a. Eficiencia en cocción 49% b. Uso de leña: 37% 	UPME Y MME
	2050	<ol style="list-style-type: none"> 1. Escenario 266: <ol style="list-style-type: none"> a. Eficiencia en cocción 47% b. Uso de leña: 19% 2. Escenario Nuevas apuestas: <ol style="list-style-type: none"> a. Eficiencia en cocción 63% b. Uso de leña: 10% 	UPME Y MME
PND 2018-2022	2022	Durante el cuatrienio del presente gobierno se beneficiarían cien mil (100.000) familias con la sustitución de la leña por otros energéticos, básicamente por GLP	MME UPME

En esta misma línea, el último Plan Energético Nacional (PEN), propone un escenario llamado “Disrupción” en donde presenta diversas medidas que, en el sector residencial, tienen el potencial de llevarlo a niveles cercanos a cero desde 2040. Entre estas medidas, se destaca que se presume un recambio tecnológico a estufas de inducción alcanzando una participación de la electricidad del 94% a nivel nacional con un remanente del 6% de GLP en el sector rural. Para esto, el consumo urbano debe ser del 100% con electricidad en cocción y una disminución del consumo per cápita de leña de 132 t/mil habitantes a 36 t/mil habitantes. Otras medidas que se adoptan en este escenario para el sector residencial son la sustitución de luminarias incandescentes por 60% LFC y 40% LED a 2025 y 100% LED 2030; y tener a 2050, entre el 90% y 100% de usuarios con medidor inteligente. En este escenario las emisiones generadas por este sector serían de 0.5 Miles de GgCO₂, frente a 4 Miles de GgCO₂ en 2019. Para el sector terciario se plantea a su vez la sustitución de luminarias ineficientes por tecnologías LED y Sodio de baja presión. No obstante, este escenario no genera metas de política.

Las políticas actuales plantean la sustitución de estufas de leña por estufas más eficientes de leña y por recambio a GLP. No obstante, no hay metas de sustitución de estufas de gas a eléctricas. Para lograr el escenario de “disrupción” (donde las emisiones son cercanas a cero), sería necesario promover metas específicas a 2030 y 2050 para el reemplazo de estufas tanto de leña como de gas.

La segunda estrategia es mejorar la eficiencia energética mediante la implementación de la Resolución 549 de 2015 y las mejoras en tecnología, y por lo mismo del factor de eficiencia, para cada uso final.

La NDC plantea el siguiente plan de implementación de la Resolución 549 de 2015 y abarca el consumo de electricidad y gas natural para ciertos usos finales⁸³ (se excluye la cocción y la refrigeración), tanto en el sector terciario como en el residencial.

Tabla 61. Senda de implementación Resolución 549 de 2015.

	2016	2020	2025	2030
Electricidad	0%	20%	65%	100%
Gas Natural	0%	20%	65%	100%

Fuente: PMR Reporte escenario de Mitigación NDC Actualizada.

El potencial de ahorro por sector aplica para el consumo energético asociado al área nueva construida y se estima en 24.7% para el sector residencial y en 32.5% para el sector terciario, para el caso de los consumos asociados a electricidad. En cuanto al ahorro de gas natural, la NDC 2020 asume que el consumo será reemplazado con energía solar. La implementación de la Resolución 549 logra obtener una reducción en emisiones de 94 GgCO₂eq en 2030, de los cuales 6 GgCO₂eq son directos (gas natural) y 88 GgCO₂eq son indirectos (producción de electricidad y emisiones fugitivas). En este escenario se asume que se logra a 2030 una penetración de la tecnología más eficiente (Mejor Eficiencia en Colombia) para cada uso final de acuerdo con las eficiencias definidas en el Balance de Energía Útil. Por otro lado, el PEN propone llegar en 2050 al BAT internacional (Escenario nuevas apuestas).

Para el caso de escenario con aumento de ambición (M3) de la NDC, se incluyó la vivienda VIS y se asumió que la senda de implementación de la medida sería diferente, alcanzado el 100% en 2023 (50% e 2021 y 75% en 2022), lo cual da como resultado un aumento de reducción de emisiones de 6.8 GgCO₂eq, alcanzando un total de 101 GgCO₂eq (VITO et al., 2020a, Pg. 55).

La tercera estrategia está enfocada en la reducción de emisiones asociadas al uso de productos sustitutos HFC y refrigeración, e incluye dos sub-medidas: NAMA Neveras y Distritos Térmicos (VITO et al., 2020a, Pg. 55). Se establece la meta de la promoción de al menos ocho distritos térmicos en diferentes ciudades del país (cinco ciudades principales y tres intermedias). Por el momento, se ha hecho implementación en dos ciudades: Medellín

⁸³ Terciario: Electricidad (Iluminación, Aire acondicionado, ventiladores, Bombas de agua); Gas natural (Calentamiento de agua). Residencial: Electricidad (Calentamiento de agua, iluminación, aire acondicionado, ventiladores); Gas Natural (Calentamiento de agua).

(Alpujarra) y Cartagena (Serena del Mar), y las ciudades con identificación e inventarios técnicos de zonas potenciales para implementación de distritos térmicos son Bogotá, Cali, Bucaramanga, Montería y Villavicencio. La implementación de distritos térmicos tiene afectaciones a lo largo de la cadena de suministro de energía, disminuyendo principalmente el uso de plantas térmicas. A razón de esto, en 2030 se obtiene una reducción acumulada de 249.04 GgCO₂eq (mitigación por el componente energético).

La NAMA de neveras, tiene como metas la transformación de las líneas de producción nacional de refrigeradores, la introducción al mercado de refrigeradores ambientalmente amigables, el establecimiento de un programa nacional de sustitución de refrigeradores domésticos, y la gestión de residuos de refrigeración. Se prevé que aproximadamente 16.1 millones de neveras sean puestas en el mercado a 2030, con R-600a como refrigerante y con una ganancia en eficiencia aproximadamente del 52% (Eficiencias categoría A y B RETIQ). Adicionalmente, se debe hacer una gestión adecuada de 300.000 refrigeradores domésticos. Por estas medidas, a 2030 se obtiene una reducción acumulada de 25.027 GgCO₂eq, mientras que a 2050 esta es de 125,345 GgCO₂eq (mitigación por el componente energético).

El PAI-PROURE propone algunas medidas adicionales de eficiencia energética enfocadas en las edificaciones como:

1. Mejoramiento de eficiencia energética en edificaciones (pinturas atérmicas, extractores eólicos y otros medios de acondicionamiento ambiental por medios naturales).
2. Mejoramiento de la eficiencia energética en entidades públicas por implementación de buenas prácticas, sustitución de equipos de uso final (en su mayor parte sistemas de iluminación y aire acondicionado), adecuaciones arquitectónicas y uso de FNCE.

Por otro lado, el PND 2018-2022 plantea como meta que el Gobierno nacional, y el resto de las administraciones públicas, realicen una auditoría energética de sus instalaciones y establezcan objetivos de ahorro de energía a ser alcanzados a través de medidas de eficiencia energética y de cambios y/o adecuaciones en su infraestructura. Tales objetivos deberán implicar para el primer año un ahorro en el consumo de energía de mínimo 15% respecto del consumo del año anterior y a partir del segundo año con metas escalonadas definidas a partir de la auditoría y a ser alcanzadas a más tardar en el año 2022. Así mismo, plantea como meta apoyar el desarrollo de proyectos de eficiencia energética que beneficien principalmente a usuarios de bajos recursos y masificar el uso de nuevas tecnologías para que los usuarios y las empresas cuenten con información en tiempo real para tomar mejores decisiones. No obstante, no hay incentivos para el mejoramiento energético de las edificaciones.

La NAMA Hábitat también plantea como meta a 2050 hacer la rehabilitación energética de escuelas y centros públicos, pero no hay claridad en los tiempos ni cantidades de

equipamientos en este programa.

Actualmente no hay políticas frente a la aplicación de ACV para los programas de reacondicionamiento de edificios, no hay programas para la adopción de pasaportes de edificios, ni programas o herramientas de evaluación comparativa para diferentes tipos de edificios. Se realizan auditorías energéticas únicamente a los edificios oficiales y a aquellos que aplican a la certificación LEED O+M. No hay incentivos o desincentivos relacionados con el desempeño de los edificios.

No obstante, desde el proyecto *hoja de ruta para establecer metas y medidas de obligatorio cumplimiento en eficiencia energética* del Ministerio de Minas y Energía, se están proponiendo algunas de estas medidas:

- i) Las auditorías energéticas a edificaciones existentes lo cual podría ahorrar 277.24 GWh-año, correspondiente a un 2.94% de ahorro en consumo de energía eléctrica, evitando 178,487 tCO₂ al año. Estas ya son obligatorias para edificios públicos (Art. 30 ley 1715 y Ley 1955 de 2019). Se propone establecer la obligatoriedad de las auditorías para otros edificios del sector terciario de forma progresiva. Estas auditorías deben seguir la norma ISO 50002.
- ii) También se propone una facturación detallada que permitirá a los usuarios del sector terciario y residencial, entre otras cosas, compararse con pares similares o vecinos que los motive a modificar sus hábitos de consumo. Esta medida puede representar una reducción de la demanda entre 1.2% y 2.1%, con ahorro de energía de 481 GWh-año y 103,548 tCO₂ evitadas al año.
- iii) El Etiquetado de viviendas y edificaciones del sector terciario, permitirá un ahorro anual de energía estimado en 1.094 GWh/a, equivalente a lo que representa una disminución de 409.031 t/a de emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero (GEI). Esta etiqueta también está dentro de las metas de la E2050.
- iv) Por último, se plantea una ampliación del etiquetado de eficiencia energética en equipos para incentivar a que los usuarios instalen tecnologías más eficientes. Se plantea que los televisores, hornos microondas, la iluminación y los ventiladores cuenten con el etiquetado. Se prevé el siguiente impacto:
 - Televisor: 711 GWh-año de energía ahorrada al año, 265,774 tCO₂ - año evitadas.
 - Hornos Microondas: 164 GWh-año de energía ahorrada al año, 61,482 tCO₂ - año evitadas.
 - iluminación: 586 GWh-año de energía ahorrada al año, 200,590 tCO₂ - año evitadas.
 - Ventilador: 35 GWh-año de energía ahorrada al año, 12,900 tCO₂ - año evitadas.

En cuanto a normas, actualmente existe el RETIQ que hace obligatorio el uso de etiquetas que informen el consumo energético, las características técnicas relevantes y nivel de eficiencia de los equipos, y precisa condiciones para la difusión, exhibición y entendimiento

de la etiqueta. También se está desarrollando el RETSIT que regulará los distritos y los sistemas térmicos (calderas), para hacer un uso más eficiente de la energía.

Adicionalmente, la CREG está desarrollando estudios para la implementación de programas de respuesta a la demanda con participación de los usuarios, como una de las estrategias para promover mejores hábitos de consumo.

Por último, existen certificaciones en construcción sostenible voluntarias como LEED, EDGE y CASA que promueven la eficiencia energética de las edificaciones y mecanismos de medición que permitan llevar el control de los consumos durante la operación para garantizar que se cumplan las metas propuestas durante la etapa de diseño. No hay certificaciones obligatorias.

3.4.2.2. Agua

En cuanto a las metas frente al consumo de agua existen principalmente cuatro estrategias planteadas desde las diferentes políticas que tienen que ver con el aumento en el aprovechamiento de las aguas lluvias y residuales domésticas tratadas, mejorar la eficiencia del recurso hídrico, aumentar el tratamiento de las aguas residuales y aumentar la cobertura del agua potable.

En cuanto al uso de aguas lluvias y reúso de aguas residuales domésticas tratadas, existen metas y estrategias que buscan disminuir la generación de aguas residuales y generar un aprovechamiento más circular del agua:

- La Misión de Crecimiento Verde se plantea como estrategia intersectorial, promover el uso de agua residual tratada aumentando el número de usuarios que sean receptores de este recurso: a 2022 incrementar el número de usuarios a una tasa del 5%, a 2026 del 10% y a 2030 del 15%.
- La Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) se plantea como meta aumentar en 50% el número de proyectos autorizados de reúso de agua residual tratada a 2022.
- La E2050 propone que a 2030 se realice el reúso del 10% de las aguas residuales domésticas tratadas, a 2040 un 20% y a 2050 un 30%.
- El PIGCCS de Vivienda y Saneamiento también plantea como meta a 2030 llegar al reúso del 10% de las aguas residuales domésticas tratadas.
- La NAMA hábitat propone como estrategia el aprovechamiento de agua de lluvia y drenaje sostenible (incluyendo sistemas de cubiertas verdes).
- En el Anexo 1 de la Resolución 549, se proponen estrategias para el uso de aguas lluvias, grises y residuales.

Para lograr las metas de reúso se está actualizando el Decreto 1207 el cual reglamenta el uso de aguas residuales y determina los usos permitidos y criterios de calidad según su uso.

Esto hace parte de la estrategia del uso eficiente y sostenible del agua ya que es una solución ambientalmente amigable, capaz de reducir los impactos negativos asociados con la extracción y descarga a cuerpos de agua naturales.

Para mejorar la eficiencia en el uso del recurso hídrico se plantean metas que buscan disminuir las pérdidas que son muy altas para el sector residencial y terciario (se asumen pérdidas de cerca del 45%), y fomentar el ahorro del agua para aumentar la competitividad del recurso:

- En la ENEC se plantea como meta reducir en un 20.9% el índice de pérdidas por suscriptor facturado (IPUF) al año 2022.
- El PND 2018-2022 propone modernizar los servicios de agua y aseo para hacer un correcto uso y mejor aprovechamiento del agua al disminuir las pérdidas y desperdicios.
- La Resolución 549 de 2015 tiene estrategias y metas para la reducción en el consumo de agua según tipología y clima con respecto a línea base. Esta Resolución es de obligatorio cumplimiento para todas las edificaciones nuevas exceptuando las viviendas VIS y VIP, para estas se establecen medidas de ahorro voluntarias. Las metas de reducción están entre el 15% y el 45% y entre el 10% y el 15% para viviendas VIS y VIP.
- La Política de Crecimiento Verde propone aumentar la productividad hídrica de 3,334 \$/m³ (2015) a 4,400 \$/m³ (2030).

El aumento en el tratamiento de aguas residuales domésticas tratadas es muy importante para disminuir los GEI asociados con la descomposición de la materia orgánica. Por esto mismo se establecen metas para aumentar la cobertura y la gestión de biogás. En este sentido, la NDC actualizada establece como meta alcanzar el 68.61% del tratamiento de aguas residuales domésticas en 2030 a partir de la entrada en funcionamiento de al menos 6 PTAR (Actualmente es de 42.85%), esto representaría una reducción de 18,000 tCO₂eq. Esta medida contempla de manera integrada la gestión de biogás mediante quema y/o aprovechamiento en la PTAR (Esta misma meta se encuentra en el PIGCCS de vivienda). La implementación de sistemas de captación, conducción, quema y aprovechamiento de biogás, tiene un potencial de mitigación de 0.04 MtCO₂eq por captura y quema de biogás y 0.14 MtCO₂eq por sistemas de manejo y aprovechamiento.

En la ENEC por su parte, se propone aumentar a 54.3% el porcentaje de aguas residuales urbanas tratadas al 2022 y la E2050 propone a 2050 lograr el 100% de cobertura de tratamiento de aguas residuales domésticas en las ciudades.

Por último, la meta en los ODS frente al acceso de agua potable es de lograr el 100% de cobertura a 2030 frente al 91.8% de línea base en 2015.

3.4.2.3. Residuos

La metas y estrategias para el manejo de residuos sólidos domiciliarios consisten principalmente en el aumento en el aprovechamiento y reciclaje de residuos, en la ampliación de la cobertura, gestión de residuos sólidos y disminución de residuos generados.

El CONPES 3874, Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, propone como meta a 2030 tener sistemas de aprovechamiento de residuos sólidos consolidados, sostenibles e inclusivos en por lo menos las trece principales ciudades del país y que 30% de los residuos generados sean efectivamente aprovechados. Como acciones a corto plazo plantea la implementación de programas de responsabilidad extendida del productor para residuos de envases y empaques, la cual está reglamentada en la Resolución 1407 de 2018, generar un incentivo al aprovechamiento (reglamentado en el decreto 2412 de 2018), articular acciones para el fomento del tratamiento biológico (residuos orgánicos); y crear la cuenta ambiental y económica de residuos sólidos como herramienta de información oficial para el seguimiento, control y toma de decisiones en la gestión integral de residuos sólidos (Esta existe y es manejada por el DANE). Como se mencionó anteriormente, la Resolución 2184 de 2019 en el artículo 4, adopta el código de colores para la separación de residuos sólidos en la fuente, la cual empezó a regir a partir del 1 de enero de 2021.

La NDC plantea cuatro estrategias para disminuir los GEI asociados a la gestión de residuos sólidos⁸⁴: 1. Implementar sistemas de tratamiento mecánico biológico (TMB); 2. Captación, conducción y quema de biogás en rellenos sanitarios, 3. Aprovechamiento de biogás en rellenos sanitarios; 4. Reciclaje (cartón, papel, plástico, vidrio y otros).

Tabla 62. Objetivos propuestos por medida de mitigación en el sector residuos.

Medida de Mitigación	Parámetro	Unidad	2020	2025	2030
Sistemas de Tratamiento Mecánico Biológico	Cantidad de residuos sólidos (comida y jardín)	%	1%	3%	5%
Quema de biogás en rellenos	Recuperación metano	%	-	1%	2%
Quema de biogás en relleno sanitario Doña Juana	Recuperación metano	%	17%	21%	26%
Aprovechamiento de biogás en relleno	Uso metano	%	0%	0.4%	0.6%

⁸⁴ Estas medidas se encuentran también en la NAMA de residuos sólidos municipales, el Plan de acción sectorial de mitigación (PAS) residuos sólidos y aguas residuales y el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del sector Agua y Saneamiento Básico (PIGCCS). La NAMA contempla cuatro tecnologías para la reducción de emisiones en rellenos sanitarios que agrupan algunas de las medidas de mitigación de GEI priorizadas: TMB, Sistemas de captación, conducción y quema de biogás, Sistemas de manejo y aprovechamiento de biogás y CDR. La implementación de estas acciones debería conducir a la reducción de al menos 2,9 MtCO₂eq en emisiones de GEI al año.

sanitario Doña Juana					
Reciclaje (papel, cartón, plástico, vidrio y otros inertes)	Cantidad de residuos sólidos (componentes reciclados)	%	2%	8%	15%

Fuente: PMR Reporte escenario de Mitigación NDC Actualizada.

Estas medidas tienen un potencial de reducción de emisiones acumulado entre 2015 y 2030 de 505 GgCO₂eq por Sistemas TMB, 20,255 GgCO₂eq por quema de biogás en rellenos, 376 GgCO₂eq por aprovechamiento de biogás en rellenos y de 3,290 GgCO₂eq por reciclaje. El potencial entre 2015-2050 es de 5,732 GgCO₂eq por Sistemas TMB, 31,763 GgCO₂eq por quema de biogás en rellenos, 605 GgCO₂eq por aprovechamiento de biogás en rellenos y de 5,975 GgCO₂eq por reciclaje.

La E2050 también contempla estas mismas estrategias y metas a 2030. Adicionalmente, plantea que a 2030 existan por lo menos tres técnicas complementarias o alternativas a los rellenos sanitarios de tratamiento y valorización de residuos exitosas. También propone que el aprovechamiento de los residuos orgánicos (compostaje y lombricultura) esté reglamentado para este año, incluyendo la revisión en el esquema tarifario, y estímulos para la recuperación de materiales como papel, cartón, plástico, vidrio y metal. Así mismo, las ciudades deben contar con sistemas y facilidades para la clasificación, tratamiento, reciclaje, captación y aprovechamiento de residuos sólidos. Se deben desarrollar instrumentos y ajustes regulatorios para facilitar la gestión descentralizada de los residuos, más eficiente y con menores externalidades socioambientales y contar con sistemas de recolección y rutas optimizadas, con tecnologías limpias implementadas en 100% de los vehículos de recolección. En 2040 las ciudades deben desarrollar facilidades para la clasificación y reciclaje con la utilización de tecnologías para el manejo, clasificación de residuos y su aprovechamiento para la generación de biocombustibles, hidrógeno y como insumo para restauración de suelos, además de tener un esquema operativo de aprovechamiento ajustado e implementado en el 100% de las ciudades del país. A 2050 se plantea la reducción del número de rellenos sanitarios.

Por otro lado, una meta a 2030 de los ODS es el aumento en las tasas de reciclaje y nueva utilización de residuos sólidos a 17.9% (Línea base -2015: 8.6 %). Una de las estrategias para incrementar el reciclaje es el aprovechamiento de los residuos de envases y empaques, mediante la responsabilidad extendida del productor (Res. 1407 de 2018). Esta Resolución tiene como objetivo alcanzar una tasa de 10% de aprovechamiento al 2021 y la E2050 plantea alcanzar un 50% de aprovechamiento de envases y empaques al 2030.

El PND 2018-2022, también plantea una meta en relación con la tasa de reciclaje y aprovechamiento para la cual encarga al Ministerio de Vivienda, quien con apoyo del MADS, fomentará el aprovechamiento, reciclaje y tratamiento de residuos, para lo cual definirá criterios para la ubicación de infraestructura de recuperación de materiales. La tasa de reciclaje y nueva utilización de residuos deberá ser del 12% en 2022.

Por otro lado, la ENEC tiene como meta al 2022 recuperar y reciclar 6,000 toneladas métricas de materiales provenientes de 100,000 refrigeradores sustituidos.

La NAMA Hábitat por su parte plantea la ampliación de la cobertura de recogida de residuos sólidos y fomento a la separación en origen y al compostaje. También favorecer la conexión al sistema de saneamiento de los asentamientos informales.

La Política Nacional de Cambio Climático plantea la necesidad de incentivar la reducción constante de la generación de residuos sólidos y líquidos urbanos, así como el reúso, el reciclaje y el aprovechamiento de residuos incluyendo la valorización energética de los residuos antes de que lleguen a su disposición final en rellenos, y el aprovechamiento energético de las emisiones generadas en los rellenos sanitarios y en los sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales, medidas contempladas en la NDC.

Por último, se plantean metas para la reducción en la generación de residuos. La Misión de Crecimiento Verde propone disminuir la generación de residuos post consumo domiciliario en un 2% en 2026 y en un 5% en 2030 frente a una línea base de 0.28kg/hab en 2014. La E2050 plantea que en 2050 el 100% de las ciudades y territorios del país realizarán una gestión de residuos enfocada a prevenir, reducir su generación desde la fuente, valorizar y aprovechar los residuos no evitables.

3.4.3. Tecnología

Para la operación de las edificaciones han entrado al mercado algunas plataformas que permiten gestionar y monitorear bienes inmuebles y portafolios inmobiliarios; y establecer metas de eficiencia para mejorar su desempeño. Un ejemplo de esto son las plataformas ARC Skoru y Portfolio Manager Energy Star en las cuales se pueden monitorear los consumos de la operación y establecer metas de mejoras. Por ejemplo, en Arc actualmente hay 15 centros comerciales monitoreando sus operaciones, los cuales hacen parte del grupo ACE Colombia. Este grupo espera poder incluir 180 centros comerciales que hacen parte de su portafolio con miras a establecer objetivos de sostenibilidad y lograr su certificación LEED.

Por otro lado, existen los sistemas BMS que permiten la automatización y el control centralizado de los diferentes sistemas de los edificios. Esto permite tomar decisiones en tiempo real e identificar rápidamente fallas en los sistemas que lleven al aumento en los consumos. Esta tecnología es utilizada en Colombia, pero no se tienen datos del alcance que ha tenido. Para vivienda existen sistemas de domótica, pero se utilizan solamente en segmentos muy específicos, no está generalizado.

Otra herramienta fundamental para la operación de los edificios es BIM ya que permite tener un modelo 3D que funciona como un repositorio de información para tomar mejores decisiones durante la operación y el mantenimiento. En el modelo se pueden alojar los manuales técnicos de los equipos y la especificación de todos los componentes del edificio. Como se ha mencionado anteriormente, se está trabajando desde CAMACOL y el Ministerio de Vivienda, un estándar que impulse esta tecnología en el país.

Por último, con la implementación de la facturación detallada los operadores de red deberán instalar medidores inteligentes a todos los usuarios y la GIDI deberá gestionar los datos, desarrollar un sistema de verificación de los datos reportados y una plataforma web de intercambio de la información. Esto también debería facilitar el control y monitoreo de la Resolución 549 de 2015 y los programas de respuesta a la demanda.

3.4.4. Finanzas

Actualmente en Colombia no hay incentivos ni desincentivos para la operación eficiente de los edificios existentes ni para el reacondicionamiento de edificios que quieran mejorar su eficiencia en el uso de agua y energía. Existen los incentivos financieros y tributarios descritos anteriormente para edificaciones que optan por certificaciones en construcción sostenible y cuyo principal beneficio se percibe durante la operación reflejado tanto en la disminución de los cobros de las facturas de servicios públicos como en la salud y bienestar de los ocupantes, lo cual se refleja en menos quejas de los usuarios, menores tasas de absentismo y mayor satisfacción con el espacio (CCCS, 2021).

Por ejemplo, de acuerdo con el Caso de negocio LEED en Latinoamérica realizado por el CCCS, los ahorros proyectados para la operación varían de acuerdo con la tipología del proyecto en relación con el porcentaje de control que el propietario tiene sobre las decisiones de acabados interiores. Los proyectos comerciales tipo Retail (grandes superficies) son los que presentan los mayores ahorros en agua y energía, principalmente debido a que los propietarios que desarrollan el proyecto son los mismos que lo operan, y a que estos tienen un control total sobre los acabados de espacios interiores. En promedio, el total de proyectos tiene ahorros del 28% de consumo en energía y del 52% en consumo de agua potable, mientras que los proyectos certificados LEED BD+C Retail presentan en promedio un 34% de ahorro en energía y un 72% de ahorro en consumo de agua potable. Otros beneficios percibidos desde la operación se resumen en la Tabla 63.

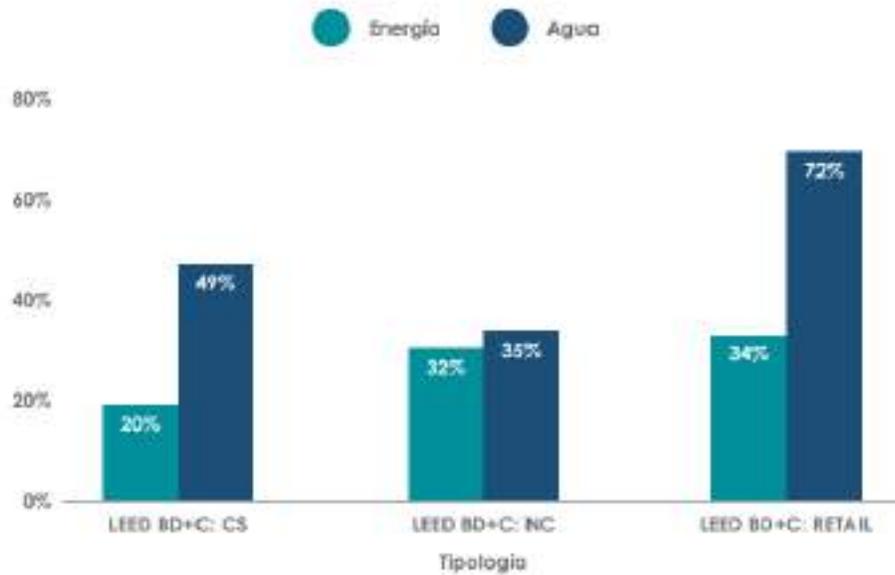


Figura 35. Ahorros en energía y agua por tipología de certificación LEED.
Fuente: Caso de Negocio de LEED en Latinoamérica, CCCS 2021.

Tabla 63. Beneficios percibidos por la certificación LEED de un proyecto.

BENEFICIOS PERCIBIDOS	PORCENTAJE DE PROYECTOS
Menores costos de operación	86%
Mejor salud y bienestar para los ocupantes	71%
Mayor rentabilidad	71%
Mayor valorización	57%
Facilidad para operar	57%
Llegar a clientes especiales	54%
Comercialización más rápida	46%
Cobre adicional	31%
Mejor documentación del proyecto	29%

Fuente: Caso de Negocio de LEED en Latinoamérica, CCCS 2021.

En el PAI se proponen incentivos los cuales no existen actualmente como la disminución de pago del impuesto predial durante los primeros tres o cinco años de funcionamiento de edificios con certificación energética o ambiental reconocidas. En cuanto a la gestión y uso de recursos de cooperación internacional, los proyectos ejecutados o en ejecución que cuentan con estos son:



- Proyecto de eficiencia energética en las edificaciones. Está en formulación la Fase II del proyecto.
- Renovación de Edificaciones Existentes (formulación): Cuenta con el apoyo de la embajada de Francia y se realizará en la ciudad de Medellín en edificaciones oficiales.

Bancóldex cuenta con líneas de crédito especiales para el financiamiento de proyectos de eficiencia energética para hoteles, clínicas y hospitales.

Por otro lado, existen las ESCO que son firmas privadas que desarrollan e implementan proyectos de inversión en eficiencia energética para sus clientes y generan riqueza para sus accionistas. Una ESCO cobra a sus clientes dependiendo de los ahorros logrados a través de un contrato ESPC (BID, 2017). Un estudio realizado por el CEPAL sobre el estado de desarrollo de la industria ESCO y Mercado de Proyectos EE en Latinoamérica del 2015, estima que, en Colombia, Brasil, Chile, Uruguay y Ecuador, tienen un potencial de mercado del orden de los 3 a 4 mil millones de dólares anuales. No obstante, a la fecha se encuentra en el entorno del 10% de ese potencial existente, aproximadamente 330 millones de dólares anuales (Acquatella, 2015).

Según este estudio el mercado de ESE en Colombia presenta las siguientes características:

- i) Un mercado desarrollado de algunas empresas (en el entorno de 6 empresas) que operan en distintos segmentos de mercado con modalidades de contrato de desempeño, ahorros garantizados y/o gerenciamiento de la energía.
- ii) Un mercado incipiente de Consultoras en EE (PROTO ESE) que brindan asesoramiento mediante contratos de Consultoría Técnica con pagos fijos.
- iii) La incidencia de los precios locales de la energía, el clima de negocios y la participación del sector privado resulta propicia para la actividad de las ESE. El mercado ha sido promovido a partir de iniciativas del sector privado con escasos instrumentos orientados a “crear” demanda. Hasta ahora el sector público prácticamente no incide en las operaciones del mercado de EE y en el volumen de negocios que observan las ESE
- iv) El driver de la eficiencia energética es el subsector gas natural.
- v) Los instrumentos de financiamiento tradicionales diseñados no han representado elementos disparadores del mercado.
- vi) Se observan instrumentos financieros innovadores que logran acercar los proyectos de inversión a la oferta de financiamiento y se evitan los problemas que presenta la operativa de la banca comercial en créditos orientados a la EE.
- vii) El mercado de ESE en Colombia se inició hace menos de 10 años, en ese tiempo ha logrado tener un volumen de negocios relevante.

- viii) No ha existido una fuerte penetración de ESEs extra regionales en Colombia.
- ix) Los modelos de negocio exitosos en materia de ESE en Colombia han recurrido a estrategias empresariales claramente definidas que trascienden la mera aplicación de un modelo de contrato.
- x) Las Empresas presentes son esencialmente colombianas que cuentan con equipos técnicos con alta formación y sustentan su estrategia en el capital humano. Esta es la base de la mayoría de las empresas observadas como exitosas en este mercado.
- xi) A partir de soluciones técnicas sólidas y la confianza generada a nivel de sus clientes sustentan su actividad comercial.
- xii) La creatividad y flexibilidad a nivel del desarrollo de contratos es otra característica particular del modelo ESE en Colombia. Los que se insertan primero en el mercado con propuestas de innovación han tenido ventajas competitivas que han logrado mantener.

La experiencia ha demostrado que Colombia con el liderazgo del sector privado y limitados aportes de políticas de respaldo ha logrado desarrollar un mercado de ESE, en términos relativos a la región, dinámico y poco expuesto a factores externos y coyunturales (Acquatella, 2015).

El CONPES 3874, Política Nacional Para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, se plantea la incorporación de un incentivo al aprovechamiento que encarece el costo de disposición final de desechos sólidos, incentivando al usuario a no desperdiciar materia prima valiosa e implementar instrumentos económicos para que se reconozcan los costos de una gestión adecuada de residuos y se puedan desarrollar proyectos de aprovechamiento y tratamiento con cierre financiero. Para esto existe actualmente el Decreto 2412 de 2018, capítulo 7, en el cual se reglamenta el incentivo al aprovechamiento.

3.4.5. Desarrollo de capacidades

Se necesita desarrollar el sistema de información de auditorías energéticas a edificaciones existentes y generar campañas de comunicación y capacitación al público, organismos de certificación, laboratorios, autoridades nacionales y de vigilancia. La ONAC acreditará a las empresas que vayan a realizar las auditorías y deberá identificar y generar las capacitaciones necesarias para minimizar el riesgo de costos inaccesibles para las empresas. Ya existen en el país empresas capacitadas para realizar auditorías siguiendo los lineamientos de la norma ISO 50002, pero habrá que validar su capacidad a medida que se extienda el requerimiento.

Para la facturación detallada se debe realizar una consultoría que identifique los elementos de facturación que impactan el comportamiento de los usuarios y se debe capacitar y sensibilizar a los usuarios finales para la interpretación de la factura de energía eléctrica.

Para la ampliación del etiquetado también se deben generar campañas de comunicación y capacitación para toda la cadena de valor: fabricantes, ensambladores, autoridades, público, organismos de certificación y laboratorios. Los programas de capacitación los realizará el ONAC. Es necesario estructurar un sistema robusto de información y seguimiento que permita verificar la transformación del mercado hacia equipos, viviendas y edificaciones más eficientes.

Las certificaciones LEED, EDGE, CASA entre otras, establecen la necesidad de capacitar a los operadores y usuarios de las edificaciones principalmente en los sistemas de monitoreo y reporte para que puedan llevar un control de los consumos que les permita identificar problemas y desperdicios para tomar medidas basadas en la información.

Por otro lado, se debe capacitar a los usuarios y administradores de las edificaciones para poder llevar un mejor control sobre los consumos de agua, energía y generación de residuos mediante el uso de plataformas como Arc y Portfolio Manager Energy Star.

La Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, CONPES 3874, establece la necesidad de generar una estrategia de comunicación nacional, enfocada en prevención, reutilización y separación en la fuente de residuos; y de fortalecer del Sistema Único de Información (SUI), que es la herramienta de reporte de información del servicio público de aseo por parte de las empresas prestadoras de este servicio con el propósito de generar informes anuales sobre disposición final y aprovechamiento.

El Decreto 596 de 2016 se crea para reglamentar el proceso de formalización de los recicladores de oficio, lo cual es fundamental para mejorar el servicio de aseo. Este Decreto define el esquema operativo de la actividad de aprovechamiento y la transitoriedad para el cumplimiento de las obligaciones que deben atender los recicladores de oficio y las organizaciones de recicladores de oficio que estén en proceso de formalización. La E2050 plantea como meta a 2030 un esquema operativo de aprovechamiento adoptado mediante el Decreto 596 de 2016 e implementado en por lo menos 13 principales ciudades del país.

3.4.6. Equidad e inclusión

Las etiquetas tanto de edificaciones como de equipos permiten a todas las personas conocer el desempeño energético de las edificaciones y equipos lo cual les permitirá tomar mejores decisiones de compra.

3.4.7. Innovación

Los etiquetados de edificios de vivienda y del sector terciario representan una innovación importante y se necesita desarrollo tanto normativo como técnico para lograr una implementación adecuada. Adicionalmente se deben desarrollar los sistemas de



información y reporte e implementar sistemas de medición avanzada en todas las edificaciones que permita llevar el control de los consumos.

3.4.8. Hábitos de consumo

Los etiquetados tanto de equipos como de edificaciones están enfocados en promover mejores hábitos de consumo. Así mismo, la facturación detallada tiene por objetivo presentar información adicional a los consumidores que los motive a modificar su comportamiento, mejorando la eficiencia energética de las edificaciones.

3.4.9. Mapa de actores involucrados y roles en el camino de descarbonización

Para el etiquetado de edificaciones nuevas estos son los actores identificados:

- ICONTEC y Ministerio de Minas y Energía: Expedición de la reglamentación técnica
- ONAC: Proceso de acreditación de auditores
- Constructores: Contratación del auditor
- Auditor certificado: Estudia documentación y estima el índice de consumo energético (KWh/m²-año)
- Curadurías: Reciben la solicitud, validan y expiden el certificado de eficiencia energética.

Para la facturación detallada:

- Ministerio de Minas y Energía: Expedición de la reglamentación.
- Operador de red: Instalar los medidores inteligentes; responsable del sistema de medición de acuerdo con el Código de Medida; Entrega de datos al GIDI obtenidos de los medidores avanzados, gestionar los programas de respuesta a la demanda.
- GIDI/ CREG: Desarrollar un sistema de verificación de la información los datos de energía eléctrica reportados y una plataforma web para el intercambio de información.
- Comercializador: Realizar el proceso de facturación detallada.
- Usuarios: Recibir información, modificar hábitos de consumo.

Para las Auditorías Energéticas:

- Ministerio de Minas y Energía: Expedición de la reglamentación, establece la obligatoriedad de las auditorías y su alcance.
- ONAC: Certifica a las empresas interesadas en realizar las auditorías.
- UPME: Proporciona la información relacionada con la efectividad y dimensión de su impacto.
- CIURE: Brindar información sobre las recomendaciones que surjan de las auditorías.
- Auditor certificado: Realizar auditorías y recomendaciones.
- Empresas: Implementar medidas para el ahorro energético y mejorar la seguridad en el uso de energéticos.

Para la ampliación del etiquetado:

- Ministerio de Minas y Energía: expide el reglamento técnico mediante Resolución.
- ONAC: Acredita los laboratorios y lleva registro de las empresas autorizadas.
- SIC: Hace seguimiento y controla el reglamento.
- Comercializadores y fabricantes: Deben tramitar la certificación y reportar los etiquetados.

El reemplazo de estufas de leña está a cargo del Ministerio de Minas y Energía y la UPME con el apoyo de entidades públicas del nivel nacional y local, y de entidades privadas.

La reglamentación de los Distritos Térmicos está a cargo del Ministerio de Minas y Energía, la iniciativa está impulsada por la Unidad Técnica de Ozono (UTO) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con la participación de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), y con el apoyo de la Embajada de Suiza- Cooperación Económica y Desarrollo (SECO) y la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). Las ciudades y proyectos urbanísticos los implementan.

La NAMA de neveras está liderada por la UTO con apoyo de del GIZ, la UPME, la ANDI y el y el programa de intercambio de electrodomésticos Red Verde quienes se encargan de la recolección y disposición adecuada de las neveras y electrodomésticos.

Por otro lado, el Ministerio de Ambiente es el responsable de actualizar el Decreto 1207 de 2014 sobre el reúso de aguas domiciliarias tratadas. Los diseñadores y constructores deben promover la integración de las aguas lluvia, grises y residuales tratadas en los proyectos.

El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio está encargado de actualizar la Resolución 549 de 2015. Las curadurías verificarán su cumplimiento y las administraciones locales llevarán el seguimiento para cuantificar su impacto. Los diseñadores y constructores deben implementar la Resolución y los usuarios de las edificaciones deben hacer un uso responsable de los recursos. Quienes operen las edificaciones serán los encargados de monitorear y controlar los consumos.

En la Figura 36 se muestra el mapa de actores relacionados con la etapa de operación de las edificaciones.

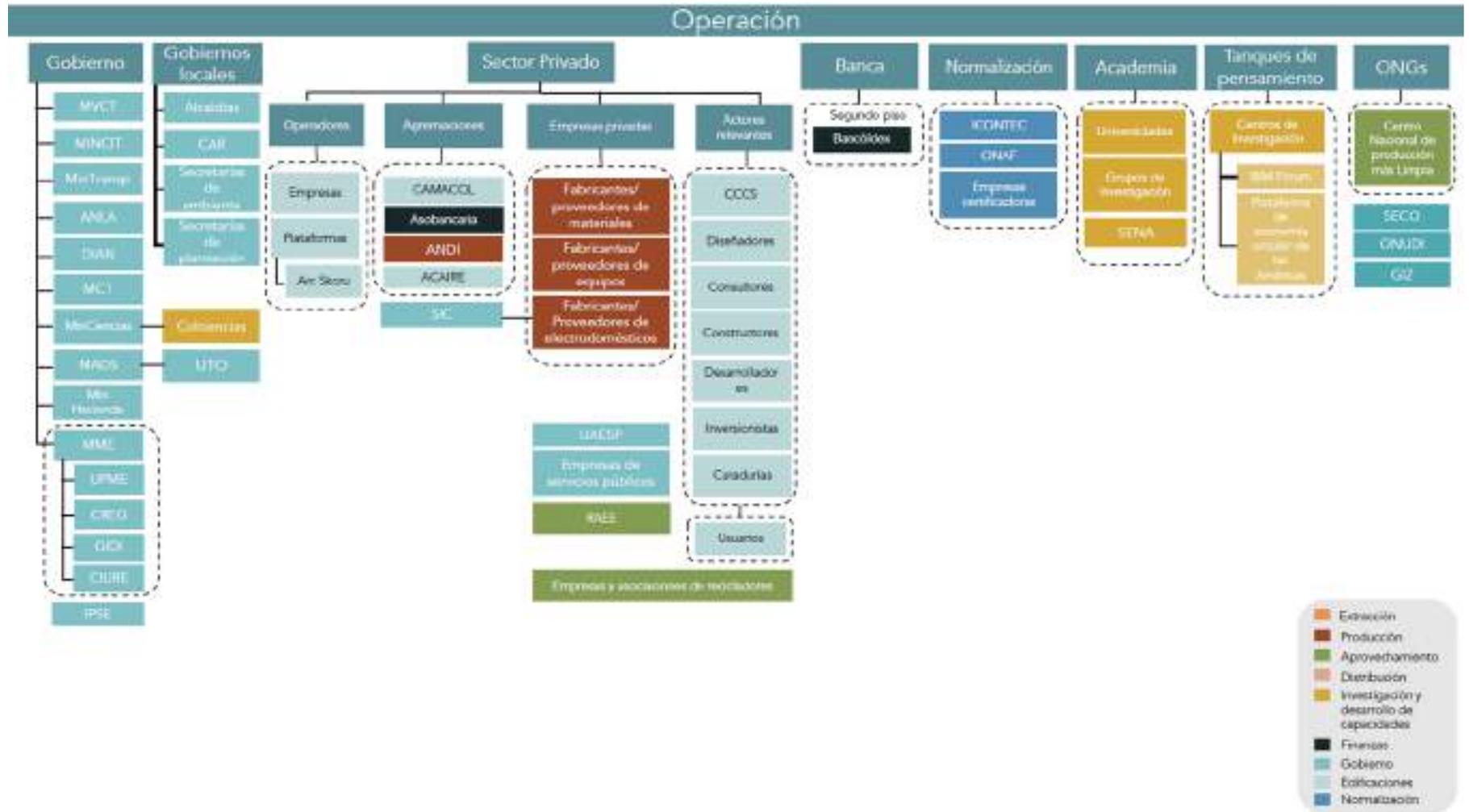


Figura 36. Mapa de actores etapa de operación. Fuente: CCCS.

3.4.10. Resiliencia y Gestión del Riesgo

Desde La Política Nacional de Cambio Climático se busca incentivar la eficiencia energética residencial y no residencial; y la construcción sostenible, baja en carbono y resiliente al clima. Específicamente se plantea promover un desarrollo y ordenamiento resiliente al clima y bajo en carbono de los sectores no agropecuarios, en el contexto rural, como en los sectores de energía mediante estufas eléctricas y energías alternativas. También se plantea reducir el riesgo climático por desabastecimiento hídrico de las ciudades mediante incentivos al uso eficiente del agua y la reducción de pérdidas y agua no contabilizada.

3.4.11. Habitabilidad

No se identifican políticas, normas, programas que estén enfocados en monitorear o incentivar estrategias de una operación eficiente y que garantice el confort de los usuarios. El confort es fundamental para asegurar el mejor desempeño de las edificaciones ya que evita la utilización de equipos adicionales de ventilación, refrigeración, calentamiento, iluminación, griferías, etc. que generan consumos adicionales de energía y agua.

Los etiquetados de viviendas y edificaciones del sector terciario pueden ser un primer paso para informar a los usuarios sobre las condiciones de habitabilidad de las edificaciones que habitan o van a ocupar. De igual manera, desde las auditorías energéticas se pueden generar recomendaciones que ayuden a mejorar las condiciones de confort de las edificaciones.

3.5. Sistemas de las edificaciones

Actualmente en Colombia existen reglamentos técnicos relacionados con el sistema eléctrico de las edificaciones, estos son: el de instalaciones eléctricas RETIE, iluminación y alumbrado público RETILAP y el Reglamento Técnico de Etiquetado con fines de Uso Racional de la Energía RETIQ. Adicionalmente, se está desarrollando el RETSIT, Reglamento Técnico de Sistemas e Instalaciones Térmicas.

- El RETIE pretende garantizar la seguridad de las personas, de la vida tanto animal como vegetal y la preservación del medio ambiente. Aunque su enfoque principalmente es la seguridad de las instalaciones eléctricas, tiene exigencias y requisitos de productos eléctricos e instalaciones que contribuyan al uso racional y eficiente de la energía y con esto a la protección del medio ambiente y el aseguramiento del suministro eléctrico.

- El RETILAP establece requisitos específicos de iluminación interior y exterior, donde se consideran aspectos como la forma y tamaño de los espacios, los colores y las reflectancias de las superficies, los horarios y detalles de las actividades a ser desarrolladas, la disponibilidad de la iluminación natural y también los requerimientos estéticos requeridos por el cliente. Así mismo, se establecen valores límite de eficiencia energética de la instalación de iluminación diferenciados para distintas zonas de actividad. También se establecen criterios para el control del alumbrado por encendido y apagado manual, atenuación, encendido y apagado automático, dimerización, etc.
- El RETIQ hace exigible el porte de etiquetas para equipos de refrigeración doméstica y comercial, acondicionadores de aire, motores monofásicos y trifásicos de inducción, balastos para iluminación fluorescente, lavadoras, calentadores de agua eléctricos y de gas (Tipo acumulación y de paso) y gasodomésticos para la cocción de alimentos. Actualmente se está planteando un proyecto para la ampliación del etiquetado a televisores, hornos microondas, iluminación y ventiladores. Con esta estrategia se pretende aumentar el consumo de aparatos eficientes en los sectores residencial y terciario.
- El RETSIT está enfocado en garantizar la seguridad, el desempeño energético, la protección del medio ambiente y el aseguramiento de los requerimientos de los servicios del sistema o instalaciones térmicas destinados a servicios tales como, climatización, dotación de agua caliente sanitaria y la producción y distribución de energía térmica para atender demanda de vapor, agua o calor de proceso y necesidades de calefacción o refrigeración.

Para el diseño y construcción del sistema hidrosanitario existe la norma NSR 10 que en los títulos J y K tiene requerimientos de protección contra incendios en edificaciones. Las NTC 2301, 1669 y 2885 contienen lineamientos también para este diseño las cuales se complementan a su vez con las normas NFPA. No obstante, estas no son de carácter obligatorio. Para el diseño y construcción de las redes de fontanería, existe la NTC 1500 en la cual se establecen los requisitos mínimos para garantizar el funcionamiento correcto de los sistemas de abastecimiento de agua potable; sistemas de desagüe de aguas negras y lluvias; sistemas de ventilación; y aparatos y equipos necesarios para el funcionamiento y uso de estos sistemas; y la RAS 2000 para los sistemas de potabilización y saneamiento. Adicionalmente existe la NTC 920, de aparatos sanitarios de cerámica y el Sello Ambiental Colombiano de aparatos sanitarios de alta eficiencia (NTC 5757).

Para el sistema de ventilación existe la NTC 5183, para una calidad aceptable del aire en interiores. Sin embargo, es voluntaria y está desactualizada por lo que los proyectos prefieren utilizar los estándares ASHRAE (y otros internacionales) tanto para el diseño y construcción de sistemas de HVAC como para los sistemas de ventilación natural.

Más recientemente, a raíz del COVID 19, se expidió el Decreto 223 de 2021 que tiene exigencias frente a la ventilación de espacios. Entre estos se deben seguir las indicaciones de la Norma 52.2 de la ASHRAE y garantizar por lo menos cuatro renovaciones del volumen ventilado cada hora. Cabe resaltar que existe el Protocolo de Verificación para Sistemas Ingenieriles de Ventilación Natural en Climas Ecuatoriales, el cual se debe utilizar si las edificaciones desean certificarse LEED, utilizando sistemas de ventilación natural.

Por otro lado, el Balance de Energía Útil de la UPME (BEU) presenta los valores promedio de eficiencia de los diferentes sistemas y equipos que funcionan actualmente y se comparan con la mejor tecnología disponible en Colombia y la mejor tecnología disponible a nivel mundial.

Tabla 64. Factores de eficiencia para las diferentes tecnologías y usos finales en sector residencial.

Tecnología		Factor de eficiencia actual	BAT Colombia	BAT Internacional
Calor directo	Electricidad	73%	79%	86%
	Gas Natural	42%	50%	60%
	GLP	42%	50%	60%
	Leña	30%	20%	50%
Calentador de agua	Electricidad	80%	87%	95%
	Gas Natural	83%	87%	95%
Iluminación		6%	15%	29%
Refrigeración		14%	30%	50%
Aire acondicionado		30%	41%	65%
Fuerza motriz		22%	33%	50%
Televisores		20%	35%	70%

Fuente: Elaboración propia basado en información del BEU, UPME. 2019.

Tabla 65. Factores de eficiencia para las diferentes tecnologías y usos finales en sector comercial/institucional.

Tecnología		Factor de eficiencia actual	BAT Colombia	BAT Internacional
Calor directo	Electricidad	56,66%	90%	99%
	Gas Natural	40%	45%	50%
	GLP	42%	47%	50%
Calor indirecto	Electricidad	80%	87%	95%
	Gas Natural	70%	80%	84%
Iluminación		90%	15%	29%
Fuerza motriz		68%	83%	88%
Refrigeración	Refrigeración	25%	30%	50%
	Aire acondicionado	29%	45%	61%

Fuente: Elaboración propia basado en información del BEU, UPME. 2019.

El PROURE es el principal programa de eficiencia energética en el país en el cual se establecen metas específicas por sector y los mecanismos e incentivos para avanzar hacia prácticas y tecnologías más eficientes. Las principales barreras para su adopción son el bajo desarrollo tecnológico, la poca formación en nuevas tecnologías y que las medidas de eficiencia energética representan un costo elevado, poco asumible.

Por último, la guía de construcción sostenible, Anexo 1 de la Resolución 549 de 2015, contiene guías de conformidad, recomendaciones y buenas prácticas para cada uno de los sistemas: Energía, Iluminación, HVAC, Agua, Ventilación natural.

3.5.1. Política y regulación

Actualmente en Colombia existen reglamentos técnicos relacionados con el sistema eléctrico de las edificaciones, estos son: el de instalaciones eléctricas RETIE, iluminación y alumbrado público RETILAP y el Reglamento Técnico de Etiquetado con fines de Uso Racional de la Energía RETIQ. Adicionalmente se está desarrollando el Reglamento Técnico de Sistemas e Instalaciones Térmicas RETSIT en el cual se pretende integrar las iniciativas asociadas a los proyectos de Instalaciones Térmicas RITE, Reglamento Técnico de Calderas RTC, así como la promoción de los Distritos Térmicos. Se espera también que este reglamento incluya temas de calidad del aire.

El RETIE por su parte pretende garantizar la seguridad de las personas, de la vida tanto animal como vegetal y la preservación del medio ambiente. Aunque su enfoque principalmente es la seguridad de las instalaciones eléctricas, tiene exigencias y requisitos de productos eléctricos e instalaciones que contribuyan al uso racional y eficiente de la energía y con esto a la protección del medio ambiente y el aseguramiento del suministro eléctrico.

El RETILAP establece requisitos específicos de iluminación interior y exterior, donde se consideran aspectos como la forma y tamaño de los espacios, los colores y las reflectancias de las superficies, los horarios y detalles de las actividades a ser desarrolladas, la disponibilidad de la iluminación natural y también los requerimientos estéticos requeridos por el cliente. Así mismo, se establecen valores límite de eficiencia energética de la instalación de iluminación diferenciados para distintas zonas de actividad. También se establecen criterios para el control del alumbrado por encendido y apagado manual, atenuación, encendido y apagado automático, dimerización, etc.

El RETIQ hace exigible el porte de etiquetas para equipos de refrigeración doméstica y comercial, acondicionadores de aire, motores monofásicos y trifásicos de inducción, balastos para iluminación fluorescente, lavadoras, calentadores de agua eléctricos y de gas (Tipo acumulación y de paso) y gasodomésticos para la cocción de alimentos. Actualmente se está planteando un proyecto para la ampliación del etiquetado a televisores, hornos microondas, iluminación y ventiladores. Con esta estrategia se pretende aumentar el consumo de aparatos eficientes en los sectores residencial y terciario.

El RETSIT está enfocado en garantizar la seguridad, el desempeño energético, la protección del medio ambiente y el aseguramiento de los requerimientos de los servicios del sistema o instalaciones térmicas destinados a servicios tales como, climatización, dotación de agua caliente sanitaria y la producción y distribución de energía térmica para atender demanda de vapor, agua o calor de proceso y necesidades de calefacción o refrigeración.

Adicionalmente, existe la ley 697 de 2001, el PROURE y el Plan de Acción Indicativo que contiene metas sectoriales de eficiencia energética mediante la sustitución y mejoramiento de los sistemas de las edificaciones. Las metas principales para los sectores residencial y terciario se muestran a continuación:

Residencial:

1. Sustitución de equipos de refrigeración doméstica.
2. Sustitución de bombillas incandescentes y LFC por LED.
3. Sustitución de duchas eléctricas por Sistemas Solares Térmicos, SST.
4. Implementación de Sistemas Solares Fotovoltaicos, SFV.
5. Implementación de medidores inteligentes.
6. Reducción de consumo por Stand by.
7. Implementación de estufas mejoradas de leña y uso de GLP.

Sector terciario:

1. Rediseño del sistema de iluminación, sustitución de luminarias, automatización e implementación de buenas prácticas.
2. Implementación de sistemas de aire acondicionado eficientes energéticamente y libres de sustancias agotadoras de ozono, de bajo potencial de calentamiento global.
3. Uso de motores eléctricos de eficiencia alta, Premium o Súper Premium.
4. Construcción o modernización de sistemas de alumbrado público, empleando luminarias de tecnología LED y sistemas de telegestión.
5. Implementación de distritos térmicos.
6. Implementación de sistemas modernos de medición (avanzada o inteligente).
7. Adopción de un reglamento de instalaciones térmicas en edificaciones.
8. Reducción del 5% de consumo de gas natural por aprovechamiento de calor residual en sistemas tipo chiller.
9. Implementación de Sistemas de Gestión Energética SGen.

Actualmente existen programas enfocados en estas metas como la NAMA de neveras que promueve el Cambio de las líneas de producción de los fabricantes nacionales de refrigeradores domésticos a refrigeradores con altos niveles de eficiencia energética y respetuosos con el clima. Tiene como meta introducir 16.1 millones de refrigeradores nuevos al mercado logrando un recambio total a 2035. Además de reemplazar 300,000 neveras y gestionar de manera adecuada dichos residuos. Dentro de la NAMA se realizarán las siguientes acciones:

- Programa innovador de sustitución de refrigeradores antiguos por nuevos.
- Gestión ambientalmente adecuada de los refrigeradores antiguos.
- Capacitaciones y certificaciones sobre las tendencias, regulaciones y estándares internacionales del sector.
- Creación y formalización de empleo en el sector de gestión de residuos eléctricos y electrónicos (RAEE).
- El fortalecimiento de la responsabilidad social corporativa de las empresas del sector.

Ya existe un programa en el caribe colombiano de reemplazo de neveras llamado “caribe eficiente” que adelanta un piloto en los departamentos de Atlántico, Bolívar y Córdoba llamado PEECES.

También se está promoviendo la construcción y uso de Distritos Térmicos para lo cual se está desarrollando un programa en alianza con la Embajada de Suiza y ya cuenta con una primera fase donde se realizó el Distrito Térmico del Centro Administrativo La Alpujarra en Medellín; y se está desarrollando la segunda fase que pretende brindar asistencia técnica a 10 ciudades capitales, de manera que incluyan Distritos Térmicos en su planeación territorial, y apoyar la realización de 2-3 proyectos maduros en el futuro cercano. Dentro de este programa se está apoyando también la formulación del RETSIT.

La NDC Actualizada contiene metas por el uso de productos sustitutos HFC así como la gestión ambientalmente adecuada al final de su vida útil y la disposición de éstos con el fin de evitar la liberación a la atmósfera de tales sustancias. Esta medida contempla la NAMA de refrigeración doméstica, la promoción de Distritos Térmicos y la gestión adecuada de los residuos. Estas metas son diferentes a las de eficiencia energética explicadas en el capítulo anterior. La NDC calcula que esta medida podría generar la mitigación de 845.2 GgCO₂eq la cual sería notoria desde el 2029.

Para la promoción de medidores inteligentes el Ministerio de Minas y Energía expidió la Resolución 40483 de 2019 que tiene como meta que al 2030, mínimo el 75% de los usuarios conectados en el Sistema Interconectado Nacional tengan implementada la Infraestructura de Medición Avanzada (AMI). Esto en concordancia además con programas de eficiencia energética como la facturación detallada.

Igualmente, en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, específicamente en el capítulo VIII. Pacto por la calidad y eficiencia de servicios públicos: agua y energía para promover la competitividad y el bienestar de todos, se tiene la siguiente meta: Usuarios con equipo de medición inteligente instalada: 5.2 millones (36%) con una línea base de 200,000 (1.4%).

Para la sustitución de bombillas, promoción de Distritos Térmicos, uso de equipos de aire acondicionado y fuerza motriz eficientes existen los incentivos financieros dispuestos en el estatuto tributario, en la Ley 1715 de 2014 y en la Resolución 196 de 2020 que contemplan descuento o deducción de renta y exclusión del IVA. Estos se explican en detalle en el capítulo 14.3 Finanzas.

La NDC plantea que a 2030 se reemplace el calentamiento de agua a partir de gas natural, con tecnologías solares, sin embargo, no se han identificado programas nacionales de gran envergadura para esto. La guía de construcción sostenible presenta unas recomendaciones en este sentido, pero no hay evidencia de que esto se cumpla:

- i) Todos los requerimientos de agua caliente para hospitales y hoteles deben ser cumplidos al 100% por los calentadores solares de agua.
- ii) 25% de los requerimientos del agua caliente para edificaciones de viviendas VIS/VIP deben ser cumplidos por los calentadores solares de agua.
- iii) 40% de los requerimientos de agua caliente para edificaciones de viviendas no VIS/VIP deben ser cumplidos por los calentadores solares de agua.

En esta línea, Corantioquia tiene la meta a 2030 de 5,000 viviendas con calentadores solares, la ejecución está prevista desde 2024.

Por otro lado, el decreto 2501 de 2007, dicta las disposiciones para promover prácticas con fines de uso racional y eficiente de energía eléctrica para procesos y productos específicos y determina la necesidad de la elaboración del Reglamento Técnico con fines de Eficiencia Energética RETIQ, el del uso racional y eficiente de energía eléctrica en iluminación y

alumbrado público RETILAP y la necesidad de establecer un uso racional y eficiente de energía eléctrica en vivienda de interés social. Según este decreto, como requisito para recibir subsidios del Presupuesto Nacional, los constructores de vivienda de interés social y en general aquellas que reciban estos recursos públicos, deberán incorporar en los diseños y en la construcción de la vivienda, aspectos de uso eficiente y racional de energía de conformidad con los parámetros técnicos que para tal efecto establezcan los Ministerios de Minas y Energía, Ambiente, y Vivienda y Desarrollo Territorial.

El programa Colombia Compra Eficiente y el Manual de Compras Públicas promueve que para las adecuaciones de los edificios se considere desde el diseño, las alternativas que contemplen el uso racional de energía más eficiente, ejemplo: iluminación LED, sectorización eléctrica para independizar interruptores por áreas, sensores de movimiento, entre otros. Cuando se involucren modificaciones en baños y/o redes hidrosanitarias, también se deben considerar las alternativas más eficientes como sistemas economizadores, sanitarios de bajo consumo, sensores, entre otros.

La guía de construcción sostenible, Anexo 1 de la Resolución 549 de 2015, contiene lineamientos por clima y uso para todos los sistemas: Energía, Agua, iluminación, HVAC y ventilación. Las medidas son recomendadas y sirven como herramienta para que los diseñadores y constructores puedan cumplir los objetivos de la Resolución. Hay medidas pasivas y activas como, por ejemplo: Para iluminación, se deben utilizar lámparas LED, T5 y T8, y/o lámparas compactas fluorescentes (CFL por sus siglas en inglés), cubriendo al menos el 80% de la instalación del edificio. Para equipos de HVAC hay requerimientos mínimos de eficiencia de acuerdo con el estándar ASHRAE 90.1-2010. Los sistemas HVAC hidrónicos con una potencia total de bombeo superior a 7.5 kW (10 HP) deben tener variadores de velocidad, así como las Torres de enfriamiento para controlar los ventiladores.

Para el sistema hidrosanitario se establecen valores de eficiencia mínimos en los accesorios de lavamanos, orinales, duchas, inodoros y lavaderos (para los diferentes tipos de edificaciones). Adicionalmente, se establece la necesidad de contar con planta de tratamiento de aguas residuales para algunos usos lo cual es compatible con lo estipulado en la Resolución 631 de 2015.

La Guía de lineamientos de sostenibilidad para la construcción de edificaciones en las instituciones de educación, NTC 4595, también tiene lineamientos frente a los sistemas de las edificaciones y es de obligatorio cumplimiento para las instituciones de educación públicas y aquellas que busquen acceder a fondos de Findeter.

Por último, la NAMA hoteles busca reducir la emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI) en el sector hotelero mediante el cambio de equipos y la modificación de regímenes de operación. Los potenciales de ahorro en función de equipos para medidas de iluminación, aire acondicionado y sistemas de calentamiento de agua son respectivamente 13,000 tCO₂ (80%), 6,000 tCO₂ (40%) y 18,000 tCO₂ (30%). Adicionalmente existe el Sello Ambiental Colombiano para Alojamiento y Hospedaje (NTC 5133).

3.5.2. Tecnología

Desde el 2019 el DANE reporta en el Censo de Edificaciones las medidas de sostenibilidad reportadas por los constructores para agua y energía empleadas en los proyectos y que dan cuenta de las prácticas y sistemas que se están empleando en el país. En los últimos dos años, cerca de la mitad de los proyectos construidos en el país utilizaron algún sistema de ahorro de energía (ver Tabla 66). Los principales sistemas de ahorro utilizados fueron la ventilación e iluminación natural, así como la relación ventana/pared. Así mismo, cerca de la mitad de los proyectos construidos en el país utilizaron algún sistema de ahorro de agua (ver

Tabla 67). El principal sistema utilizado fueron los accesorios de ahorro de agua, seguido por los sistemas de recolección y reutilización de agua lluvia y jardinería exterior eficiente.

Tabla 66. Edificaciones que finalizaron su construcción y aplican algún sistema de ahorro de energía- Total nacional III trimestre de 2019 - III trimestre de 2020.

Estrategia	2019 - III	2019 - IV	2020 - I	2020 - II	2020 - III
Relación ventana/ pared	185	121	152	144	102
Ventilación natural	360	228	248	245	170
Iluminación natural	327	214	222	249	147
Valor U de vidrio muro o cubierta	14	22	8	8	2
Pintura atérmica en cubierta y/o pared	39	18	16	6	8
Sistema de iluminación eficiente	157	83	55	123	38
Sombreamiento vertical y horizontal	22	38	12	7	2
Techos y/o muros verdes	10	10	4	5	2
Controles de iluminación interior y exterior	86	59	45	79	22
VSD en bombas y torres de enfriamiento	16	3	6	2	1
Ascensores y escaleras eficientes	72	36	36	20	26
Ninguno	469	462	280	273	231
Total edificaciones que tienen algún sistema de ahorro de energía					
Cantidad	481	280	273	303	204
Área (m ²)	1,729,517	1,615,450	792,134	586,700	582,672
Total de edificaciones					
Cantidad	950	742	553	576	435
Área (m ²)	2,993,056	2,595,946	2,114,435	1,541,162	1,380,701

Porcentaje edificaciones con sistema de ahorro de energía	50.60%	37.70%	49.40%	52.60%	46.90%
---	--------	--------	--------	--------	--------

Fuente: Segundo reporte de Economía Circular, DANE, 2020.

* En una edificación se puede tener uno o más sistemas de ahorro de energía.

Tabla 67. Edificaciones que finalizaron su construcción y aplican algún sistema de ahorro de agua- Total nacional III trimestre de 2019 - III trimestre de 2020.

Estrategia	2019 - III	2019 - IV	2020 - I	2020 - II	2020 - III
Accesorios de ahorro de agua	322	203	192	268	163
Recolección y reutilización agua lluvia	125	29	16	91	37
Tratamiento de aguas residuales y reciclaje de agua	101	29	6	131	21
Jardinería exterior eficiente	79	33	23	21	26
Sub-medición de agua	18	9	5	3	1
Tanque de filtración de aguas lluvias	30	5	3	8	5
Otro sistema de ahorro de agua**	33	15	4	60	7
Ninguno	526	505	348	280	241
Total edificaciones que tienen algún sistema de ahorro de agua					
Cantidad	424	237	205	296	194
Área (m ²)	1,550,420	830,917	646,240	570,541	520,376
Total de edificaciones					
Cantidad	950	742	553	576	435
Área (m ²)	2,993,056	2,595,946	2,114,435	1,541,162	1,380,701
Porcentaje edificaciones con sistema de ahorro de agua	44.60%	31.90%	37.10%	51.40%	44.60%

Fuente: Segundo reporte de Economía Circular, DANE, 2020.

* En una edificación se puede tener uno o más sistemas de ahorro de agua

** Otros sistemas de ahorro de agua: Recuperación de condensados del aire acondicionado, agua caliente solar, sistemas urbanos de drenaje sostenible.

Las tecnologías existentes actualmente para el enfriamiento de espacios residenciales son los sistemas de aire acondicionado, en el BEU se estima un parque tecnológico de 594.635 equipos donde el 57% de los hogares que tienen aire acondicionado, utilizan Minisplit

(Tanto urbanos como rurales); el 35% y el 37% de hogares urbanos y rurales respectivamente, utiliza aire acondicionado de pared o ventana y el 8% y 6% de hogares urbanos y rurales respectivamente, utilizan sistema central. La eficiencia promedio actual es del 30% que coincide con la categoría E del actual RETIQ equivalente a EER=2.7 W/W. La mejor tecnología disponible en Colombia es de 3.75 W/W, o sea, 12.8 btu/h/h que es la categoría A del RETIQ. La mejor tecnología internacional disponible (BAT) tiene una eficiencia promedio de 65% con EER=5.86 W/W.

En el sector terciario, las mayores participaciones las tienen los chillers refrigerados por agua y por aire, con eficiencias promedio del 29%. La mejor tecnología disponible en Colombia tiene eficiencias entre el 45% y 49%. La mejor tecnología internacional disponible (BAT) tiene eficiencias entre el 56% y 73%⁸⁵.

Tabla 68. Participación de cada tecnología de acuerdo con la potencia instalada sector terciario.

Chiller por Agua	Chiller por aire	Compresor de tornillo	Mini Split	Split	Ventana
46%	25%	2%	12%	15%	1%

Fuente: BEU, UPME, 2019.

Para las unidades de recuperación de calor de sistemas de ventilación, en la Guía de construcción sostenible, Anexo 1 de la Resolución 549 de 2015, se establece un requerimiento mínimo en donde cualquier zona con aire acondicionado que requiere por lo menos 5,500 CFM de suministro de aire de diseño, debe tener unidades de recuperación de calor con al menos 50% de efectividad en la recuperación de energía.

Para calentamiento de agua se utilizan principalmente gas natural o electricidad, según la Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2015, cerca de 1,860,748 hogares usan sistemas eléctricos y cerca de 762,183 usan equipos con Gas Natural para su funcionamiento.

Tabla 69. Participación Tecnología utilizada por tipo de combustible y factor de eficiencia.

Combustible	Tecnología	Urbano (%)	Rural (%)	Factor de eficiencia actual %	Factor eficiencia BAT Internacional
Gas Natural	Calentador tanque y paso	100	0	83%	95%
Electricidad	Calentador de tanque	2.7	2.7	80%	95%

⁸⁵ Estas eficiencias dependen de la relación entre régimen de operación FL y del IPLV (Integrated Part Load Value). El mejor valor de IPLV sobre el FL se logra con la implementación de variadores de velocidad en todos los motores involucrados en el sistema, tales como, bombas de agua, ventiladores, compresores y otras manejadoras.

	Calentador de paso	5.2	5.2		
	Ducha eléctrica	92.1	92.1		

Fuente: PMR Reporte escenario de Referencia NDC Actualizada.

Como se mencionó anteriormente se está promoviendo la construcción de Distritos Térmicos (DT) con el fin de proporcionar servicios de acondicionamiento térmico de espacios (calor o frío) o de agua caliente sanitaria. Estos son fundamentales ya que, según el programa de distritos térmicos, el 80% de las ciudades requieren el uso de climatización en sus edificaciones y el 8% de energía eléctrica se destina a la climatización en las ciudades.

Actualmente existe el DT de la Alpujarra en Medellín con 3,600 TR-hora de capacidad instalada que produce y distribuye agua helada hacia el Centro Administrativo La Alpujarra, que está conformado en su mayoría por edificios oficiales; el DT de Serena del Mar ubicado en Cartagena con una capacidad instalada de 7,200 TR-hora y cuya meta es abastecer con agua helada para climatización el desarrollo urbanístico Serena del Mar. Este desarrollo de uso mixto incorpora servicios hospitalarios, hoteleros, educativos, residenciales, y comerciales. El DT del centro comercial de Montería con una capacidad instalada de 1,410 TR-hora el cual produce y transporta agua helada a 156 locales comerciales. Y el DT Air Liquide Tocancipá ubicado en el parque industrial de Coca-Cola - Femsa, genera y suministra agua fría, vapor, energía eléctrica, aire comprimido, nitrógeno y gas carbónico (Unidad Técnica de Ozono, 2019, Pg.15).

No hay mucha información sobre el uso actual de sistemas de calefacción, no obstante, la guía de construcción sostenible establece unos valores mínimos de eficiencia para estos en conformidad con la ASHRAE 90.1-2010.

En cuanto a la iluminación, la Encuesta Nacional de Calidad de vida estima que para el año 2015 el sector residencial contaba con 69,398,843 bombillos usados en promedio cuatro horas al día. Los bombillos tipo LFC son los más utilizados (72.4%) y la tecnología LED tiene una penetración baja (5%). El PAI presenta unos valores más actualizados, donde las bombillas LFC tienen una participación del 64% y las LED del 10% (ver Tabla 70).

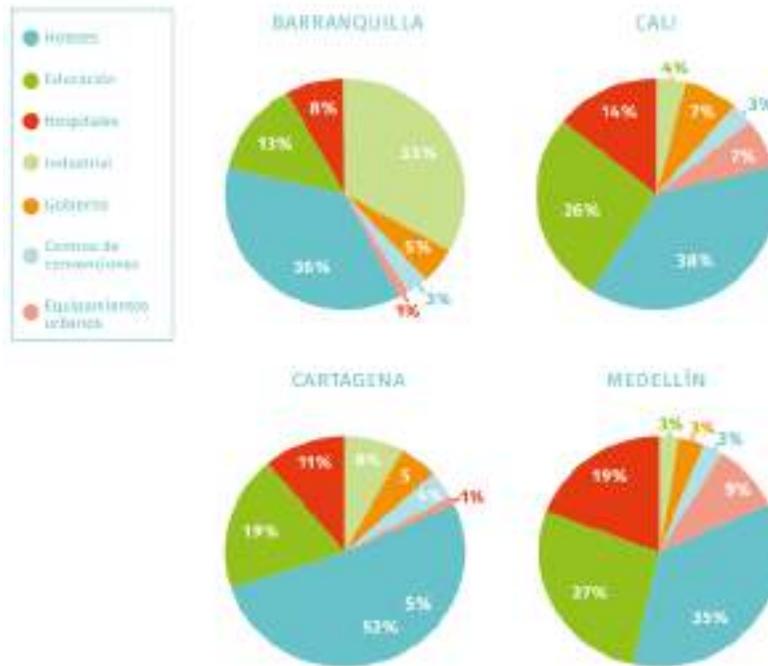


Figura 37. Distribución de la refrigeración en las principales ciudades.
Fuente: Revista los Distritos Térmicos una Apuesta de Sostenibilidad Urbana.

Tabla 70. Proporción (%) de tecnologías de iluminación en hogares urbanos y su eficiencia.

Tecnología	Proporción en hogares NDC	Proporción en hogares PAI	Eficiencia (Lumen/vatio)
Incandescente 60W	17.8	23*	14.0
Incandescente 50W	1.6		14.0
Fluorescente	3.1	2	40.0
LFC	72.4	64	50.0
Tecnología LED	5.1	10	80.0

*Las bombillas incandescentes que aún existían en 2015, representaban el 56% del consumo de iluminación del sector residencial.

El valor de rendimiento ponderado es de 42 lm/W. El mejor en Colombia es un LED de 100 lm/W y el BAT internacional es de 200 lm/W. El RETILAP establece contenidos máximos de mercurio en las lámparas.

Los sistemas BMS se han empezado a implementar en el país principalmente en edificaciones comerciales de grandes superficies y universidades. No hay datos de cuántos edificios tienen estos sistemas, ni de su alcance e implementación.

Como se mencionó anteriormente, el Ministerio de Minas y Energía expidió la Resolución 40483 del 30 que tiene como meta al año 2030, que mínimo el 75% de los usuarios conectados en el Sistema Interconectado Nacional deben tener implementada la Infraestructura de Medición Avanzada (AMI). Para el caso de las Zonas No Interconectadas, la CREG deberá establecer una meta del mínimo porcentaje de usuarios con acceso a infraestructura de medición avanzada. Al cierre de 2019 cerca de 343,000 usuarios ya contaban con equipos de medición inteligente instalados en sus hogares.

Para conocer los datos sobre eficiencias de otros equipos dirigirse la **Sección 3.4.1.1. Energía** de este documento.

Por último, es importante mencionar que actualmente los equipos de suplencia en las edificaciones funcionan usualmente con combustibles fósiles.

3.5.3. Finanzas

Como se mencionó anteriormente existen incentivos tributarios, dispuestos en el estatuto tributario, en la Ley 1715 de 2014 y en la Resolución 196 de 2020 que contemplan descuento o deducción de renta, y exclusión del IVA para:

- i) Fuentes No Convencionales de Energía Renovable- FNCER: paneles solares, Turbinas de generación hídrica (<1MW)
- ii) Equipos, elementos o maquinaria para sistemas de iluminación con tecnología LED que cumpla con los requisitos dispuestos en la Resolución 196 de 2020.
- iii) Sistemas de control (sensor de ocupación, fotoeléctricos, balastos).
- iv) Motores eléctricos que cumplan con las designaciones: Súper Premium (IE 4) y Premium (IE 3).
- v) Bombas centrífugas.
- vi) Variadores de velocidad.
- vii) Aire acondicionado que cumpla con ciertos criterios de eficiencia dispuestos en la Resolución 196 de 2020, que no contenga sustancias listadas en los anexos del protocolo de Montreal y tenga un Potencial de Calentamiento Global menor a 100 GWP.
- viii) Equipos, elementos o maquinaria susceptible de inversión para los distritos térmicos como la microturbina a gas, motor de combustión interna, chiller eléctrico, chiller de absorción, bomba centrífuga, elementos para la red de distribución (Tuberías, codos, y TEs), intercambiador de calor, válvula, medidor de flujo de agua.
- ix) Medidores de medición avanzada.
- x) Para la implementación de SGen: Equipos de submedición de consumos de energía en líneas de proceso o en áreas de uso significativo de la energía o de variables relevantes que afectan el uso significativo de la energía. Servicios de diseño e

implementación del Sistema de Gestión de la Energía bajo NTC/ISO 50001 o ISO 50001.

En cuanto a la gestión y uso de recursos de cooperación internacional, el proyecto de etiquetado de equipos cuenta con estos.

Actualmente se pueden financiar ciertos equipos a través de las empresas prestadoras de servicios públicos los cuales se pagan de manera periódica en las facturas, pero estos no son necesariamente para equipos eficientes. Finalmente vale la pena resaltar los esquemas de negocio de las ESCO para el desarrollo de programas de eficiencia energética y para la instalación de FNCER en edificaciones⁸⁶.

3.5.4. Desarrollo de capacidades

Dentro del programa Colombiano de Normalización, Certificación y Etiquetado de Equipos de Uso Final de Energía, se consideran las siguientes estrategias para promover condiciones de mercado para que los equipos de mayor eficiencia energética tengan una ventaja competitiva:

- i) Fortalecimiento de la industria nacional.
- ii) Actualización y elaboración de nuevas normas técnicas con el apoyo de entidades gubernamentales, fabricantes, minoristas y universidades.
- iii) Formación y capacitación a todos los agentes de la cadena.

El PAI plantea como estrategia la formación en eficiencia energética en los colegios y avanzó en la definición de una metodología para incorporar la temática en los niveles preescolar, básico y escuela media de la educación formal. También plantea aumentar el desarrollo de capacidades en Eficiencia Energética y en iluminación a nivel de formación técnica, de pregrado y posgrado. Por último, se plantea mejorar el conocimiento en términos de eficiencia energética de los propietarios o responsables del mantenimiento de los edificios a nivel público y privado; y mejorar el conocimiento sobre el sector financiero tanto público como privado para la financiación de proyectos de eficiencia energética en Colombia.

Adicionalmente, se debe buscar mejorar el conocimiento y capacidades de los diseñadores para que diseñen sistemas eficientes, que prioricen diseños pasivos y enfocados en la circularidad de los recursos.

3.5.5. Equidad e inclusión

⁸⁶ Modelos de contrato PPA o EPC.

Los etiquetados hacen accesible la información sobre eficiencia energética en equipos y edificaciones para todas las personas sin importar su condición socioeconómica permitiéndoles tomar mejores decisiones de compra. Adicionalmente equipos y edificaciones con mejor desempeño disminuyen los costos de los servicios públicos.

El Decreto 2105 de 2007 establece la obligación a los constructores de vivienda de interés social incorporar en los diseños y en la construcción de la vivienda, aspectos de uso eficiente y racional de energía.

3.5.6. Innovación

Teniendo en cuenta que se busca promover un mercado de equipos, motores y luminarias eficientes energéticamente, un aspecto fundamental lo constituye la capacidad de la industria nacional para producirlos. En ese sentido, el programa Colombiano de Normalización, Certificación y Etiquetado de Equipos proporcionará información técnica de referencia internacional para la mejora de los procesos de fabricación de ciertos equipos y motivará a los fabricantes a realizar las mejoras correspondientes.

Adicionalmente, se debe promover la fabricación de sistemas de edificaciones que aumenten la eficiencia de las edificaciones, como ventanería de alto desempeño, aislamiento térmico, mejores sellos y perfilerías, y en general el desarrollo de sistemas de envolvente de alto desempeño. Además, todos los sistemas de las edificaciones deberían estar verificados o comisionados.

3.5.7. Hábitos de consumo

El programa de Etiquetado busca generar mejores hábitos de consumo mediante las herramientas e información suficiente para promover mejores decisiones de compra.

3.5.8. Mapa de actores involucrados y roles en el camino de descarbonización

En la Figura 38 se presenta el mapa de actores relacionado con los sistemas de edificaciones. Entre estos se encuentran:

- El Ministerio de Minas y Energía y la UPME son las encargadas de generar y actualizar las normas y promover los programas de Eficiencia Energética que incluye los sistemas: eléctrico, iluminación, refrigeración, calentamiento.
- El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, junto con el Ministerio de Ambiente deberán desarrollar políticas orientadas a los demás sistemas de las edificaciones: ventilación y confort, sistema hidrosanitario, paisajismo, etc.

- El ICONTEC se encarga de la formulación de normas técnicas y certificación.
- Los agentes ejecutores, comercializadores y empresas de Servicios Públicos deben prestar servicios energéticos, técnicos y comerciales, que buscarán optimizar y/o mejorar la eficiencia energética por parte de los usuarios finales.
- Los usuarios finales serán responsables de la compra y operación de sistemas eficientes de las edificaciones.
- La CAEM tiene programas de auditorías y de eficiencia energética para empresas.
- La UPME se encarga del acompañamiento técnico en los diferentes programas que promueven la eficiencia energética con apoyo de otras entidades.
- Las universidades y centros de formación superior deben capacitar y educar a los ingenieros y diseñadores de sistemas técnicos para que implementen prácticas de diseño pasivo y de eficiencia y circularidad en los recursos.
- El programa Colombiano de Normalización, Certificación y Etiquetado de Equipos proporcionará información técnica de referencia internacional para la mejora de los procesos de fabricación de ciertos equipos y motivará a los fabricantes a realizar las mejoras correspondientes.

Etiquetado RETIQ:

- La ONAC es la encargada de la certificación de las empresas y los laboratorios.
- Control: DIAN, VUCE y Alcaldías
- SIC: Seguimiento y control
- Comercializadores y fabricantes están obligados a tramitar la certificación y reportar los etiquetados.

Reglamento técnico RETSIT:

- Promueven: UTO, el SECO (Embajada suiza) y el Ministerio de Minas y Energía.
- Participan: Asociaciones gremiales, academia, empresas productoras y comercializadoras.

NAMA de refrigeración doméstica:

- Promueven: UTO y GIZ
- Apoyan: Ministerio de Minas y Energía, UPME.
- Financia: Bancoldex
- Participa: la ANDI y empresas productoras de refrigeradores domésticos.
- RAEE (Empresas gestoras de residuos eléctricos y electrónicos): Gestionan residuos de HFCs.

Distritos térmicos:

- Líderes de la iniciativa: UTO, Gobierno de Suiza
- UPME: Acompañamiento técnico
- Implementación: Actores públicos y privados.

Beneficios tributarios:

- Certifican la UPME y la ANLA.



- La DIAN aprueba la exclusión del IVA y los beneficios en renta líquida.

Medidores inteligentes:

- Lidera: Ministerio de Minas y Energía
- CREG: Genera la regulación
- Operadores de red: Instalan medidores.

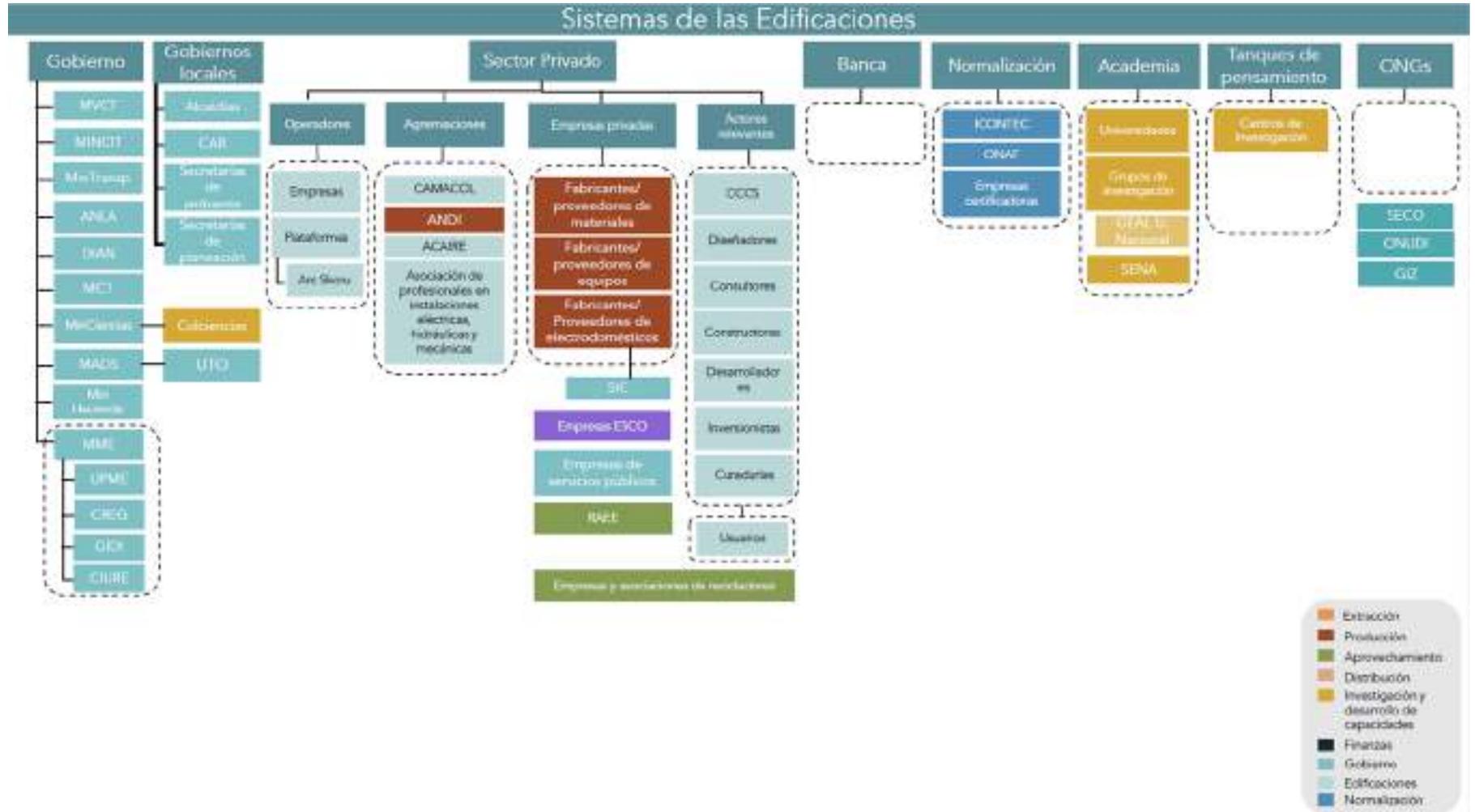


Figura 38. Mapa de actores etapa sistemas de edificaciones. Fuente: CCCS.

3.5.9. Resiliencia y Gestión del Riesgo

Los reglamentos técnicos del RETIE, RETILAP, RETIQ y próximamente el RETSIT están enfocados en garantizar la seguridad y el uso correcto de las instalaciones eléctricas promoviendo a su vez la eficiencia energética en las edificaciones y disminuyendo así la demanda de energía para que el país sea más competitivo y resiliente frente a los efectos del cambio climático.

Los Distritos Térmicos son una estrategia fundamental para promover la descentralización del suministro energético y por lo mismo aumentar la resiliencia frente a eventos de desabastecimiento.

3.5.10. Habitabilidad

Los Distritos Térmicos prometen beneficiar a la población en aspectos de costos, confort y menor impacto al medio ambiente y a la capa de ozono.

Los etiquetados permiten la compra consciente de equipos eficientes de acondicionamiento interior. El RETILAP además busca garantizar el confort lumínico de los espacios.

Para temas de ventilación existe muy poco, no hay un código de calidad del aire. Solo existe la norma NTC 3631 de ventilación para recintos interiores donde se instalan artefactos que emplean gases combustibles, y la NTC 5183, para una calidad aceptable del aire en interiores. Este es un aspecto fundamental tanto para el desempeño de las edificaciones como el confort y salud de sus usuarios.

En general, un correcto diseño y construcción de los sistemas de las edificaciones garantiza el confort de los espacios. Para esto es fundamental desarrollar estándares y regulaciones frente al diseño y construcción de envolventes, fortalecer y actualizar las regulaciones frente a eficiencia energética de los sistemas y promover un uso más circular del agua.

3.6. Energías limpias y compensaciones

En Colombia cerca del 70% de la electricidad de la red se deriva de fuentes de energía renovables, en su mayoría hidroeléctricas, pero incluye, eólicos y cogeneración. La capacidad instalada las hidroeléctricas representan el 63%, seguida por el gas natural con 21%, carbón 9%, y otras fuentes con participación individual inferior al 5%.

Tabla 71. Capacidad instalada y participación tecnológica 2019 [MW].

Tipo	Capacidad instalada	%
Hidráulica	11.122	63,0%
Gas	3.726	21,1%
Carbón	1.623	9,2%
líquidos	88	0,5%
Menores	911	5,2%
Biomasa	22	0,1%
Cogeneración	117	0,7%
Eólica	18	0,1%
Geotérmica	0	0,0%
Solar GE	18	0,1%
Sólar D	15	0,1%
TOTAL	17.660	100,0%

Fuente: Plan de Expansión de Referencia Generación- Transmisión 2020- 2034, Volumen 2, UPME

De acuerdo con el Plan de Expansión de Referencia Generación- Transmisión 2020- 2034, en el año 2019, la demanda promedio de energía eléctrica fue de 5,993.8 GWh/mes (Aprox. 197.1 GWh-día). La demanda total fue de 71,925.6 GWh-año. Se proyecta que a 2030 la demanda sea de 8,270.75 GWh/mes, para un total de 99,250 GWh-año.

Al finalizar el año 2019, la participación de las FNCER (sin incluir PCH) en la composición de la matriz de generación es inferior al 1%. Con la entrada de los proyectos eólicos y solares adjudicados en las Subastas de Cargo por Confiabilidad y CLPE, y el crecimiento proyectado de la generación solar distribuida, la participación de las FNCER en la matriz de generación alcanzaría un 15% en el año 2023.

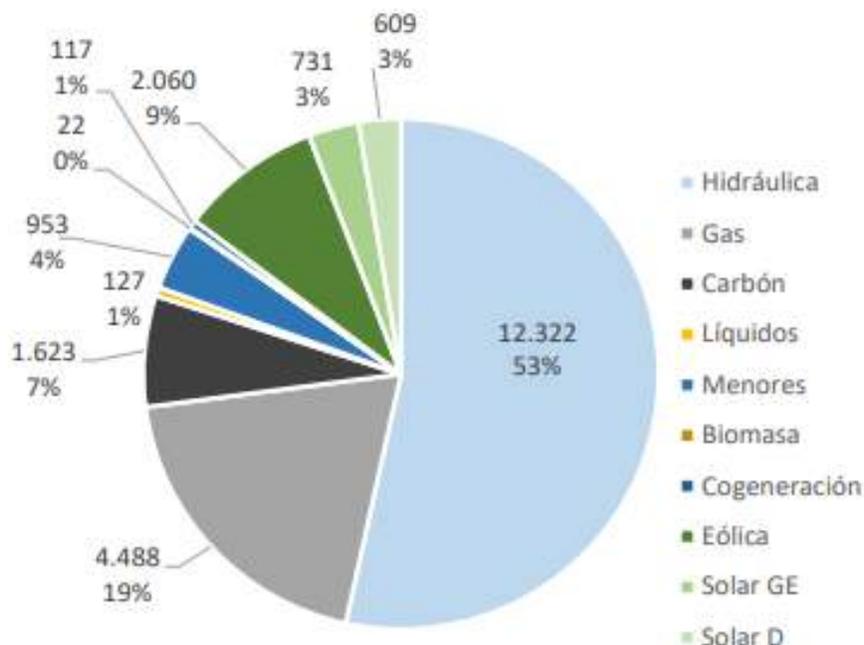


Figura 39. Capacidad instalada y participación tecnológica [MW] Escenario 0.1.
Fuente: Plan de Expansión de Referencia Generación- Transmisión 2020- 2034, Volumen 2. UPME.

En cuanto a la promoción de consumo energético en sitio y la descentralización de la red, existe la promoción de los Distritos Térmicos desde diversas políticas. Esto se considera como una estrategia importante para aumentar la resiliencia energética del país. Para la promoción de la generación en sitio, se expidió la Resolución 030 de la CREG, la cual permite la autogeneración a pequeña escala y se estipulan los mecanismos para que los usuarios que generen energía eléctrica para su propio consumo puedan conectarse a la red pública y vender sus excedentes.

Actualmente se está promoviendo la construcción de Distritos Térmicos tanto para enfriamiento como para calentamiento. La NDC identifica que la implementación de Distritos Térmicos tiene afectaciones a lo largo de la cadena de suministro de energía ya que se requiere una menor generación en el SIN, disminuyendo principalmente el uso de plantas térmicas (VITO et al., 2020a, Pg.56).

3.6.1. Política y regulación

La energía eléctrica en Colombia se encuentra regulada en las leyes 142 y 143 de 1994 y le corresponde a la CREG desarrollar el marco normativo de este sector.

Adicionalmente, en mayo de 2014, fue promulgada y sancionada la ley 1715 de 2014, por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, se contemplan numerosas políticas para fomentar el uso de las FNCER y la eficiencia energética en el país, y contiene un paquete importante de incentivos económicos.

A partir de esta norma se pretende el desarrollo y promoción de proyectos energéticos que elaboren e implementen la infraestructura para la prestación del servicio de energía a partir de fuentes no convencionales y que resulten de carácter renovable. Dentro de estas se encuentran la energía de biomasa, energía mareomotriz, energía eólica, energía geotérmica, energía solar y energía hidroeléctrica (de pequeña escala). De igual forma, con la finalidad de incentivar la producción de proyectos de energía limpios, el artículo 175 de la ley 1955 de 2019, indica que, a partir del 25 de mayo de 2019, los elementos empleados en Energía Solar como módulos fotovoltaicos, paneles solares y controladores de carga, se encuentran exentos del impuesto sobre las ventas- IVA, lo que claramente muestra el interés del gobierno por promover el uso de energías renovables no convencionales.

Otra importante normativa que se deriva de la Ley 1715 es la resolución CREG 030 de 2018, la cual regula las actividades de autogeneración y generación distribuida. Esta resolución presenta las reglas que permiten a los usuarios finales conectarse al operador de red como autogeneradores o generadores distribuidos de manera ágil y sencilla. En otras palabras, gracias a esta resolución los usuarios podrán producir su propia energía reduciendo no solamente su consumo sino y el valor a pagar en la factura del servicio, sino que a su vez podrán también vender al sistema la energía excedente (es decir lo que no utilicen mientras la producen).

En el Decreto 0570 de 23 de marzo de 2018, se establecen lineamientos de política pública para la contratación a largo plazo de proyectos de generación de energía eléctrica. En el 2019, se dio un paso importante en este sentido, mediante la subasta de cargo por confiabilidad 2022-2023 donde se incluyeron las FNCER ya que, aunque la matriz de generación eléctrica colombiana muestra un alto componente de energías renovables, las FNCER actualmente solo representan una porción muy pequeña (0.3%). Con esta subasta se asignaron responsabilidades a siete empresas generadoras con 8 proyectos de FNCER (5 eólicos y 3 solares). Según el Ministerio de Minas y Energía actualmente hay 14 proyectos de energías renovables en el país, incorporando 2,400 megavatios de capacidad instalada para el año 2022, con lo cual las FNCER representarán entre el 12% y el 14% de la matriz energética. Por otro lado, en el segundo semestre de 2021 se prevé realizar una nueva subasta de contratos a largo plazo y avanzar en la hoja de ruta del hidrógeno.

Subsidios al uso de la energía



Existen subsidios a la electricidad que se aplican a los niveles de consumo residencial inferiores a un umbral de “subsistencia” (Abdallah et al., 2019, Pg.9). El costo fiscal de los subsidios eléctricos es de aproximadamente el 0.3% del PIB y el de los combustibles fósiles de aproximadamente el 0.35% del PIB (cifras del 2018) (Martínez Ortiz et al., 2019). Los subsidios a GLP y gas natural se aplican para el sector residencial buscando el reemplazo de la leña por GLP en las zonas rurales no interconectadas y la expansión de las redes de gas natural en el país. El sector de gas natural ha contado con recursos públicos para el apoyo a la expansión de redes de uso general, provenientes del Fondo Especial de Cuota de Fomento (FECF) y del Fondo Nacional de Regalías (FNR) (Martínez Ortiz et al., 2019, Pg. 104). Para el GLP existen subsidios al consumo en cilindros, al consumo por redes de gas combustible y cofinanciación de proyectos para el desarrollo de la infraestructura para el uso de GLP por red de tubería. Ambos combustibles están exentos del impuesto al carbono en el uso residencial, pero están gravados para su consumo en los sectores industrial y termoeléctrico. Adicionalmente para estos sectores no hay subsidios.

Por otro lado, los combustibles como la gasolina, el Diesel y el JET A1 tienen subsidios que buscan regular su precio en el mercado debido a las diferencias entre los precios de importación y producción interna. Los subsidios se realizan a través del Fondo de Estabilización de Precios de los Combustibles (FEPC) y el procedimiento está establecido en la ley 1955 de 2019, Art.35. Por su parte los biocombustibles están exentos de IVA y de pago al impuesto al carbono, así mismo el carbón está exento de este impuesto.

Se ha planteado la necesidad de eliminar los subsidios a los combustibles y enfocar o reducir los subsidios a la electricidad, buscando una senda de descarbonización de la matriz energética y mejorando la focalización de los subsidios para asegurar la accesibilidad a los menos favorecidos. Esto se debe realizar de forma gradual buscando nuevos mecanismos para la estabilización de los precios de los combustibles y mediante una racionalización y focalización de los de electricidad, con lo cual se podrían eliminar el 25% del total de subsidios en 5 años (Martínez Ortiz et al., 2019, Pg. 52). En cuanto a los subsidios a Gas Natural y GLP, se espera que se mantengan a medida que contribuyan a alcanzar la cobertura total en el país. Se espera también que el Gas Natural juegue cada vez un rol más importante en la generación de electricidad como energético de respaldo de la generación, como sustituto del carbón.

Por otro lado, se plantea la necesidad de generalizar el impuesto al carbono al carbón mineral y al gas natural, el ajuste y unificación del IVA de 19% a todos los combustibles líquidos y aumentar la productividad de la energía eléctrica (reducir su precio).

Parte de las estrategias para aumentar la productividad de la energía eléctrica es la incorporación de FNCER en el mercado mayorista ya que se aumenta la oferta energética con una tecnología que tiene precios con tendencia a la baja. Otra estrategia es fomentar su uso en proyectos de urbanización, en edificaciones oficiales, en sectores industriales, residenciales y comerciales, y se debe considerar la viabilidad de desarrollar la energía solar como fuente de generación en los estratos 1, 2, y 3 como alternativa al subsidio existente.



En consonancia, existen en el país diversas estrategias desde múltiples políticas para aumentar la productividad de la energía eléctrica y la integración de las energías renovables no convencionales en el SIN.

Por su parte en la NDC actualizada se plantean diversas medidas que recogen lineamientos del PAS de energía eléctrica y del PIGCC Minas y Energía:

- Optimizar el despacho de energía eléctrica, con el fin de promover el aumento de eficiencia en las centrales que permitan reducir emisiones de GEI de forma costo-efectiva. Se estima un rango reducción emisiones aproximado de 0.96 – 1.2130 MtCO₂eq.
- Diversificar la matriz energética colombiana, la promoción de la autogeneración de energía mediante fuentes alternativas, y la transformación de la generación energética en las Zonas No Interconectadas. Cabe aclarar que se estima una expansión de las FNCER de 2,800 MW a 2030. Se estima un rango reducción emisiones aproximado de 4.7433 – 7.99 MtCO₂eq
- Reducir la diferencia de consumo de energía eléctrica entre horas pico y valle, gestionar la generación de energía eléctrica en horas valle a partir de fuentes no contaminantes, y promover la futura implementación de tecnologías tales como las redes inteligentes y las tarifas dinámicas. Se estima un rango reducción emisiones aproximado de 0.22 – 2.0132 - MtCO₂eq
- Diferentes acciones territoriales: En toda la jurisdicción de Corantioquia, se busca promover la utilización de la energía solar en las viviendas para reducir el consumo de combustibles fósiles, se tiene como meta instalar, en 5000 viviendas, calentadores solares y la ejecución está prevista desde 2024. Por otro lado, en el departamento de Vichada, se plantea la construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica para zonas no interconectadas en dos (2) municipios (Cumaribo y Puerto Carreño): 247 sistemas con capacidad de 900Wp. En Cali, se proyectan 19.9 MWp de generación de energía solar fotovoltaica. En Nariño, se plantean medidas de eficiencia energética y autogeneración para 4280 usuarios y 104 instituciones educativas y se plantea que 613 familias y 25 trapiches sean beneficiarios del Plan de Energización Rural Sostenible (PERS).

Adicionalmente el PAS Energía eléctrica propone desarrollar la regulación para la instalación de sistemas de suministro de energía, en las Zonas No Interconectadas, que incorporen fuentes no convencionales de energía renovable. La ENEC, tiene como meta a 2022 aumentar la capacidad de generación a 1500 MW con energías limpias que corresponde a la misma meta del PND 2018-2022. No obstante, esta meta se ha aumentado a 2400 MW al año 2022.

La E2050, recoge varias de las metas planteadas en estas políticas y en la NDC actualizada y propone unas adicionales con horizonte a 2030, 2040 y 2050. A continuación, se resumen dichas medidas:



2030:

- Fuentes No Convencionales de Energía Renovable aumentan su participación en las plantas de tratamiento de agua potable y agua residual.
- Planes de Ordenamiento Territorial (POT) e instrumentos de gestión del territorio actualizados, que permitan sectorizar y crear unidades zonales que compartan servicios y funcionalidades para habilitar el desarrollo de distritos térmicos y otras soluciones de climatización sostenible.
- Estrategias para los usuarios para fomentar el desarrollo de autogeneración con fuentes renovables de energía desarrolladas y en implementación.
- Redes de distribución modernizadas y recursos de energía distribuidos incorporados al Sistema Interconectado Nacional y masificados.
- Estructura tarifaria y de remuneración ajustadas.
- Proyectos de autogeneración con fuentes renovables de energía en edificaciones (Residencial, salud, educación, comercial e institucional) en implementación.
- Sistemas de medición inteligente implementados en 100% de los usuarios (Residencial, salud, educación, comercial e institucional).
- Distritos térmicos⁸⁷ desarrollados en ocho (8) ciudades, cinco (5) ciudades principales más tres (3) en ciudades intermedias.
- Estrategia interinstitucional desarrollada, para la gestión eficiente del uso de energéticos en edificaciones y soluciones integradoras de empaquetamiento de estos servicios.

2040:

- Distritos térmicos implementados en el 50% de las ciudades capitales.

2050:

- 100% de las ciudades implementan proyectos para el suministro limpio eficiente y confiable de energía, incrementando el número de viviendas y edificaciones que generan su propia electricidad.
- 100% de las ciudades implementan soluciones de climatización sostenible para su adaptación a los cambios de temperatura.

Uso de biogás para generación eléctrica

Tanto la NDC como la NAMAResiduos, plantean el uso de 4 tecnologías para la reducción de emisiones en rellenos sanitarios. Una de estas plantea la utilización de metano para generar energía en los rellenos (aprovechamiento de biogás). Se plantea que a 2030 se utilice 0.6% de metano en los rellenos sanitarios. Esta medida tiene un potencial de

⁸⁷ Los distritos térmicos son una estrategia fundamental que también se contempla en la NDC actualizada y están explicados con detalle en el capítulo de “sistemas de las edificaciones”, de este documento.

reducción de emisiones acumulado entre 2015 y 2030 de 376 GgCO₂eq; y entre 2015-2050 de 605 GgCO₂eq.

Plan energético nacional 2020-2050

El Plan Energético Nacional 2020-2050 (PEN), se construye como un ejercicio de imaginarios a largo plazo, con unos objetivos e indicadores a 2050 y una serie de escenarios para encaminar el desarrollo energético del país hacia estas metas (ver Tabla 72).

Tabla 72. Objetivos e indicadores PEN 2020-2050.

Objetivo	Indicador de seguimiento	Línea base	Visión 2050
Permitir el acceso a soluciones energéticas confiables, con estándares de calidad y asequibles.	Índice de Equidad Energética del World Energy Council	Calificación: C Ranking: 73	Calificación: A
Diversificar la matriz energética.	Participación FNCE en la producción primaria de energía	3.10%	12%- 20 %
Contar con un sistema energético resiliente.	Índices de calidad de prestación del servicio de energía eléctrica	SAIDI: 37.7 h-año SAIFI: 48 al año.	SAIDI: 3-5 horas -año SAIFI: 2 -5 veces al año
Propender por un sistema energético de bajas emisiones de GEI	Emisiones de CO ₂ asociadas a la producción de energía	35,047 GgCO ₂ eq-año	No se define visión para estos indicadores
	Emisiones de CO ₂ asociadas al consumo de energía	61,955 GgCO ₂ eq-año	70,000- 90,000 GgCO ₂ eq-año
Adoptar nuevas tecnologías para el uso eficiente de recursos energéticos	Porcentaje de energía útil sobre el consumo total de energía final	31%	50 %-70 %
	Intensidad energética	2.29 kJ/COP	1.08 -1.32 kJ/COP

Fuente: PEN 2022-2050, UPME

Nota: Los diferentes rangos en los indicadores "visión 2050" hacen referencia a los escenarios elaborados: Actualización, Disrupción, Modernización, Inflexión y Disrupción.

Para las simulaciones de los escenarios energéticos a largo plazo, el PEN, considera dos efectos determinantes, el primero es el aumento de la cantidad de energía consumida



debido al crecimiento de la población y la actividad económica⁸⁸, y, el segundo efecto es la disminución del indicador de intensidad energética como resultado de las mejoras en eficiencia energética⁸⁹. En el 2020 la demanda cayó un 2.60% (Revista Semana, 2021b) pasando de 71,925 GWh en 2019 a 70,178 GWh, debido a la pandemia. Sin embargo, se proyecta que, en adelante, los supuestos poblacionales y de crecimiento económico mantengan un crecimiento sostenido en la demanda de energía, entre un 48%, en el peor de los escenarios y un 21% en el mejor escenario, en relación con el consumo actual⁹⁰. Por otro lado, en todos los escenarios modelados, se espera que la intensidad energética disminuya entre un 52% (en el mejor de los casos- escenario de disrupción) y un 42% (escenario de actualización)⁹¹.

En cuanto a la matriz energética, en todos los casos se plantea la necesidad de ampliar la capacidad instalada, la cual pasa de 17 GW en 2019 a más de 40 GW en 2050 (135%). Vale la pena mencionar que las fuentes no convencionales de energía renovable tendrán un papel predominante en la generación futura de energía. Si bien la participación actual de estas tecnologías es marginal, se plantean diferentes escenarios donde en 2030 las FNCER podrían representar el 17% de la capacidad instalada y en 2050 más del 40%⁹².

Tabla 73. Capacidad Instalada del parque generador en los escenarios.

Escenario	Año	Hidráulica	FNCER	Térmico	Hidrógeno	Nuclear	Total GW
Base	2019	67%	0.2%	33%			17.8
Actualización	2030	58%	17%	25%			25.3
	2050	37%	44%	19%			42.7
Modernización	2030	58%	17%	25%			25.4
	2050	37%	44%	19%			43.2
Inflexión	2030	59%	17%	23%			25.1

⁸⁸ Para la modelación de los escenarios del PEN se utiliza la serie de población proyectada por Naciones Unidas donde se proyecta que en el año 2050 Colombia tendrá cerca de 56 millones de habitantes, con una participación del 88% en áreas urbanas y 12% en áreas rurales. Para el año 2050 se proyecta que se llegue a los 21 millones de hogares, con un 18.5 millones de hogares urbanos y 2.5 millones rurales. A 2030 se proyectan 12.8 millones de hogares urbanos y 2.9 millones rurales. El PIB se calcula considerando la contingencia generada por el COVID y oscila entre 2.9% y 3.7% a 2030 y 2.8% a 3.7% 2050 dependiendo del escenario.

⁸⁹ El PEN 2020-2050 plantea que para el 2050 este indicador tiene el potencial de estar entre 1,08 -1,32 kJ/COP frente a 2.29kJ/COP en 2019. Escenarios: Actualización 1,3 kJ/COP, Modernización 1,2 kJ/COP, Inflexión 1,1 kJ/COP, Disrupción COP 1,1 kJ/COP. Por otro lado, La política de crecimiento Verde, CONPES 3934, plantea una intensidad energética de 2.9 Terajulios/ mil millones de pesos a 2030 frente a 3,7 Terajulios / mil millones de pesos en 2015.

⁹⁰ El crecimiento del consumo en el escenario de Actualización es de 48 %, en Modernización e Inflexión la demanda energética en 2050 aumenta 28 % y en Disrupción 21 %.

⁹¹ El PEN anterior establecía como meta disminuir la intensidad energética en 48%

⁹² En la NDC Actualizada, se establece que diversificar la matriz energética colombiana a 2030, junto con la promoción de la autogeneración de energía mediante fuentes alternativas, y la transformación de la generación energética en las Zonas No Interconectadas podría reducir un rango aproximado de 4,7433 - 7,99 MtCO₂eq.

	2050	38%	46%	13%		3%	42.0
Disrupción	2030	59%	23%	17%			25.0
	2050	36%	45%	10%	4%	5%	43.7

Fuente: PEN 2020-2050, UPME.

Las emisiones asociadas con el consumo de energía, así como el consumo energético tienden a aumentar con respecto al 2019 (61.955 GgCO₂eq-año), con un potencial de llegar a niveles de 70,000 a 90,000 GgCO₂eq-año en 2050. El escenario de disrupción es el único que presenta un potencial de reducción del 16% frente al valor del 2019 (53 mil GgCO₂eq en 2050).⁹³

Tabla 74. Consumo final de energía y emisiones generadas.

Escenario	Consumo final energía (PJ)		MtCO ₂	
	2030	2050	2030	2050
Base	1967	2755	98	138
Actualización	1498	1935	75.4	90
Modernización	1450	1.682	72.5	75.6
Inflexión	1390	1682	69.5	69.4
Disrupción	1210	1585	58.8	53.2

Fuente: Elaboración propia a partir del PEN 2020-2050, UPME

El escenario de disrupción (PEN 2020-2050), es el que más se aproxima al escenario de Cero Carbono y plantea una disminución a niveles cercanos a cero a partir de 2040 en el sector residencial, gracias a las mejoras en eficiencia energética para cocción. Se presume un recambio tecnológico a estufas de inducción alcanzando una participación de la electricidad del 94% y un remanente del 6% de GLP en el sector rural. El consumo urbano es del 100% con electricidad en cocción. Por su parte, en el sector de transporte se plantea una penetración acelerada de vehículos eléctricos, así como el uso de hidrógeno a partir del 2030 y para el sector de la industria se plantea una adopción de las BAT mundo (Best Available Technology) en 2030. La Tabla 75 presenta la distribución en el consumo de energéticos para este escenario.

⁹³ Es importante considerar que estos escenarios de emisiones se realizaron con los datos de la NDC antes de su actualización. Se dejan para recalcar que el escenario de disrupción es el único que plantea una disminución en las emisiones frente al 2019.

Tabla 75. Consumo de energéticos en los sectores de transporte, industrial y residencial.

Sector	Escenario	Año	Gas Natural	Biomasa	Petróleo y derivados	Electricidad	Carbón	Hidrógeno
Transporte	Base	2019	4%		96%			
	Disrupción	2030	2%		93%	4%		1%
		2050	16%		61%	14%		9%
Industrial	Base	2019	20%	19%	7%	22%	31%	
	Disrupción	2030	24%	16%	9%	28%	16%	7%
		2050	22%	16%	10%	31%	9%	13%
Residencial	Base	2019	20%	38%	7%	34%		
	Disrupción	2030	23%	13%	7%	57%		
		2050				6%	94%	

Fuente: PEN 2020-2050, UPME.

Compensaciones

Con respecto a las compensaciones, existe el decreto 926 de 2017 que permite la no causación del impuesto al carbono a las empresas que compensen sus emisiones apoyando proyectos que capturen, remuevan, reduzcan o eviten emisiones de carbono a la atmósfera por medio de la compra de bonos de carbono nacionales o internacionales. Existe un mercado regulado y uno voluntario para la emisión de bonos de carbono y con esto se busca promover la inversión en este tipo de proyectos.

Actualmente, se está llevando a cabo el programa “Carbonocero” a Nivel Nacional el cual ofrece acciones y proyectos puntuales a las empresas y personas que deseen compensar sus emisiones:

- Compensación con créditos provenientes de proyectos de carbono forestal validados y registrados en el mercado voluntario.
- Forestación y reforestación.
- Deforestación y degradación evitadas.
- Sistemas agroforestales.
- Estufas eficientes de leña.

Camacol por su parte en su proyecto denominado Camacol Carbono Neutral busca ser el primer programa integral de compensaciones de carbono en el sector de la construcción. Este programa estará disponible desde el segundo semestre de 2021 y permitirá adquirir bonos de carbono con altos estándares de compensación y en asociación con la Agroforestadora Rancho Victoria S.A y South Pole.

3.6.2. Tecnología

Generación de electricidad en edificaciones

De acuerdo con las cifras oficiales a marzo 31 de 2021⁹⁴ de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), se han recibido solicitudes de 1372 proyectos para acceder a los incentivos estipulados en la Ley 1715 de 2014, de los cuales 1265 corresponden a energía solar.

Para el caso de las edificaciones, algunas viviendas han optado también por utilizar FNCER para la generación de energía, siendo la energía solar fotovoltaica la más popular, como se muestra en la Tabla 76 para edificaciones nuevas.

Tabla 76. Edificaciones que finalizaron su construcción y aplican algún sistema de energía alternativa- Total nacional III trimestre de 2019 - III trimestre de 2020.

Tecnología empleada	2019 - III	2019 - IV	2020- I	2020 - II	2020 - III
Energía solar fotovoltaica en suelo o techo	15	5	1	3	2
Energía solar fotovoltaica en fachada	3	0	1	0	0
Energía solar térmica	5	7	7	5	0
Climatización geotérmica	5	2	0	2	2
Ninguno	922	726	539	564	432
Total edificaciones que tienen algún sistema de energía alternativa					
Cantidad	28	16	14	12	3
Área (m ²)	100,500	80,873	41,202	13,931	11,868

Fuente: Segundo reporte de economía circular, DANE, 2020.

⁹⁴ Fuente [UPME](#).

Aspectos transversales

El Ministerio de Minas y Energía, está trabajando en 4 líneas estratégicas de mitigación: Eficiencia energética, emisiones fugitivas, generación y gestión de la demanda. En cuanto a transmisión y distribución, se plantea el uso de sistemas de medición avanzada en tiempo real del consumo de los usuarios para evitar pérdidas. También se plantea el uso de redes inteligentes⁹⁵ con sistemas informáticos descentralizados, para controlar en tiempo real la generación y el procesamiento de datos para optimizar los flujos de potencia de la red. (MADS & MCIT, 2019, Pg. 59).

Por otro lado, como se mencionó anteriormente, se está avanzando en la hoja de ruta del hidrógeno, que puede aportar de manera significativa en la transición energética y la movilidad sostenible. Esto significa una innovación importante que permitirá encaminar al sector hacia la carbono neutralidad. La hoja de ruta incluye la generación de hidrógeno verde y azul, que hoy se encuentran en un desarrollo incipiente, pero que tienen un alto potencial de aporte a la mitigación del cambio climático.

Adicionalmente, en el escenario de “disrupción” del PEN 2022-2050 se establecen necesidades de digitalización que incluyen que al menos el 75% de los circuitos tenga localización automática de fallas y se adopten ADMS y DERMS en todos los distribuidores para la comunicación, coordinación y gestión de recursos a nivel distribuido. Por el lado de los usuarios, se prevé un uso generalizado de sistemas de gestión de energía en edificaciones y hogares (BEMS/HEMS⁹⁶), mediante los que se darían respuestas óptimas y automáticas en el consumo de energía. De igual forma, se contempla la generación distribuida con almacenamiento a pequeña escala. También, los gemelos digitales se identifican como una posibilidad para la atención virtual a los usuarios e incluso de intervención a la infraestructura. Finalmente, se contempla el uso de IA para la operación de equipos y toma de decisiones (UPME, 2020a, Pg. 79-82).

Como se mencionó anteriormente, otra de las grandes apuestas del sector son los Distritos Térmicos para la climatización de los espacios. No se plantea el uso de sistemas geotérmicos para la climatización de edificios, aunque en la NDC actualizada si se prevé una generación de 150 MW a partir de esta tecnología.

El almacenamiento de energía a gran escala es un factor relevante para lograr la integración de las FNCER en el país y para una gestión adecuada de la demanda. Actualmente se utilizan baterías, supercondensadores y bobinas superconductoras. Así mismo, los sistemas de almacenamiento híbrido, basados en dos tipos de tecnologías, son bastantes

⁹⁵ Reconectores automáticos, interruptores con accionamiento remoto, generación distribuida, medidores inteligentes, casas inteligentes (“smart homes”), entre otras estrategias.

⁹⁶ Por sus siglas en inglés BEMS (Building Energy Management System) o HEMS (Home Energy Management System)

prometedores. Un ejemplo de tecnología empleada actualmente en Colombia para almacenar energía es el Sistema de Almacenamiento de Energía con Batería (BESS -Battery Energy Storage System- por sus siglas en inglés), instalado en Termozipa, operado por Enel-Emgesa.

3.6.3. Finanzas

La Ley 1715 de 2014 establece el marco de los incentivos y financiación de proyectos de energías limpias. En esta ley se crea el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE), el cual financia, gestiona y ejecuta planes, programas y proyectos alineados con el propósito de mejorar la Eficiencia Energética y el uso de Fuentes No Convencionales de Energía en el país. Está dirigido a financiar la implementación de proyectos de autogeneración a pequeña escala, auditorías energéticas o soluciones de eficiencia energética en los estratos residenciales 1, 2, y 3.

En materia de incentivos concretos al desarrollo de proyectos de generación a partir de FNCE y de gestión eficiente de la energía, en la norma se fijaron los siguientes incentivos, los cuales aplican para las Fuentes No Convencionales de Energía Renovables en virtud de la definición legal de las Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE), que incluye como una de sus especies las que tienen el carácter de renovables (L. 1715/2014, Art. 5): deducción sobre la renta del 50% del total de la inversión realizada durante un periodo no mayor a 15 años contados a partir del año gravable siguiente en el que haya entrado en operación la inversión para quienes realicen inversiones en investigación desarrollo e inversión en el ámbito de producción de energía eléctrica con FNCE (L. 1715/2014, Art. 11); exclusión de IVA de todos los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la preinversión e inversión, para la producción y utilización de energía a partir de las fuentes no convencionales, así como para la medición y evaluación de los potenciales recursos (L.1715/2014, Art. 12).

El incentivo arancelario consistente en la exención del pago de los Derechos Arancelarios de importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre inversión y de inversión de proyectos con FNCE (L.1715/2014, Art. 13); y un incentivo contable consistente en goce del régimen de depreciación acelerada (L.1715/2014, Art. 14). La ley 2099 de 2021 genera incentivos para las diferentes partes de la cadena del hidrógeno, y amplía los beneficios del FENOGE para este energético.

Adicionalmente en el 2019 el Gobierno Nacional y la Financiera de Desarrollo Nacional lograron el respaldo de la Banca Multilateral para la financiación de proyectos de FNCER, mediante garantías respaldadas por el Gobierno Nacional en el documento CONPES 3969. Estas garantías mejoran el perfil de riesgo de los inversionistas facilitando la bancabilidad de los proyectos.

Esta acción se enmarca en la estrategia de las subastas de contratación de largo plazo que permiten mayor seguridad para los inversionistas y les permite recibir el cargo por confiabilidad que garantiza el cumplimiento de la obligación de energía en firme.

Actualmente en Colombia, la Estrategia Nacional de Financiamiento Climático en su línea estratégica 1 busca la creación de instrumentos que incorporen las externalidades del cambio climático mediante la reglamentación y uso de los recursos provenientes del impuesto al carbono, dinamizar el mercado voluntario de carbono y apoyar la implementación de la hoja de ruta para el desarrollo de un sistema de comercio de emisiones. Este sistema está coordinado por el comité de gestión financiera (CGF), cuya principal herramienta para el Monitoreo, Reporte y Verificación es el Sistema de MRV del financiamiento climático de Colombia.

Las edificaciones Neto Cero Carbono tienen potencial de acceder al mercado de carbono a través de un sistema de MRV, que proporcione datos confiables y verificables sobre el consumo de energía y la reducción de emisiones de carbono de las edificaciones. Esto permitiría que el sector de la construcción participe en el mercado de créditos de carbono y que se dinamice el mercado de certificaciones en construcción Neto Cero Carbono (Woo, et al. 2020).

Finalmente, actualmente han salido muchos modelos de negocios y contratos asociados a estos modelos donde se pueden implementar energías renovables y sus tecnologías en los proyectos de manera asertiva y exitosa.

Una Empresa de Servicios Energéticos (Energy Service Companies o ESCO) es una empresa que vende servicios energéticos a un cliente y se base en un modelo de negocios que genera ganancias a través de lograr ahorros energéticos en sus clientes. Las ESE pueden mejorar eficiencias energéticas en productos o procesos de sus clientes o pueden suministrar energía que tenga menores impactos ambientales como por ejemplo energía renovable. De esta manera los clientes reducen el impacto ambiental del proyecto, pueden ahorrar dinero durante la operación de este.

La mayoría de los acuerdos entre clientes y ESE están respaldados por un Contrato de Desempeño Energético por medio del cual la ESE se comprometa a instalar los equipos necesarios, proporcionar una garantía de desempeño y establecer los términos de cualquier pago inicial o en curso, los cuales deben ser menores que los ahorros financieros obtenidos por el proyecto. Dentro del modelo de negocio de las ESE se puede tener un modelo de ahorro compartido o un modelo de ahorro garantizado.

- Modelo de ahorro compartido: la ESE proporciona el financiamiento, así como los costos de desarrollo e implementación del proyecto, los ahorros que se logran durante el período del contrato son compartidos entre la ESE y el cliente. Se le conoce en la industria como *Modelo PPA (Power Purchase Agreement)*.



- Modelo de ahorro garantizado: la ESE garantiza un cierto ahorro en la factura energética del cliente. La ESE asume el riesgo técnico. El cliente es responsable de financiar el proyecto (a través de un préstamo bancario o con capital propio), y paga las tarifas determinadas a los servicios de la ESE y al banco en caso de que aplique, para quedarse con la diferencia. Se le conoce en la industria como *Modelo EPC (Engineering, Procurement, and Construction)*.

Iluminación como servicio (LaaS)

Este modelo también conocido en inglés como *Lighting as a Service (LaaS)* consiste en que el proveedor de servicios de iluminación se encargue de instalar y garantizar un nuevo sistema de iluminación de larga duración y alta asumiendo la inversión inicial. A partir de los ahorros en la factura de energías reducidas se pagan durante la operación los costos de la inversión del nuevo sistema.

En este modelo el servicio es administrado por proveedores de servicios especializados y puede incluir diseño de iluminación, financiamiento, instalación, mantenimiento y otros servicios. En general el proveedor no transfiere la propiedad del producto a diferencia de un arrendamiento operativo. A continuación, se presentan las desventajas y ventajas de este modelo.

Refrigeración como servicio (CaaS)

También conocido en inglés como *Cooling as a Service (CaaS)* es otro modelo de negocio enfocado a servicios de frío (bien sea aire acondicionado o refrigeración) que ofrece una operación más rentable, económica y sostenible. Este modelo evita que los clientes inviertan en infraestructura de aire acondicionado o refrigeración y solo se enfoquen en pagar por un servicio mensual que garantiza equipos con desempeños óptimos y un servicio confiable. Los pagos del usuario son un costo fijo por unidad por el servicio de enfriamiento entregado (por ejemplo, pesos por tonelada de refrigeración o metros cúbicos de aire enfriado). El pago no depende de los ahorros (**como con un modelo ESE o LaaS**) pero se acuerda de antemano en función del uso real. El proveedor del servicio mantiene la propiedad del equipo y cubre todos los costos de operación y mantenimiento.

En el país se ha dado un avance importante en término de la evaluación y desarrollo de distritos térmicos, los cuales son un tipo de modelo **CaaS**. De acuerdo con el proyecto *Distritos Térmicos en Colombia “Un distrito térmico es una solución eficiente y efectiva a las necesidades de climatización que tienen algunos sectores urbanos, que consiste en una central que es capaz de abastecer, ya sea de refrigeración o calefacción, a varias edificaciones en un espacio determinado. Estos sistemas traen consigo una serie de*

beneficios en materia económica, de planeación urbana y de confiabilidad que pueden llegar a tener un impacto positivo notable sobre una comunidad”.

3.6.4. Desarrollo de capacidades

La UPME y el Ministerio de Ciencias de Colombia están adelantando un estudio que tiene como objetivo desarrollar un modelo del sistema energético para evaluar escenarios hacia la economía del hidrógeno verde y azul y su impacto sobre la disminución de emisiones de CO₂ al 2050. El estudio contempla una perspectiva tecnológica para la producción de hidrógeno azul y verde, una evaluación de escenarios y un análisis de política pública.

El grupo de Investigación en el sector energético Colombiano de la Universidad Nacional, está investigando sobre tecnologías para el almacenamiento de energía en Colombia. Se necesita innovación y desarrollo a nivel mundial en este sentido y poder identificar las mejores tecnologías a implementar en Colombia.

3.6.5. Equidad e inclusión

Las estrategias enfocadas en el uso de FNCER están encaminadas a permitir el acceso universal a soluciones energéticas confiables, con estándares de calidad y asequibles, especialmente en las zonas no interconectadas. De acuerdo a expertos en temas energéticos, la inclusión de FNCER en el mercado mayorista debería incrementar el número de generadores y por lo mismo de la oferta y en teoría consecuentemente bajar los precios de la energía y haciéndola más asequible al tiempo que reduce el costo de los subsidios.

El objetivo de una política de subsidios para la electricidad debería enfocarse en los hogares más vulnerables energéticamente y en este sentido se debe considerar la viabilidad de desarrollar la energía solar como fuente de generación en los estratos 1, 2, y 3 y como alternativa al subsidio existente en estos estratos.

La construcción y operación de centrales con capacidad instalada igual o superior a 100 Megavatios (MW) requieren licencia ambiental (Decreto 2041 de 2014), y dentro de la licencia es obligatoria la consulta previa para asegurar la inclusión y participación de las comunidades étnicas.

3.6.6. Innovación

Tecnologías



Los principales retos para el sector energético nacional, incluyendo los relacionados con innovación en diferentes aspectos fueron identificados en la Misión de Transformación Energética, liderada por el Ministerio de Minas y Energía⁹⁷. Los expertos trabajaron en 5 focos. En particular, el tercer foco abordó los cambios tecnológicos que se experimentan en el sector, relacionados con tecnologías como las de medición inteligente, para dar un rol más activo a los consumidores.

Nuevos energéticos

Se necesita innovación y desarrollo a nivel mundial en el desarrollo de tecnologías para la utilización de hidrógeno como fuente de energía tanto para la generación de electricidad como en los diferentes sectores. Como se mencionó antes, actualmente se está trabajando en la hoja de ruta para la implementación de la cadena del H2 en Colombia. Grandes empresas como por ejemplo SIEMENS, entre otras, están apoyando y promoviendo al hidrógeno en Colombia.

FNCER

Adicionalmente, se necesita innovación para mejorar la eficiencia de las tecnologías de las FNCER para que siga disminuyendo su costo y se pueda incorporar de manera más generalizada en las edificaciones. En Colombia no se producen paneles solares por lo cual se deben importar. Sería deseable desarrollar esta industria en el país. Por último, se necesita innovar en las tecnologías de almacenamiento de la energía para aumentar la resiliencia de los sistemas y asegurar un aprovisionamiento constante.

Otros aspectos en innovación se mencionaron en secciones pasadas según los análisis y reflexiones del Plan Energético Nacional 2020-2050.

3.6.7. Hábitos de consumo

Desde el sector de edificaciones se espera que, con la disminución de costos de nuevas alternativas para proveer energía, como pueden ser distritos térmicos, y diferentes alternativas de autogeneración de electricidad, los usuarios empiecen a optar por utilizar estas opciones.

La posibilidad de contar con instrumentos para medición en tiempo real de los consumos de electricidad, y si se cuenta con las señales adecuadas de precios, los consumidores finales podrían jugar un papel importante en la reducción del consumo de energía y en cambiar los horarios de uso, lo que podría tener impactos favorables en un mejor uso de la electricidad.

⁹⁷ [MinEnergía](#)

También se esperaría que los usuarios cada vez demanden más energía limpia como resultado de mayor concientización sobre el cambio climático, y ante este tipo de demandas de los usuarios, los mecanismos de compensación de emisiones podrían cobrar cada vez mayor importancia.

3.6.8. Mapa de actores involucrados y roles en el camino de descarbonización

En la Figura 40 presenta el mapa de actores relacionados con los sectores de energía y compensaciones. Entre estos se destacan:

- Gobierno Nacional: Garantizar las condiciones jurídicas y de garantías para el desarrollo de proyectos de energías limpias y que atraigan inversión.
- Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Ambiente, se encargan de desarrollar políticas y reglamentos técnicos.
- La UPME y el Ministerio de Ciencias realizarán los estudios para la integración del hidrógeno en la matriz energética nacional.
- DNP y Ministerio de Hacienda se encargan del desarrollo de política pública, incentivos tributarios, asignación de impuestos y subsidios para promover las FNCER y en el futuro, la integración del hidrógeno.
- La CREG, define los criterios y normas de eficiencia y calidad, define fórmulas para fijar tarifas de servicios públicos domiciliarios y tarifas de venta a usuarios regulados.
- UPME: Planeación mediante evaluaciones, diagnósticos de la oferta y demanda de los recursos y elaboración de planes indicativos como apoyo al Ministerio de Minas y Energía. Apoyo a la realización de convocatorias del Sistema Interconectado Nacional. También genera conceptos para otorgar los incentivos.
- XM (Empresa filial de ISA): Es el administrador y operador del mercado. Realiza las transacciones de energía, recibe ofertas diarias de los generadores en la bolsa de energía. Liquida facturas de intercambio de energía de generadores y recauda el pago de transacciones en bolsa para entregarlos.
- ASIC: Registro de fronteras comerciales y contratos de energía a largo plazo. Subastas de obligaciones de energía en firme.
- Usuarios regulados: Personas naturales o jurídicas con tarifas sujetas a la CREG.
- Usuarios no regulados: Son aquellos que tienen una demanda superior a 2MWh mensuales por instalación. Pueden negociar libremente los precios de la energía.
- Generadores: Se encargan de la generación de energía. Hay 74 en Colombia.
- Transporte: Transmisión de la energía. Hay 16 transportadores en Colombia.
- Distribución: Hay 32 distribuidores en Colombia, se determinan las fronteras comerciales entre ellos.
- Operador de red: se encarga de la comercialización de la energía. Hay 109 comercializadores en el país.
- La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, debe garantizar la calidad en la prestación del servicio y atender las reclamaciones.



- La academia y centros de investigación tienen un papel muy importante en el sector de energías limpias y compensaciones que abarca entre otros: i) formación de profesionales que puedan apoyar la implementación de nuevas tecnologías desde diferentes áreas del conocimiento; ii) identificación de cuellos de botella en los niveles técnico, regulación, financiación y en la generación de soluciones que permitan avanzar en la consolidación de un sector energético de bajas emisiones en carbono; iii) investigación para generación de conocimiento integral en cuanto al papel del sector energético y la coordinación con todos los sectores para lograr las trayectorias de reducción de emisiones que se han propuesto a nivel nacional para el corto y el largo plazo.

La ciudadanía, para hacer seguimiento a las metas propuestas por el gobierno para reducción de emisiones GEI, para demandar intervenciones en línea con la mitigación del cambio climático, y para adoptar y ser partícipes de las iniciativas que desde múltiples sectores se están llevando a cabo por la mitigación de emisiones GEI.



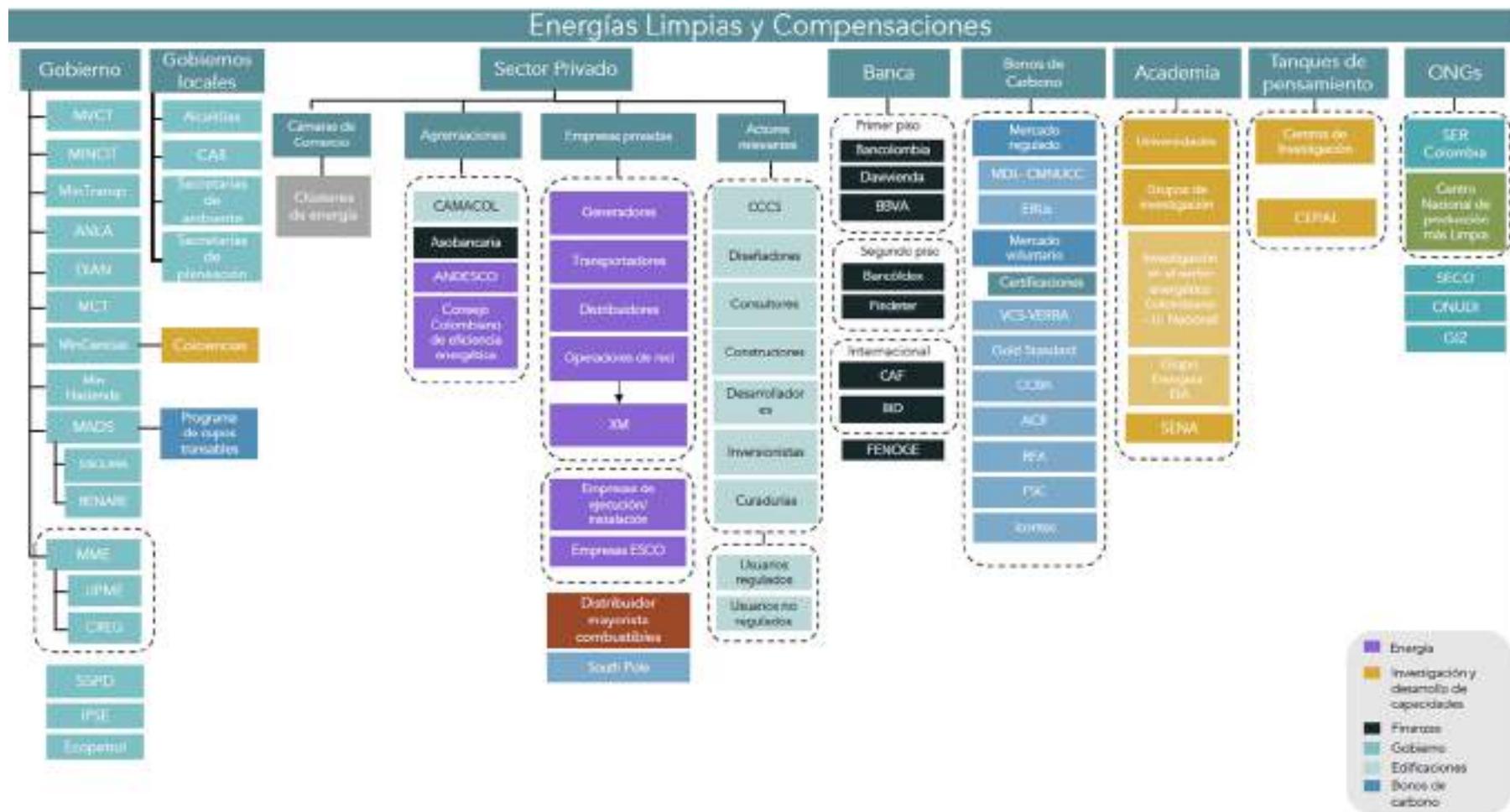


Figura 40. Mapa de actores sectores energía y copensaciones.
Fuente: CCCS.

3.6.9. Resiliencia y Gestión del Riesgo

La Política Nacional de Cambio Climático plantea la necesidad de incentivar la adecuada diversificación de la canasta energética, mediante instrumentos y tecnologías que reconozcan beneficios sobre la mitigación de GEI. Se deben generar estrategias de coordinación interinstitucional del gobierno nacional que permitan la promoción y el desarrollo de proyectos relacionados con fuentes no convencionales de energía renovable para reducir la vulnerabilidad del país frente a situaciones extremas de sequía.

El PND 2018-2022 establece que se implementarán acciones para la reconversión, adaptación y el desarrollo de procesos productivos sostenibles en los sectores agropecuario, transporte, energía, industria y vivienda.

Dentro de los criterios definidos para la calificación de la subasta llevada a cabo en 2019 se incluyeron: (i) resiliencia; (ii) complementariedad; (iii) seguridad energética regional y; (iv) reducción de emisiones, considerando que las principales motivaciones para aumentar la participación de las FNCER son el riesgo asociado a la alta dependencia al recurso hídrico frente a la ocurrencia de eventos naturales como el Fenómeno del Niño, y por lo tanto, mayores y más prolongadas sequías; crecimiento de la demanda y la importancia de diversificar y aumentar la oferta energética.

3.6.10. Habitabilidad

En términos de habitabilidad es importante resaltar la meta de la E2050 de que el 100% de las ciudades implementan soluciones de climatización sostenible para su adaptación a los cambios de temperatura. Esta estrategia se sustenta principalmente en la creación de distritos energéticos y en la descentralización de la energía. Sin duda, esto permitirá garantizar la habitabilidad y confort de los espacios y aumentará la resiliencia de los sistemas frente a situaciones de desabastecimiento.

Bibliografía

- Abdallah, C., Brollo, F., Frank, A., & Prady, D. (2019). *Colombia, Reforma de los precios de la Energía* (Informe Técnico ed.). Fondo Monetario Internacional.
- Acoplásticos. (2021). *Plásticos en Colombia 2020-2021*.
<https://acoplásticos.org/AFshjuraaF47lfjbOSTNKYs4831gepsfiq57DRCFws38164LXIEMF14hqnr/uWnfRy9q/pec21/6/>
- Acquatella Corrales, Jean. (2015). Estado de desarrollo de la industria ESCO y Mercado de Proyectos EE en Latinoamérica y su comparación internacional. CEPAL, Bogotá D.C.
http://proyectos.andi.com.co/cgc/Documents/Memorias%20Foro%20de%20Eficiencia%20Energ%C3%A9tica%20en%20la%20Industria%202015/05_%20CEPAL.pdf
- Africano Cruz, M. (2021, 04 26). *Avanza estudio sobre participación de la mujer en el sector de la construcción*. Bogota.gov.co. Retrieved 04 30, 2021, from <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/habitat/mujeres-en-el-sector-de-la-construccion-distrito-y-sector-privado>
- Agencia Nacional de Minería. (2019). *Producción Nacional de Rocas y materiales de construcción 2012 a 2018 corte 31-Jul-2019*. VICEPRESIDENCIA DE SEGUIMIENTO, CONTROL Y SEGURIDAD MINERA.
<https://www.anm.gov.co/?q=content/producci%C3%B3n-nacional-de-rocas-y-materiales-de-construcci%C3%B3n-2012-2018-corte-31-jul-2019>
- Agencia Nacional de Minería. (2020, 02 25). *Empresas mineras del sector de la construcción se unen a iniciativa por la transparencia de la ANM*. Agencia Nacional de Minería. Retrieved 03 29, 2021, from <https://www.anm.gov.co/?q=empresas-mineras-del-sector-de-la-construccion-se-unen-a-iniciativa-por-la-transparencia-de-la-anm>
- AMVA. (2017). Plan Siembra Aburrá. <https://www.metropol.gov.co/ambientales/flora/plan-siembra-aburrá>
- Asogravas. (2017, 09). *Materiales de Construcción Colombia, Información Económica*. ASOGRAVAS. Retrieved 03 31, 2021, from <https://asogravas.org/wp-content/uploads/2018/11/Materiales-de-Construcci%C3%B3n-Agosto-2017-DR.pdf>
- Asogravas. (2020). *Casi la mitad de la producción de canteras caería en el 2020*. Retrieved 04, 2021, from <https://asogravas.org/sala-de-prensa/actualidad/casi-la-mitad-de-la-produccion-de-canteras-caeria-en-el-2020/>
- BCV. (n.d.). Bogotá Cómo Vamos. <https://bogotacomovamos.org/arbolado-urbano/>
- BID. (2017). EL MODELO DE NEGOCIO ESCO Y LOS CONTRATOS DE SERVICIOS ENERGÉTICOS POR DESEMPEÑO. Washington, D.C. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Gu%C3%ADa-F-El-modelo-de-negocio-ESCO-y-los-contratos-de-servicios-energ%C3%A9ticos-por-desempe%C3%B1o.pdf>
- Cadena, Angela & Escallón, Clemencia & Espinosa Valderrama, Monica & Guevara, José & Guzman, Luis & Jimenez-Estevez, Guillermo & Mariño, Juana & Ospina, Angélica & Oviedo Hernandez, Daniel & Quijano, Nicanor & Rodríguez Sánchez, Juan & Rodríguez Susa, Manuel & Vargas, Hernando & Bernal Quintero, Natalia & Cepeda, Charly & Escorcía, John & Garay, Alvaro & Rivera, Felipe & Giraldo, Monica & Jiménez Ariza, Sara & Zaininovich, Dimitri. (2020). Libro Blanco: Systemic perspectives on low-carbon cities in Colombia, An integrated urban modeling approach for policy and regulatory analysis.



- CAEM. (2015). *Inventario Nacional del Sector Ladrillero Colombiano*. https://www.caem.org.co/wp-content/uploads/2021/01/13_inventario_Nacional_Ladrillero.pdf?x63102
- Camacero. (2019, Junio-Agosto 2019). Infografía Principales exportadores de Acero a Colombia. *Infoacero*, (20). https://issuu.com/infoacero/docs/infoa__ed20
- CAMACOL. (2019, 08 29). Retrieved 04 30, 2021, from <https://camacol.co/comunicados/camacol-invita-los-alcaldes-crear-el-pacto-por-el-desarrollo-urbano-formal>
- CAMACOL. (2020, septiembre). Necesidades habitacionales en Colombia 2020-2030. *Tendencias de la Construcción*, (18), 44-59. <https://camacol.co/sites/default/files/Tendencias%20de%20la%20Construcci%C3%B3n%2018.pdf>
- CAMACOL. (2020, noviembre). Estrategia Nacional BIM 2020-2026. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Estrategia-Nacional-BIM-2020-2026.pdf>
- CCCS. (2021). Caso de Negocio de LEED en Latinoamérica. <https://www.cccs.org.co/wp/download/caso-de-negocio-leed-latinoamerica/?wpdmdl=24728&refresh=60ec6b6b321bc1626106731>
- CENAC. (2019). Construcción anual sector residencial por estratos socioeconómicos. <https://www.cenac.org.co/>
- Centro Nacional de Producción Mas Limpia y Tecnologías Ambientales. (2019). *Avances sobre la eliminación del plomo en las pinturas Colombia*. Retrieved 04 29, 2021, from <http://www.saicm.org/Portals/12/Documents/GEF-Project/Lima-WS/Advance-Regulation-Lead-Paint-Colombia.pdf>
- Comité colombiano de productores de acero. (2018). El acero colombiano, columna vertebral para el progreso del país. ANDI, Bogotá- Colombia. <http://www.andi.com.co/Uploads/LIBRO%20ACERO%20FINAL%20-%20BAJA.pdf>
- Comité del Sector Cerámico. (2017). *La Industria Cerámica de Colombia*. <http://www.andi.com.co/Uploads/LaIndustriaCeramicaDeColombia.pdf>
- Congreso de la República de Colombia. (2014). Ley 1715 de 2014. https://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY_1715_2014.pdf
- Contreras Ortiz, Y. (2017). *20 años de ordenamiento territorial en Colombia: Experiencias, desafíos y herramientas para los actores territoriales* (Primera Edición ed.). Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/63066>
- DANE. (2017). *Censo de Edificaciones*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/censo-de-edificaciones>
- DANE. (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2018*. Proyecciones y retroproyecciones de población nacional para el periodo 1950-2017 y 2018-2070 con base en el CNPV 2018. Retrieved 03 29, 2021, from <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- DANE. (2019). *Cuenta ambiental y económica de flujos de productos del bosque*. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/cuenta-ambiental-flujos-productos-del-bosque/Bol_bosque_2016_2017prov.pdf



- DANE. (2020a). *Cuenta ambiental y económica de flujos del agua*.
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/cuenta-del-agua/Boletin-tecnico-cuenta-ambiental-y-economica-del-agua-2018p.pdf
- DANE. (2020b). *Cuenta ambiental y económica de flujos de materiales – emisiones al aire 2017-2018*.
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/cuenta-ambiental-economica-flujos-materiales/bl-ct-emisiones-al-aire-pyc-combustibles2017-2018p.pdf
- DANE. (2020c). *Economía Circular, SEGUNDO REPORTE 2020*. Claudia Andrea Cely Ruiz Y Gladys Adriana Quintero Hernández.
- Department for Business, Energy and Industrial Strategy & British Glass. (2017). *Industrial Decarbonisation and Energy Efficiency Roadmap Action Plan*.
- De Wolf, C. (2017). *Low Carbon Pathways for Structural Design: Embodied Life Cycle Impacts of Building Structures* [Tesis de Doctorado, Massachusetts Institute of Technology]. Dspace@MIT - Massachusetts Institute of Technology.
- DNP. (2016). *CONPES 3870. PROGRAMA NACIONAL PARA LA FORMULACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE PLANES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL: POT MODERNOS*.
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3870.pdf>
- DNP. (2018). *CONPES 3919. POLÍTICA NACIONAL DE EDIFICACIONES SOSTENIBLES*.
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3919.pdf>
- DNP. (2018a). CONPES 3943 - Política para el mejoramiento de la calidad del aire.
- DNP. (2018b). Encuesta Nacional Logística 2018. <https://onl.dnp.gov.co/Paginas/Encuesta-Nacional-Logistica-2018.aspx>
- DNP. (2020). *CONPES 4002. MODIFICACIÓN DEL DOCUMENTO CONPES 3848 IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DEL PROGRAMA DE COBERTURA CONDICIONADA DE TASA DE INTERÉS PARA CRÉDITOS DE VIVIENDA NO VIS*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4002.pdf>
- DNP. (2020). CONPES 3982 Política Nacional Logística.
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3982.pdf>
- DNP y Tecnalia. (2019). *MISIÓN DE CRECIMIENTO VERDE Documento síntesis de los resultados de estudios técnicos*.
- EPA. (2012). Plan de arborización Cartagena. <http://epacartagena.gov.co/web/wp-content/uploads/2021/01/plandeaccionepea2012.pdf>
- E2050 Colombia. (2021). *ESTRATEGIA DE LARGO PLAZO DE COLOMBIA PARA LA RESILIENCIA CLIMÁTICA (E2050)*. AFD.
- Ecoingeniería. (2012). *Determinación de propiedades físicas y estimación del consumo energético en la producción de acero, concreto, vidrio, ladrillo y otros materiales, utilizados en la construcción de edificaciones colombianas*.
- EPM. (n.d.). *Mis consumos en el hogar*. Tips para el uso inteligente. Retrieved 04 1, 2021, from https://www.epm.com.co/site/clientes_usuarios/clientes-y-usuarios/hogares-y-personas/agua/tips-para-el-uso-inteligente



- Ferro Beltran, M. (2021). *El Camino de Colombia hacia las edificaciones Neto Cero Carbono*. Tesis de Maestría. Universidad de los Andes. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental
- Gmünder, S., Myers, N., Laffley, J., Rubio, L. & Belizario Silva, L. (2018). *Life Cycle Inventories of Cement, Concrete and Related Industries - Colombia and Peru*.
https://www.ecoinvent.org/files/sectorial_report_sri_co_pe_cement___concrete.pdf
- Gomez, R. A., & Correa, A. A. (2011, diciembre). ANÁLISIS DEL TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN UTILIZANDO SIMULACIÓN DISCRETA EN 3D. *BOLETÍN DE CIENCIAS DE LA TIERRA*, (30). <http://www.scielo.org.co/pdf/bcdt/n30/n30a05.pdf>
- IDEAM. (2018). *Estudio Nacional del Agua*. <https://cta.org.co/descargables-biblionet/agua-y-medio-ambiente/Estudio-Nacional-del-Agua-2018.pdf?>
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, C. (2018). Segundo Reporte Bial de Actualización Segundo Reporte Bial de Actualización. 180.
- IGAC. (2015, 11 05). *Tan solo el 0,3 por ciento de todo el territorio colombiano corresponde a áreas urbanas*: IGAC. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Retrieved 05 04, 2021, from <https://igac.gov.co/es/noticias/tan-solo-el-03-por-ciento-de-todo-el-territorio-colombiano-corresponde-areas-urbanas-igac#:~:text=%C3%A1reas%20urbanas%3A%20IGAC-,Tan%20solo%20el%20%2C3%20por%20ciento%20de%20todo%20el,est%C3%A1%20conformado%20por%20zonas%2>
- Itec. (2019, 12 10). *El Pasaporte de Materiales Lean2Cradle® recibe el primer premio ABB en digitalización*. Retrieved 04 15, 2021, from <https://itec.es/infoitec/premios/el-pasaporte-de-materiales-lean2cradle-recibe-el-primer-premio-abb-en-digitalizacion/>
- LegisComex. (2017). Vidrio en Colombia. <https://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos/PDF/informe-sectorial-sector-vidrio-colombia-2017-completo-rci318.pdf>
- MADS. (2015). *ESTUFAS EFICIENTES PARA COCCIÓN CON LEÑA*. https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/mitigacion_/LINEAMIENTOS_ESTUFAS_MEJORADAS_PARA_COCCI%C3%93N_CON_LE%C3%91A.pdf
- MADS. (2015, 06 10). *Resolución 549 de 2015*. <https://www.cccs.org.co/wp/download/resolucion-0549-de-2015/?wpdmdl=5681&refresh=609b0f3a2fba21620774714>
- MADS. (2017, 02 28). *Resolución 472 de 2017*. <https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/3a-RESOLUCION-472-DE-2017.pdf>
- MADS. Fuentes de Cooperación. Fuentes Multilaterales. <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/277-plantilla-areas-asuntos-internacionales-10>
- MADS & MCIT. (2019). *Estrategia Nacional de Economía Circular*. http://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20Nacional%20de%20EconA%CC%83%C2%B3mia%20Circular-2019%20Final.pdf_637176135049017259.pdf
- Martínez Ortiz, A., Arcos, J., Benavides, J., Garay, H., Lloreda, R., Ramírez, J. M., Riaño, D., Uribe, E., & Vera, J. C. (2019). *Analizar y formular recomendaciones para la formación de los precios de los energéticos y sus implicaciones fiscales, sociales, ambientales, energéticos y supranacionales aplicable al caso*



colombiano para la transición hacia un sistema energético limpio. (Vol. Informe 3). Fedesarrollo y UPME.
https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3880/Repor_Noviembre_2019_Mart%C3%ADnez_et%20al.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Material Economics. (2018). *THE CIRCULAR ECONOMY – A POWERFUL FORCE FOR CLIMATE MITIGATION*.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (n.d.). *Programa de Uso Eficiente Y Ahorro del Agua*. Retrieved abril 22, 2021, from <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1935-uso-eficiente-y-ahorro-del-agua>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & ONF Andina. (2016). *Estudio de estimación y caracterización del consumo de madera en los sectores de vivienda y grandes obras de infraestructura*. Fernán Macía Sanabria. ISBN: 978-958-8901-19-0

MinTIC. (n.d.). *¿Qué es el centro?* Centro de Innovación Pública Digital. Retrieved 04 30, 2021, from <https://centrodeinnovacion.mintic.gov.co/es/sobre-el-centro/que-es>

MME & OPTIM & USANE. (2021). Estudio para determinar los lineamientos reglamentarios de política y técnicos, en eficiencia energética, con el fin de definir la hoja de ruta para establecer metas y medidas de obligatorio cumplimiento en eficiencia energética. Reunión de Socialización.

MME & UPME. (2016). *PLAN DE ACCIÓN INDICATIVO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA 2017 - 2022*. https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/PAI_PROURE_2017-2022.pdf

MVCT. (2015). *Anexo 1. Res 549 Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones*. <http://ismd.com.co/wp-content/uploads/2017/03/Anexo-No-1-Gu%C3%ADa-de-construcci%C3%B3n-sostenible-para-el-ahorro-de-agua-y-energ%C3%ADa-en-las-edificaciones.pdf>

MVCT. (2020a). *Análisis del Capacidades y Entornos del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio*. https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-11/analisis-de-capacidades-y-entorno-2020_0.pdf

MVCT. (2020b). *Informe de Gestión Sostenible, Casa Digna Vida Digna*. <https://casadignavidadigna.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/informe-de-gestion-sostenible.pdf>

MVCT. (2020c). *PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO SECTORIAL Sector Vivienda, Ciudad y Territorio*. <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2021-02/anexo-resolucion-0431-2020.pdf>

MVCT. (2021, 02 11). Balance y retos en el ordenamiento territorial. Crecimiento Urbano Ordenado Componente gestión del riesgo. Dirección de Espacio Urbano y Territorial. Presentación consultada a partir de los talleres con expertos.

Pelgrims, M., Das, A., Correa, J., Morales, R., Morillo, J. L., Espinosa, M., Herrera, J. C., Mendez-Espinosa, J. F., Cadena, A., Lesschen, J. P., Arets, E., & Loboguerrero, A. M. (2020). Propuesta de actualización y consolidación de escenarios de emisiones GEI por sector y evaluación de costos de abatimiento asociados en Colombia. https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/NDC_Colombia/PMR_reporte_escenario_referencia_20201209.pdf



- Portafolio. (2020, 12 20). Colombia se alista para emitir primeros bonos verdes y sociales. *Portafolio*.
<https://www.portafolio.co/economia/colombia-se-alista-para-emitir-primeros-bonos-verdes-y-sociales-547698>
- Procemco & FICEM. (2020). Informe Emisiones del Cemento en Colombia 2020. Estimaciones de emisiones de CO2 para la industria de cemento.
- Procemco & FICEM. (2021a). Hoja de Ruta Colombia - FICEM: “Hacia una economía baja en carbono”. Versión 1.0
- Revista Semana. (2021b, 1 21). Demanda de energía de Colombia bajó el 2,60% en 2020.
<https://www.semana.com/pais/articulo/como-le-fue-a-la-demanda-de-energia-de-colombia-en-2020/311774/>
- Revista Semana. (2021a, 04 26). *Entregan primer crédito por equidad de género y cambio climático: ¿qué significa esto?* Economía. Retrieved 04 29, 2021, from <https://www-semana-com.cdn.ampproject.org/c/s/www.semana.com/amp/economia/empresas/articulo/entregan-primer-credito-por-equidad-de-genero-y-cambio-climatico-que-significa-esto/202137/>
- Salazar, Andrés. (2020, Abril). Así se fue el comportamiento del acero en el 2019 en Colombia. Revista Infoacero. Recuperado de: <http://infoacero.camacero.org/asi-se-fue-el-comportamiento-del-acero-en-el-2019-en-colombia/>
- SDG. (2019). Política pública distrital de espacio público 2019-2038.
http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/conpes_06_pp_ep_aprobado.pdf
- SSPD & DNP. (2017a). *Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos -2016* (Edición No. 9 ed.).
<https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/SSPD%20Publicaciones/Publicaciones/2018/Oct/informenacional2016disposicionfinalderesiduossolidos1.pdf>
- SSPD & DNP. (2017b). *Informe Nacional de Aprovechamiento-2016* (Edición No. 1 ed.).
https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/SSPD%20Publicaciones/Publicaciones/2018/Oct/informenacionaldeaprovechamiento2016_dic1920161.pdf
- SSPD & DNP. (2018). *Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos -2017* (Edición No. 10 ed.).
https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2018/Dic/2._disposicion_final_de_residuos_solidos_-_informe_2017.pdf
- SSPD & DNP. (2019). *Disposición Final de Residuos Sólidos Informe Nacional-2018* (Edición No. 11 ed.).
https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2020/Ene/informe_nacional_disposicion_final_2019.pdf
- SSPD. (2020). *Informe Sectorial de la Actividad de Aprovechamiento 2019* (Edición No. 12).
https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2020/Dic/informe_sectorial_aprovechamiento_2019_0.pdf
- Tecnalia. (2017). *Estudio en la intensidad de utilización de materiales y economía circular en Colombia para la Misión de Crecimiento Verde* (Versión 2 ed.). Producto 1: https://www.dnp.gov.co/CrecimientoVerde/Documents/ejes-tematicos/Circular/MATEC%20Producto%201_FINAL.pdf
- Tecnalia. (2018). *Estudio en la intensidad de utilización de materiales y economía circular en Colombia para la Misión de Crecimiento Verde* (Versión 2 ed.). Producto 3: https://www.dnp.gov.co/CrecimientoVerde/Documents/ejes-tematicos/Circular/MATEC%20Producto%201_FINAL.pdf



- Torres, R. (2020, 04 24). *Demanda de materiales de construcción en Colombia caería hasta 40 % en 2020; Asogravas ve recuperación*. Valora Analitik. Retrieved 03 31, 2021, from <https://www.valoraanalitik.com/2020/04/24/demanda-de-materiales-de-construccion-en-colombia-caer-a-hasta-40-en-2020-asogravas-ve-recuperacion/>
- UAESP. (2011). Caracterización de los residuos sólidos residenciales generados en la Ciudad de Bogotá D.C. 2011. https://www.uaesp.gov.co/uaesp_jo/images/documentos/caracterizacion/residenciales_02-29-2012.pdf
- UK Pact Colombia, Universidad de los Andes, & CCCS. (2021). *CARTILLA MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN: Una herramienta para la toma de decisiones informadas*. Universidad de los Andes. ISBN: 978-958-58223-5-1
- Unidad Nacional para la Gestión de Riesgos y Desastres. (2016, 09 14). *Plan Nacional de Gestión del Riesgo*. Plan Nacional de Gestión del Riesgo. Retrieved 04 28, 2021, from <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Plan-Nacional-de-Gestion-del-Riesgo.aspx>
- Unidad Técnica de Ozono. (2019). *PANORAMA DE LOS DISTRITOS TÉRMICOS EN COLOMBIA. Distritos térmicos: una apuesta de sostenibilidad urbana*. ISBN: 978-958-5551-04-6
- Universidad Industrial de Santander & UPME. (2018). *REALIZAR UN ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE REUTILIZACIÓN DE MINERALES EN COLOMBIA Y DEFINIR ESTRATEGIAS ORIENTADAS A FOMENTAR SU APROVECHAMIENTO POR PARTE DE LA INDUSTRIA EN EL PAÍS BAJO EL ENFOQUE DE ECONOMÍA CIRCULAR*. http://www.andi.com.co/Uploads/_Documento%20An%C3%A1lisis%20Internacional.pdf
- UPME. (2016). *Hierro: Balance del mineral 2012 - 2016*. http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Datos/mercado-nal/MNAL_hierro.pdf
- UPME. (2019a). *BALANCE DE ENERGÍA ÚTIL*. https://www1.upme.gov.co/Documents/Balance_energia_util.pdf
- UPME. (2019b). *Balance Energético Colombiano (BECO)*. Modelos Analíticos. Retrieved 05 02, 2021, from <https://www1.upme.gov.co/informacioncifras/paginas/modelos-analiticos.aspx>
- UPME. (2019c). *Primer balance de Energía Útil para Colombia y Cuantificación de las Perdidas energéticas relacionadas y la brecha de eficiencia energética. Resumen Ejecutivo BEU Sector Industrial*. <https://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Paginas/estudio-primer-balance-energia-util-para-Colombia.aspx>
- UPME. (2019d). *Primer balance de Energía Útil para Colombia y Cuantificación de las Perdidas energéticas relacionadas y la brecha de eficiencia energética. Resumen Ejecutivo BEU Sector Residencial*.
- UPME. (2020a). *Plan Energético Nacional 2020 - 2050* (Quinta ed.). <https://www1.upme.gov.co/Paginas/Plan-Energetico-Nacional-2050.aspx>
- UPME. (2020b). *Proyección Demanda de Energéticos en Colombia Ante El Covid19 2020-2026*. http://www.siel.gov.co/siel/documentos/documentacion/Demanda/UPME_Proyeccion_Demanda_Energia_Junio_2020.pdf
- UPME. (2020c). Resolución 196 de 2020. <https://www1.upme.gov.co/Normatividad/196-2020.pdf>
- UPME & MME. (2020). *PLAN DE EXPANSIÓN DE REFERENCIA GENERACIÓN – TRANSMISIÓN 2020 – 2034* (Vol. Volumen 2: Generación).



http://www.upme.gov.co/Docs/Plan_Expansion/2020/Volumen2_Plan_Expansion_Generacion_Transmision_2020_2034_Final.pdf

Vega, J. P. (2017, 01 26). *Materiales de construcción son 50% de la minería del país*. La República. Retrieved 03 29, 2021, from <https://www.larepublica.co/economia/materiales-de-construccion-son-50-de-la-mineria-del-pais-2464156>

Vega Barbosa, C. (2018, 10 27). *La guerra de chatarra que Colombia estaría perdiendo*. El Espectador. Retrieved 04 30, 2021, from <https://www.elespectador.com/noticias/economia/la-guerra-de-chatarra-que-colombia-estaria-perdiendo/>

VITO, Universidad de los Andes, Wageningen Research, & CIAT. (2020a). *PMR COLOMBIA: ACTUALIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE ESCENARIOS DE EMISIONES DE GEI POR SECTOR Y EVALUACIÓN DE COSTOS DE ABATIMIENTO ASOCIADOS*. Escenario de Mitigación.

VITO, Universidad de los Andes, Wageningen Research, & CIAT. (2020b). *PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE ESCENARIOS DE EMISIONES DE GEI POR SECTOR Y EVALUACIÓN DE COSTOS DE ABATIMIENTO ASOCIADOS EN COLOMBIA*. Escenario de Referencia.

World Economic Forum and Boston Consulting Group. (2018). *An Action Plan to Accelerate Building Information Modeling (BIM) Adoption*. Switzerland. http://www3.weforum.org/docs/WEF_Accelerating_BIM_Adoption_Action_Plan.pdf

Woo, Junghoon and Kibert, Charles J. and Newman, Richard and Kachi, Alireza Shojaei Kol and Fatima, Ridah and Tian, Yifeng}. (2020). 2nd Conference on Blockchain Research Applications for Innovative Networks and Services, A New Blockchain Digital MRV (Measurement, Reporting, and Verification) Architecture for Existing Building Energy Performance, doi 10.1109/BRAINS49436.2020.9223302

