

RECOMENDACIONES PARA LA MEDICIÓN DE SOSTENIBILIDAD DE LAS CIUDADES A PARTIR DE UN PILOTO DE MRV DE REDUCCIONES DE CARBONO EN EDIFICACIONES NUEVAS

Noviembre 2022.

Autores:

Angela Viviana Bohórquez L, Melissa Ferro, Natalia Arroyave, Gloria Calderón, Angélica Ospina, Yeison Romero, Daniela y Daniel Rey

ABSTRACT

Buildings have the immense opportunity to contribute to GHG emissions reduction for countries and cities. Over the last twenty years building emissions have increased 50% and energy demand for buildings now accounts for 70% of the global share. In Colombia the building sector is committed to mitigating 93.800 tonCO_{2e} by 2030 through the implementation of sustainable building guidelines that promote energy savings actions for new buildings. The Guidelines were adopted by Colombia and Bogotá through “Resolución 549/15” which established energy saving percentages by building type. This document describes the first pilot of carbon reduction estimates from energy savings actions in sustainable new buildings in Bogotá. Database heterogeneity and a lack of data accessibility and cooperation were identified as the main barriers. This pilot developed an analysis to overcome the barriers and establish a technical protocol for monitoring carbon reductions. To effectively measure the impact of the sustainable building policy, collaboration between key stakeholders and proper organization of their roles and responsibilities is required, in accordance with their motivations and interests. The methodologies to measure the carbon reduction of energy efficiency in buildings were rigorously analyzed and a carbon calculator was developed that standardizes this methodology for use in other cities.

INTRODUCCIÓN

En el mundo, el consumo de energía de las edificaciones representa el 38% de las emisiones globales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y se espera que se dupliquen a 2060 (WGBC, 2022). Durante el período comprendido entre los años 1990-2019 las emisiones mundiales GEI de los edificios aumentaron en un 50% y la demanda global final de energía de los edificios creció un 38% mientras que la demanda global final de electricidad aumentó un 161%. Actualmente, el 70% de la demanda mundial de energía final es consumida por las edificaciones residenciales (IPCC, 2022).

En Colombia las emisiones que resultan del consumo de energía del sector residencial y terciario representaron el 2,8% (8.483,27 GgCO_{2e}) de las emisiones totales en el año 2018 y tan solo al sector residencial le corresponde el 80% las emisiones del sector (IDEAM *et al.* 2021). Bogotá es la ciudad con las mayores emisiones de este sector en el país (15%) (IDEAM, 2022). Esta ciudad por ser la más poblada del país y la octava a nivel mundial con la mayor densidad poblacional (*Demographia*, 2022) presenta una oportunidad y un reto significativo para el desarrollo bajo en carbono en el sector de las edificaciones.

Los esfuerzos por reducir las emisiones en el sector de las edificaciones de la ciudad se han centrado en la implementación de energía solar fotovoltaica en edificaciones, mejoras en eficiencia energética en edificaciones existentes y estándares energéticos más exigentes para construcciones nuevas (SDA, *s.f.*). Esta última acción está apoyada por la Resolución 549 de 2015 de ámbito nacional que establece los parámetros de ahorro de agua y energía en edificaciones nuevas y la aplicación de la Guía de Construcción Sostenible.

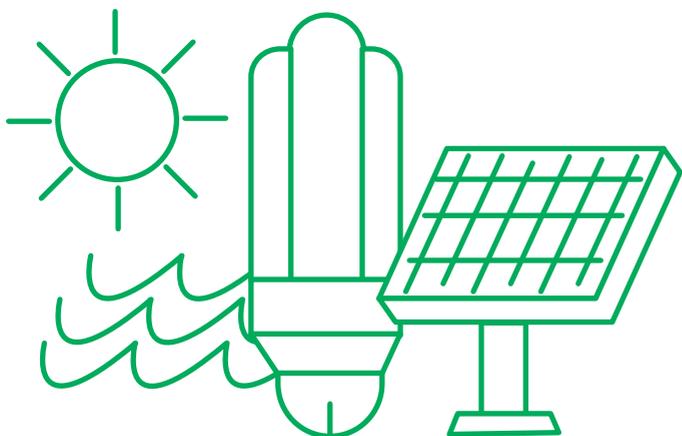
A nivel Nacional el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT) lidera la gestión de las reducciones de GEI en el sector de las edificaciones, la actual meta nacional incluye la medida de Construcción Sostenible (MADS, 2020a) que está reglamentada a través de la Resolución 549 de 2015 y está cuantificada en 93.800 tCO_{2e}q a 2030.

En el año 2019 la Secretaría Distrital de Planeación adoptó estas consideraciones a través de la Resolución Distrital 1874. La evaluación y seguimiento al impacto de los ahorros de agua y energía se realiza anualmente por la Dirección de Estudios Macro de esta Secretaría (Resolución 1874, 2015, Artículo 7). A partir de los datos de consumos de energía y agua se han elaborado análisis estadísticos del comportamiento histórico de las edificaciones en Bogotá.

Debido al avance en la medición del impacto de los ahorros en agua y energía realizados por la ciudad y la necesidad de reportar las reducciones de carbono por la implementación de medidas de eficiencia energética en edificaciones nuevas, se realiza un Piloto de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) de las reducciones de carbono para la ciudad de Bogotá con el apoyo de la Secretaría Distrital de Planeación de la ciudad de Bogotá, el Consejo de Colombiano de Construcción Sostenible, la Cámara Colombiana de Constructores y el Fondo Acción.

Este piloto se constituye entonces en el primer ejercicio de contabilidad de reducciones en el país a escala de ciudad que busca entender las dinámicas entre las entidades, los datos y las herramientas para lograr obtener indicadores de carbono que den respuesta al impacto de la aplicación de acciones de construcción sostenible y la viabilidad de reporte a la meta del sector residencial.

Este documento describe la metodología desarrollada, los resultados y recomendaciones obtenidas del desarrollo del piloto MRV de las reducciones de carbono en la evaluación del impacto de la Resolución distrital 1874 de 2019 de la ciudad de Bogotá.



CONTEXTO MRV

El MRV es la clave para desbloquear el financiamiento climático y demostrar progreso en las metas de reducción de carbono (Banco Mundial, 2022). Globalmente para lograr limitar la temperatura media mundial en 1.5 °C se requiere reducir en un 45% las emisiones en 8 años (alrededor de 18 GtCO₂e) (United Nations, s.f.). Las acciones de mitigación de emisiones de GEI deben ser financiadas, medidas, reportadas y verificadas. En Colombia el reto es significativo, las capacidades, herramientas y financiamiento para el MRV de las reducciones deben lograr demostrar la reducción de 169,4 millones de tCO₂e en 8 años¹ (MADS, 2020b). Actualmente el país se encuentra en una etapa temprana de implementación de su NDC y las capacidades técnicas y financieras para la medición, reporte y verificación de reducciones de GEI son escasas.

El objetivo del Monitoreo, Reporte y Verificación de las reducciones de Gases de Efecto Invernadero es garantizar la trazabilidad y el seguimiento a las reducciones de carbono a través de la estandarización y verificación procesos de medición, monitoreo, recolección, gestión de datos y reporte de información (MADS *et al.* 2017). Aunque la noción de estandarización pareciera implicar el uso instrumentos estáticos, los procesos MRV suelen ser dinámicos y cambian en el tiempo, en la medida que se obtiene mejor información y mejores procesos de medición o análisis.

En las actividades del **Monitoreo** de reducciones se realiza la recolección, análisis y seguimiento de la información a través del tiempo y el espacio, para lo que se requiere identificar los actores, sus roles e intereses, los datos e información requerida, la disponibilidad de información y las metodologías de estimación de carbono. En el eslabón de **Reporte** se incluye la manera estandarizada de cómo se informan y comunican los avances en la reducción de carbono. Estos reportes pueden ser desarrollados para diferentes actores dependiendo del uso

1. Meta de mitigación de la NDC de Colombia, reducción de 51% a 2030 respecto a un escenario de referencia.

de los resultados de avance y los intereses particulares. Por último las actividades de **Verificación** se enfocan en los métodos y responsables de asegurar la calidad y veracidad de los avances en la reducción de carbono (MADS *et al.* 2017).

Los procesos de MRV son particulares para cada sector y escala (nacionales, locales, organizacionales y de proyecto), por lo que su réplica o integración entre escalas se torna compleja (OLADE, 2018). Esto debido a que las metodologías de cálculo son más robustas técnicamente y detalladas en las escalas más pequeñas, de la misma forma se requieren un mayor rango de datos, detalle de cálculos, estudios *in-situ* y equipamiento en estas escalas, lo que puede resultar costoso. Se adiciona mayor complejidad a estos sistemas al considerar por ejemplo los efectos rebote² que generan imprecisiones a los resultados.

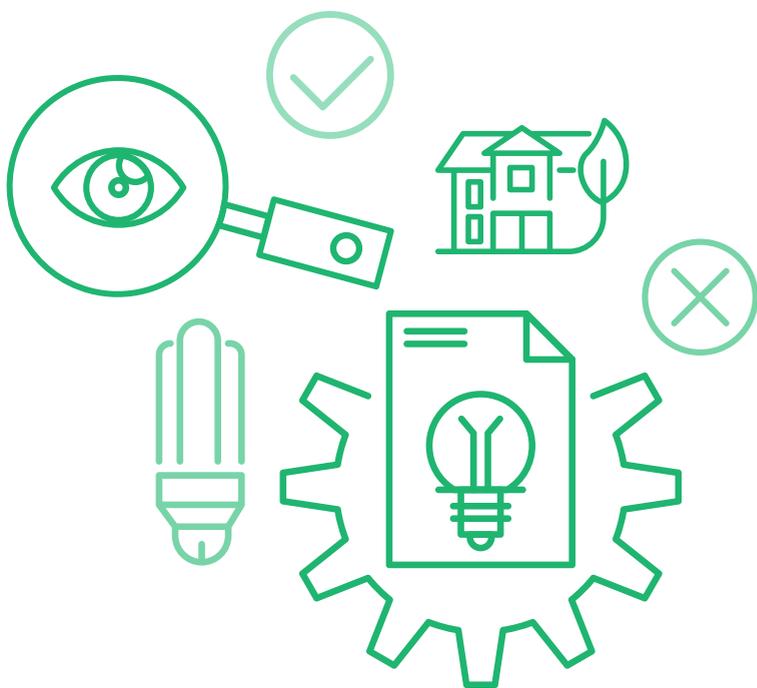
En el ámbito del monitoreo existen dos aproximaciones para el análisis de estimaciones de carbono, de abajo hacia arriba (*bottom-up*) y de arriba hacia abajo (*top-down*), la primera contabiliza emisiones o reducciones usando información detallada y desagregada específica del lugar o la intervención de mitigación, la suma de las intervenciones individuales o lugares puntuales se agrega en un dato global. La segunda es lo contrario, usa información agregada de manera sectorial o nacional, que proviene generalmente de estadísticas nacionales y las aproxima a una escala local o medida puntual. Este piloto aplica la aproximación de abajo hacia arriba que permita capturar en detalle los cambios de las emisiones de carbono de manera detallada y específica en las edificaciones de la ciudad de Bogotá, esto le agrega una complejidad adicional al ejercicio debido a que se requiere usar información lo más detallada posible a nivel de la edificación individual.

Para este piloto se tienen en cuenta inicialmente las fuentes de emisión derivadas del consumo de energía eléctrica y agua que reglamenta la Resolución 549 de 2015. El impacto en carbono de estos ahorros depende de las medidas de construcción sostenible implementadas en las edificaciones, entre ellas la instalación de equipos eficientes, denominadas medidas activas, el diseño arquitectónico que mejore el confort térmico, denominadas medidas pasivas. Este piloto incluye las

2. Efectos secundarios negativos (aumento de emisiones) en la implementación de una medida de mitigación, por ejemplo, una medida de eficiencia energética genera ahorros económicos en un hogar, lo que provoca la compra de electrodomésticos que reversan o igualan el consumo energético ahorrado.

emisiones de la aplicación de un conjunto de medidas activas y pasivas implementado en las edificaciones, se centra en las emisiones indirectas³ por el consumo de la energía eléctrica del Sistema Interconectado Nacional de Energía Eléctrica (SIN).

De otra parte, las emisiones de GEI del consumo de agua se generan en las plantas de tratamiento de agua residual de la ciudad. Su reducción depende de mejoras en la gestión de aguas residuales domesticas o cambios en cargas de materia orgánica, que a su vez dependen de los hábitos alimenticios de los habitantes de las edificaciones (cantidad de proteína al día). Por lo tanto, las reducciones de GEI en el consumo de agua se encuentra por fuera del alcance de este piloto y no es analizado.



3. Desde la aproximación de GHG Protocol o las normas ISO 14064-1 y 2, las emisiones indirectas son las que ocurren por fuera de los límites operacionales, en este caso la energía eléctrica se genera fuera de las edificaciones en termoeléctricas distribuidas en diferentes regiones del país.

METODOLOGÍA

El desarrollo de las actividades de MRV es un proceso integral que incluye acciones institucionales, técnicas, financieras y legales que permitan lograr efectivamente el seguimiento a las reducciones de carbono. Este piloto desarrolla una metodología que involucra aspectos técnicos (como el estudio de metodologías específicas, la disponibilidad y características de la información, y la definición de línea base y estimaciones de reducciones), consideraciones legales (la normatividad vigente y las posibles modificaciones o mejoras) y aspectos institucionales (los intereses y motivaciones de los actores, la misión de la institución y la disposición a colaborar). Dichos aspectos se distribuyen en 4 pasos que desarrolla este piloto, la siguiente figura describe los pasos que se llevaron a cabo.



IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La Resolución 1874 de 2019 del Distrito adopta las siguientes metas de reducción de energía establecidas en la Resolución 549 de 2015 para el clima frío y en las diferentes tipologías de edificación:

Tipo de edificación	Aplicabilidad	Línea base de consumo 2013 kWh/m ²	Ahorros energéticos respecto a línea base clima frío
Hoteles	Más de 50 habitaciones	96,1	20%
Hospitales	Área igual o mayor a 5.000 m ² , excluyendo estacionamientos	249,6	35%
Oficinas	Área superior a 1.500 m ² , excluyendo estacionamientos	81,2	30%
Centros comerciales	Área total construida mayor a 6.000 m ² , excluyendo estacionamientos	403,8	25%
Educativos	Más de 1.500 alumnos	40,0	45%
Vivienda no VIS	Todas, a partir de estrato 3	46,5	25%
Vivienda de interés social (VIS)	Todas	44,6	20%
Vivienda de interés prioritario (VIP)	Todas	48,1	15%

La Dirección de Estudios Macro de la Secretaría Distrital de Planeación realiza el seguimiento a las metas de ahorro de la Resolución distrital 1874. En el año 2020 se publicaron los resultados de un análisis de tendencia de información de los consumos de energía y agua para los años 2012 -2019. Este estudio se realizó cruzando las bases de datos de facturación y consumos de ENEL con la información catastral y de licencias de construcción de la Unidad Administrativa Especial de Catastro y las Curadurías, respectivamente. Aunque se obtuvieron datos históricos de consumo de electricidad de las diferentes tipologías de edificaciones en ciudad, este estudio identificó oportunidades de mejora de los datos, en los procedimientos de cálculo y en la cooperación de las entidades. Las barreras para el seguimiento a la resolución y a los ahorros en carbono fueron identificadas en la primera etapa del piloto a través de reuniones y entrevistas con actores clave. La siguiente categoriza las barreras identificadas en 4 aspectos que son trabajados durante el desarrollo del piloto.

Aspecto

Descripción de barreras

Disponibilidad de información

- El acceso a la información de consumos de ENEL es un proceso largo y la información no está parametrizada.
- No se cuenta con la desagregación de áreas de parqueaderos, lo que hace que los consumos por m² estén subestimados, al considerar que los parqueaderos tienen un uso de energía diferenciado.
- No se puede aislar la medición de los ahorros por la implementación de medidas pasivas y activas. La base de datos de licencias no especifica las acciones en cada una de ellas.
- La medición incluye cambios en los hábitos de consumos de la población, por lo que las variaciones en los años pueden deberse a estos cambios pero no se tienen herramientas para desagregar este aspecto.
- No se conoce la fecha de entrega o terminación de las obras nuevas, actualmente se asume que a partir de la licencia urbanística el proyecto fue entregado y es habitado.
- En la categorización de cuentas de ENEL la categoría “comercial” incluye centros médicos, centros comerciales y hoteles, entre otros. Por lo que los consumos no se pueden asignar a un tipo de edificación específico, y es particularmente difícil en las edificaciones que tienen múltiples usos.
- Se pierden datos de consumos por desfases en las coordenadas entre las bases de datos de ENEL y Catastro.

Aspecto

Descripción de barreras

Desarrollo metodológico

- Pérdidas de información en el proceso de geo codificación de direcciones debido a la incompatibilidad de la nomenclatura usada entre las diferentes bases de datos.
- La línea base establecida por la Resolución 549 (datos 2013) tiene una variación del 57% respecto a los datos promedio de consumos reales antes de la entrada en vigencia de la resolución en Bogotá.
- No es posible aislar las edificaciones que han implementado energías renovables no convencionales.

Relación interinstitucional

- No existe una alianza con ENEL para facilitar el acceso a la información y el trabajo conjunto en la geo-codificación.
- No se cuenta con un espacio para el intercambio de información entre entidades que permita definir la secuencia de cruce de información y la forma de estandarizarla.
- Las entidades de servicios públicos involucradas no perciben valor en el ejercicio, lo que dificulta el suministro constante de la información y pone en riesgo la sostenibilidad futura del proceso de monitoreo.

Financiamiento

- Se requiere la asignación de recursos específicos por parte de la administración local para la ejecución de las actividades orientadas a la administración y actualización de la plataforma. Esto incluye la contratación de un profesional capacitado para hacer el cruce de las bases de datos, hacer seguimiento a los procesos e indicadores, analizar los resultados, generar reportes y proponer mejoras al procesamiento de información.

MAPA DE ACTORES

Generalmente un sistema MRV tiene una connotación técnica enfocada en la contabilidad y el seguimiento de las reducciones, sin embargo, en una ciudad la información, los instrumentos, las capacidades y el financiamiento son desarrollados por diferentes entidades con interés comunes o diferenciados. El éxito de lograr un MRV de reducciones óptimo depende en gran medida del establecimiento de colaboraciones o alianzas entre actores, este Piloto abordó un análisis de actores con el fin de identificar las necesidades y oportunidades de cooperación entre ellos.

Para ello se evaluaron los actores bajo metodologías conocidas (Modelo de Savage, Nix - Whitehead & Blair) y se complementó con la identificación de roles en las etapas de Medición o Monitoreo, Reporte de información y Verificación de resultados (Ministerio de Trabajo, 2016). En este análisis, se adaptaron los tipos de grupos de interés del Modelo Savage (Savage *et al.* 1991) a los roles e intereses requeridas en una estrategia de MRV, los grupos evaluados son:

Basados en las reuniones realizadas con las entidades involucradas en la gestión de información de los tipos de edificaciones y la experiencia de la Secretaría de Planeación con el análisis de datos de consumos se identificaron los intereses y roles de los actores. Estos fueron representados en un mapa de actores en el que se analizó la capacidad de los actores para cooperar y el potencial de amenaza para una estrategia de MRV. Las necesidades de Reporte, Monitoreo o mixta se ilustran en colores naranja, azul y combinado.

Potencial de grupos de interés para AMENAZAR

TIPO 1

Grupo de interés mixto: Estos actores muestran motivación para apoyar el piloto, se perciben animados a colaborar y trabajar en la sostenibilidad futura, expresan niveles de confianza mutua colaboración

ESTRATEGIA: Colaborar

Potencial de grupos de interés para COOPERAR

TIPO 3

Grupo de interés de ni apoyo: Un alto potencial de amenaza, no muestran interés de cooperación, no identifican beneficios de los resultados del piloto o de una cooperación futura.

ESTRATEGIA: Defenderse

TIPO 2

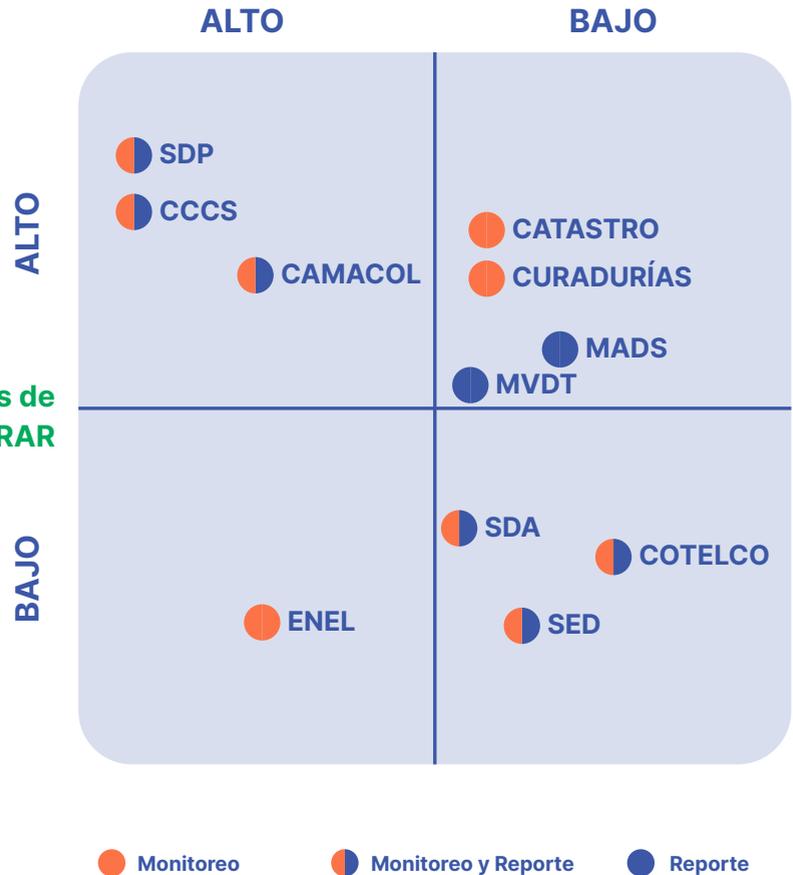
Grupo de interés de apoyo: Es el grupo más importante, ya que presenta un alto nivel de apoyo, tienen motivación a colaborar pues ven un beneficio directo de los resultados de las actividades MRV

ESTRATEGIA: Vincular

TIPO 4

Grupo de interés marginal: Este grupo es indiferente o indeciso, no presenta resistencia frente al desarrollo del piloto o de un trabajo futuro, su colaboración es intermitente o poco constante

ESTRATEGIA: Monitorear



Sector público:



- **Secretaría Distrital de Planeación - SDP:** es la entidad encargada del seguimiento al indicador de ahorro de electricidad de todos los tipos de edificaciones, su interés es mejorar la precisión de la medición y el reporte del indicador de ahorro. Percibe como co-beneficio la medición del impacto en carbono.
- **Unidad Administrativa Especial de Catastro:** cuenta con la base de datos abierta de los predios de Bogotá. Este actor está interesado en servir como fuente de información.
- **Secretaría Distrital de Ambiente - SDA:** está encargada del seguimiento al Plan de acción Climática 2020-2050, en el que tiene previsto la mejora en la eficiencia energética en edificaciones nuevas. Tiene interés en el reporte de los indicadores de impacto en carbono para el cumplimiento de metas de mitigación.
- **Secretaría Distrital de Hábitat - SDHT:** cuenta con un Observatorio de Hábitat abierto que incluye información del sector vivienda (déficit de vivienda, viviendas iniciadas, viviendas licenciadas, mercado laboral, etc). Actualmente es el punto focal de la ciudad con las empresas de servicios públicos e intercambia información para el reporte del Observatorio. Su interés recae en reportar de la infor-

mación del impacto de la resolución y de carbono.

- **Secretaría de Educación Distrital - SED:** cuenta con el número de estudiantes por edificación de tipo educativo, sin embargo, la información no se encuentra estandarizada para el intercambio fácil de datos. Su interés se enfoca en uso de la información de ahorros e impacto en carbono para la gestión de la infraestructura y de recursos en el sector educativo.
- **Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio - MVCT:** es la entidad encargada de gestionar y hacer seguimiento al ahorro de electricidad y agua en edificaciones (resolución 549 de 2015), adicional al seguimiento de la meta de mitigación de la NDC en esta materia. Su interés es lograr estandarizar y facilitar las mediciones en diferentes ciudades para obtener el resultado del impacto nacional.
- **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS:** es la entidad en cabeza del seguimiento a las metas de mitigación de la NDC y la aplicación de sistemas/esquemas/estrategias MADS en diferentes sectores y territorios para lograr el cumplimiento de la meta nacional de mitigación. Su interés se centra en cumplir las decisiones de la UNFCCC en materia de mitigación y transparencia.

Agremiaciones:



- **Cámara Colombiana de la Construcción, seccional Bogotá CAMACOL:** cuenta con un sistema de información del sector de la construcción (Coordenada urbana) con el que se analizan los avances y retos del sector. Tiene interés en complementar sus análisis con información de sostenibilidad ambiental para el sector, entre ello la medición de indicadores de carbono.

Sector privado:



- **Empresa de Energía de Bogotá – ENEL:** cuenta con la información de consumos de energía eléctrica mensuales para todas las cuentas de servicio de la ciudad de Bogotá. Existen dificultades en el suministro periódico de la información de consumos. Se identifican barreras de comunicación y en la transferencia de información para el análisis.
- **Asociación Hotelera y Turística de Colombia – COTELCO:** realiza la gestión de información del sector hotelero, aunque no cuenta con información estandarizada y consolidada del número de habitaciones de los hoteles. Su interés es la incorporación de indicadores de sostenibilidad en el sector.
- **Consejo Colombiano de Construcción Sostenible – ccs:** Es una organización privada sin ánimo de lucro que promueve actividades y acciones para la evolución de la industria de la construcción hacia la sostenibilidad integral. En esta labor genera alianzas estratégicas para ampliar el alcance de las iniciativas y apoyar a las entidades públicas en el desarrollo y seguimiento de políticas y reglamentaciones. Su interés y motivación es brindar herramientas e insumos a al gobierno local de Bogotá, que sean escalables al resto de ciudades del país, para contar con el seguimiento al indicador de la reducción de carbono en el sector y conocer los resultados de la adopción de la resolución 549.
- **Curadurías:** cuentan con la información de licencias urbanísticas para la construcción de edificaciones, sobre ellas recae la función de recolección de información sobre los tipos de medidas pasivas o activas de los proyectos urbanísticos. Su interés es compartir información que puede ser útil para la medición del impacto.

Como se describe, se identifican múltiples intereses en los actores, el éxito de un MRV funcional y operativo depende de la configuración de alianzas y voluntades de cooperación entre los actores. Lograr un intercambio efectivo de información entre los actores como respuesta a un beneficio propio o que se identifiquen con un objetivo común y loable es uno de los retos más significativos del desarrollo de actividades MRV en las ciudades.

DEFINICIÓN DE ALCANCE Y LÍMITES DE LA EVALUACIÓN

La definición del alcance de la evaluación está determinada por las limitantes en la disponibilidad de información y sus características. Para este piloto se determinó realizar las estimaciones de impacto en carbono para los tres tipos de edificaciones de vivienda (vis, no vis y vip), debido a la alta incertidumbre que tiene la información de las tipologías de edificaciones Hoteleras y Educativas como número de habitaciones y de estudiantes, la cual no se encuentra estandarizada y consolidada, así como los consumos de los Centros Comerciales y las Oficinas que se encuentran agregadas en una sola categoría en la base de datos de ENEL. Al seleccionar al sector residencial se están tomando el 90% de las cuentas de facturación y el 55,7% del consumo de energía eléctrica total de la ciudad⁴, lo que permite asegurar una muestra representativa para la evaluación de impacto.

4. Secretaría Distrital de Planeación, 2020. Informe de resultados sobre indicadores de consumo de agua y energía eléctrica en Bogotá 2012-2019

El área urbana de Bogotá es el límite geográfico del análisis, en la medida en que la información lo permita las estimaciones de ahorros de energía eléctrica se realizan partiendo de una microescala (inmueble por inmueble) a una escala más amplia (agregados por estrato y tipo). Esto con el fin de pilotear la viabilidad de estimaciones específicas y generales.

Para el desarrollo de este piloto se conformó un equipo de trabajo de profesionales técnicos de la Dirección de Estudios Macro de la SDP, el CCCS y el Fondo Acción, quienes conjuntamente aportaron los insumos técnicos, el análisis de información y la gestión con los diferentes actores. El análisis de información de vivienda se realiza por parte del equipo técnico de la Dirección de Estudios Macro usando el software estadístico STATA y la herramienta de información geográfica ARCGIS.

La información que se integra al piloto y su uso se presenta en la siguiente tabla.

Tipo de información	Uso	Fuente de información	Tipo de acceso
Base de datos catastral: información alfanumérica y gráfica referente a los aspectos físicos, jurídicos y económicos de los predios de la ciudad de Bogotá	Se usa para obtener el código del lote, el código homologado de identificación predial (Chip), las áreas construidas y las coordenadas de ubicación geográfica	Unidad Administrativa Especial de Catastro	Datos abiertos, se descarga la base de datos más actualizada en el sitio web
Base de datos de consumos de electricidad: datos de energía eléctrica mensuales de las cuentas contrato los predios del Distrito	Se usan los valores agregados anuales de consumo (kWh) por predio	Empresa de servicio de energía eléctrica de Bogotá - ENEL	A través de solicitud escrita, el acceso se da entre 6 y 9 meses

Tipo de información	Uso	Fuente de información	Tipo de acceso
<p>Bases de datos de licencias de construcción: información agregada de las 5 Curadurías de la ciudad de Bogotá con el detalle del estado de las licencias urbanísticas</p>	<p>Se usa para filtrar los predios que han solicitado licencia de construcción a partir del año 2016</p>	<p>Curadurías urbanas</p>	<p>A través de solicitud escrita, el acceso se da entre 1 y 2 meses</p>
<p>Bases de datos de censos a edificaciones: información de operación estadística del Censo de Coordinada Urbana de CAMACOL</p>	<p>Se usan los tipos de edificación nueva (vis, no vis y vip) y las fechas de entrega de los proyectos urbanísticos, a partir del año 2017</p>	<p>Cámara Colombiana de la Construcción, seccional Bogotá CAMACOL</p>	<p>A través de solicitud escrita, el acceso se da en menos de 1 mes</p>

ALCANCE METODOLÓGICO PARA LA MEDICIÓN DE CARBONO

En el tiempo se ha visto una transición en la creación y actualización de metodologías, sin embargo, llevar las mediciones individuales de las edificaciones a los de una ciudad entera presenta actualmente una gran brecha (Zusman E, 2013).

Las metodologías existentes abarcan un amplio rango de escalas, desde las que están enfocadas en medidas puntuales pasando por las evaluaciones a las edificaciones individuales y las mediciones en ciudades enteras. La siguiente tabla es una adaptación de Zusman E. (2013) y presenta una comparación de las metodologías disponibles:

Metodología	Descripción	Alcance	Datos requeridos
CDM AMS-II. Energy efficiency and fuel switching measures for buildings	Enfocada en la ejecución de proyectos de reducción de emisiones para el cumplimiento del protocolo de kyoto y en demostrar adicionalidad	Se aplica a un número de edificaciones pequeño y para medidas de eficiencia energética independientes. No captura la múltiples intervenciones o cambios indirectos en el estilo de vida o hábitos de consumo	Significativo, especialmente para nuevas edificaciones

Metodología	Descripción	Alcance	Datos requeridos
AMS0091^{CDM} AMS0091 Energy efficiency technologies and fuel switching in new buildings	Usa un grupo de control para demostrar adicionalidad y lo compara con una línea base (<i>benchmarking</i>)	Captura varias intervenciones de eficiencia energética y cambio de combustibles a la vez y considera la totalidad de la edificación	Significativo, especialmente para <i>benchmarks</i>
Protocolo Internacional de Medición y Verificación del Desempeño: Conceptos y Opciones para Determinar el Ahorro de Energía y Agua (IPMVP en inglés) - EVO	Orienta la elaboración de un Plan de Medición y Verificación. Documenta los métodos para evaluar el desempeño de proyectos de eficiencia para compradores, vendedores y financiadores	Evalúa medidas de conservación de la energía en desde intervenciones individuales hasta la totalidad de una edificación y modelos de calibración	Significativo, presenta 4 tipos de opciones de cálculo con diferentes especificaciones de datos
Metodología MRV para la Implementación de Medidas de Eficiencia Energética en Edificios Comerciales y Públicos para Países de la Región del Caribe - OLADE	Usa un grupo de control para demostrar los ahorros en electricidad	Enfocado en dar orientaciones para la implementación de actividades de monitoreo, reporte y verificación en ^{NAMAS}	Significativo, requiere datos específicos de encuestas y auditorías energéticas
Manual for calculating^{GHG} benefits of^{GEF} projects: energy efficiency and renewable energy projects	Se enfoca en tecnologías y en medios habilitantes a escala ciudad, no específicamente a edificaciones	Busca capturar los impactos directos, los impactos post-proyecto y los impactos indirectos para escalar intervenciones en la totalidad de una ciudad o evaluar el impacto de políticas	Flexible, usa información agregada nacional o regional
Citywide NAMAs – Banco Mundial	Usa indicadores de intensidad energética para ciudades de bajo o mediano ingreso	Captura cambios en las emisiones de todo tipo de infraestructura	Flexible, especifica para cada tipo de medida de eficiencia energética

A partir de esta revisión se adoptan las recomendaciones de la metodología del *Global Environmental Facility* (GEF) para el cálculo de beneficios por eficiencia energética. Esta metodología es flexible y permite ajustarse a las condiciones de los países y regiones; en el caso de Bogotá se ajustan algunas características de la regulación pública (escalas de aplicabilidad y línea base de la Resolución 549 de 2015) y la información disponible (facturación anual) para la ciudad de Bogotá.

Algunas de las consideraciones relacionadas con las orientaciones para el desarrollo de actividades de MRV de los documentos de la Organización Latino Americana de Energía (OLADE) y del Banco Mundial se tienen en cuenta como recomendaciones para la futura réplica y sostenimiento de estos esquemas de trabajo.

Se toman las orientaciones metodológicas para los efectos directos de los proyectos de eficiencia energética del documento del GEF (2008), las cuales incluyen los requerimientos de información y las fórmulas de cálculo. No se considera para este piloto las recomendaciones específicas sobre los factores de réplica del financiamiento *top down* o *bottom up*.

Esta metodología no abarca la medición del impacto de los hábitos de consumo de los habitantes de las edificaciones y no es sensible a los cambios en dispositivos de uso de electricidad de las áreas comunes que se realicen posterior a la entrega del proyecto urbanístico, como por ejemplo cambios de luminarias, instalación de paneles solares, etc. Al no contar con información específica de las medidas implementadas en cada proyecto, este piloto supone que los resultados encontrados son los ahorros debidos a un conjunto de medidas pasivas y activas implementadas en los proyectos constructivos.

ESTIMACIÓN DE RESULTADOS

La estimación de impacto en carbono se realiza en tres pasos subsecuentes (GEF, 2008), **(i)** la definición de línea base; **(ii)** estimación de ahorros de energía eléctrica y; **(iii)** la estimación de los ahorros en carbono. Con el fin de reducir la incertidumbre del cálculo se realizan análisis de información específicos (consumos de energía eléctrica por cuenta contrato) y generales (agregado por estrato), así se identifican barreras y se plantean posibles mejoras metodológicas y en el uso de la información.

DEFINICIÓN DE LA LÍNEA BASE

De acuerdo con la Resolución 549 de 2015⁵, para establecer el cumplimiento de los porcentajes de ahorro se deben comparar los consumos del año 2013 determinados para los diferentes climas de Colombia con los consumos subsiguientes al año 2016, año en el que ya se deben aplicar las medidas pasivas y activas sostenibles para los proyectos de construcción de edificaciones.

Para la ciudad de Bogotá se aplican los valores de consumo de clima frío para edificaciones de vivienda (No vis: 46,5; vis: 44,6; vip 48,1 kWh/m₂/año⁶) los cuales distan en un 57% de consumos reales históricos entre los años 2012-2015 (en promedio 19,8 kWh/m₂/año) (SDP, 2020), bajo

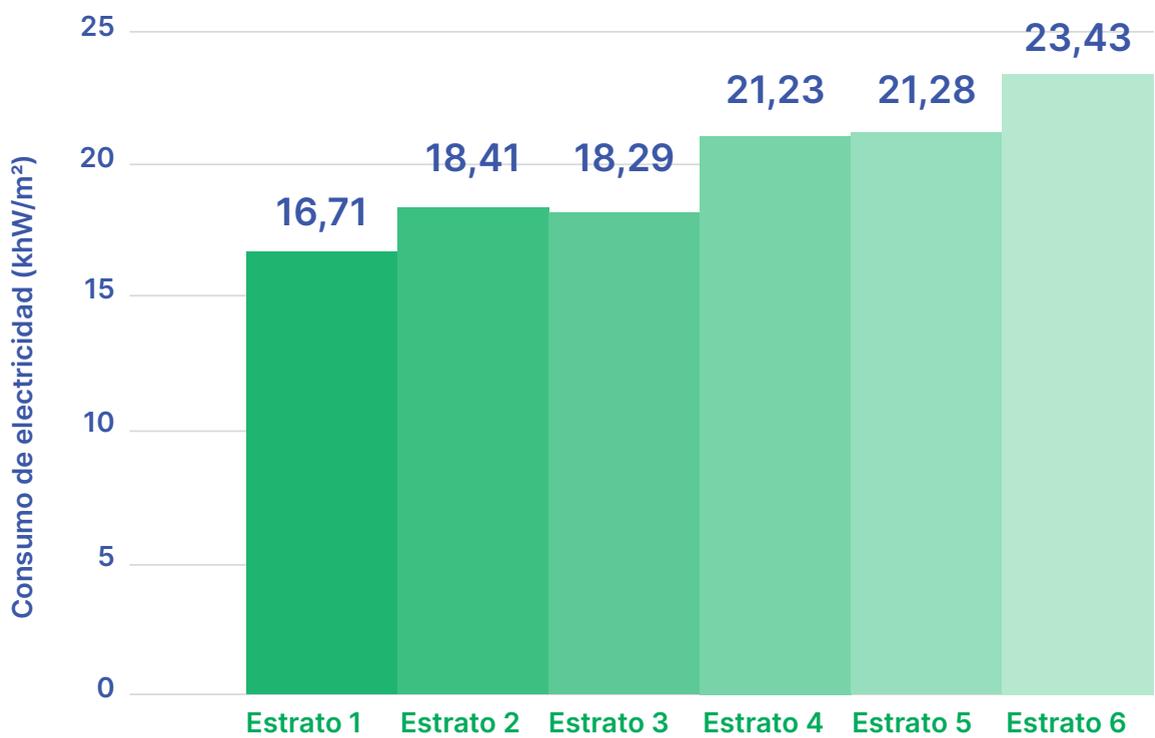
5. Los ahorros de las edificaciones vis y vip son de optativo cumplimiento.

6. Incluidas en el Anexo 1 de la Resolución 549 de 2015.

este escenario todos los tipos de vivienda cumplen con la Resolución 549 pues los porcentajes de ahorro establecidos están entre el 10 y 25%. Aunque el MVCP se encuentra trabajando en la actualización de las líneas base a nivel nacional, a la fecha de ejecución del piloto no se cuentan con los valores finales.

Por lo anterior, el equipo técnico decide tomar como año base los consumos promedio por área del año 2015 debido a que esta información se considera más robusta, completa y cercana a la realidad de la ciudad. La siguiente gráfica muestra los consumos en kWh/m² para este año por estrato.

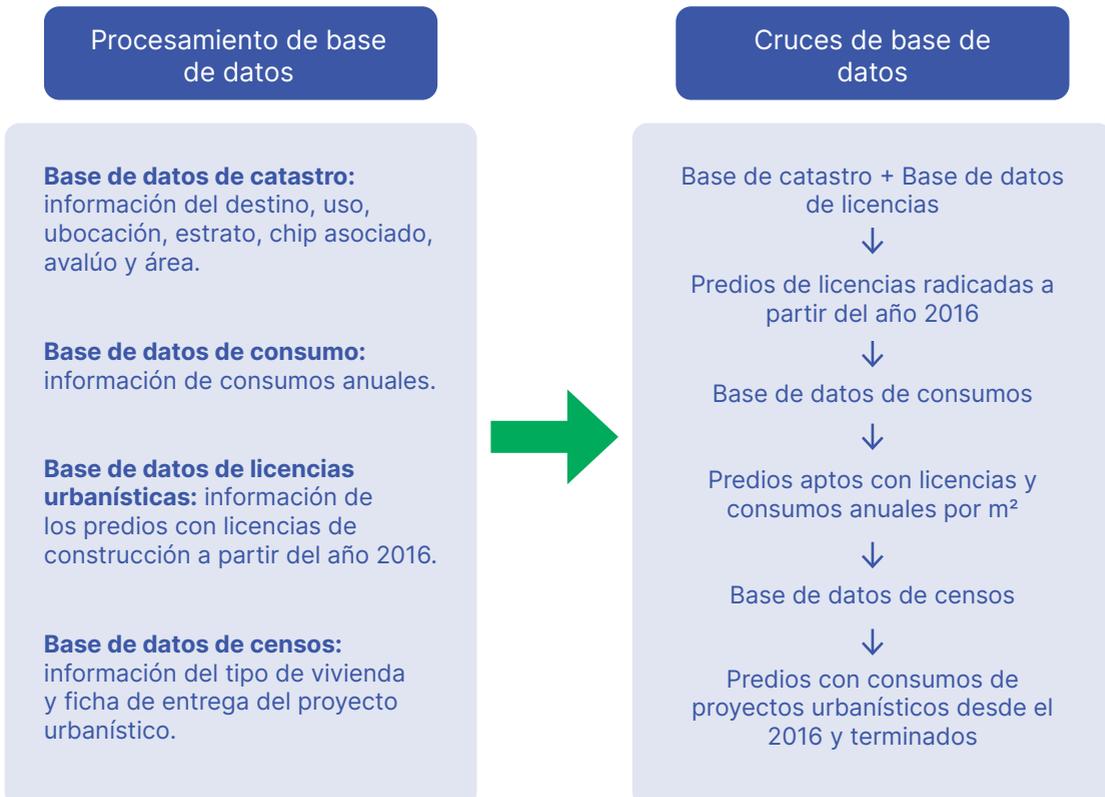
Gráfica 1. Consumos de línea base año 2015 para la ciudad de Bogotá



Fuente: Secretaría Distrital de Planeación, 2020

ESTIMACIÓN DEL AHORRO EN ENERGÍA ELÉCTRICA

El objetivo de esta etapa es determinar la diferencia entre el consumo de energía eléctrica antes de la aplicación de las medidas de construcción sostenible y después de su implementación. Para ello fue necesario realizar actividades de alistamiento de la información y diferentes cruces de bases de datos, los cuales fueron documentados en un protocolo. El resumen de los procesos llevados a cabo para el alistamiento y cruces se presenta a continuación:



El primer análisis se enfocó en hacer una aproximación bottom- up que considerará una evaluación de impacto inmueble por inmueble (por cuenta contrato de ENEL, con la llave de cruce del Chip). Como resultado se logró obtener 2810 inmuebles con datos de consumos de proyectos urbanísticos con licencias urbanísticas a partir del año 2016⁷ pero con una gran incertidumbre de si el proyecto fue entregado y habitado⁸. En este primer análisis no se lograron resultados confiables debido a que la llave de cruce usada, el Chip, presenta inconsistencias entre las bases de datos de ENEL y Catastro. Además, se identificó una barrera en la trazabilidad de los Chip madre (códigos originales o primarios, que mutan al construir una propiedad horizontal).

Se corrió un segundo análisis en el que se ajustó el protocolo de monitoreo, usando la llave de código del lote debido a que este está representado por un polígono en las bases de Catastro y permite el cruce con las coordenadas de los censos de CAMACOL. En total se contó con alrededor de 2,5 millones de registros de consumos de electricidad en viviendas y 1.120 proyectos constructivos censados, de los cuales 44 proyectos fueron construidos y entregados entre 2015 y 2020, de tipología VIS 12, no VIS 30 y VIP 2.

Al realizar el cruce de las coordenadas para asignar a cada proyecto el consumo de electricidad anual, se encontraron desplazamientos de los puntos XY por fuera de los polígonos de las bases de Catastro, lo que impide identificar el código del lote asociado y a su vez su consumo. Las pérdidas de información en esta segunda corrida fueron del 86%. En algunos casos las coordenadas coinciden con un polígono de vivienda en los que el cruce de área construida (proveniente de la base de Catastro) no es coherente con el consumo, generando datos atípicos que no pudieron ser validados por los analistas. Solo se logra tener con exactitud el consumo de 6 proyectos, 4 no VIS y 2 VIS en las localidades de Suba, Usaquén, Engativá, Rafael Uribe, San Cristóbal y Engativá.

Considerando que según las estadísticas del DANE (2022) en el primer semestre del año 2022, el 60% de los licenciamientos fueron otorgados a viviendas VIS y ante la imposibilidad de contar con datos de representativos para toda la ciudad, se decide incluir a las viviendas VIS en el análisis, aunque la implementación de la resolución es optativa en este segmento de vivienda.

7. De acuerdo las fechas de radicación de licencias de construcción de las Curadurías.

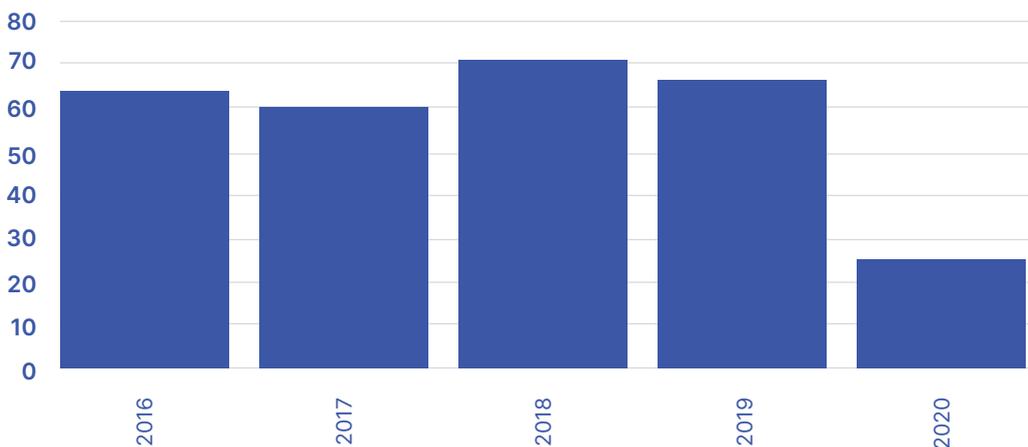
8. Las bases de datos de las licencias urbanísticas incluyen diferentes estados del trámite, por ejemplo, una licencia puede ser aprobada, prorrogada, modificada, derogada, etc., durante estos procesos un proyecto puede tomar hasta años en el trámite más no asegura que el proyecto constructivo haya terminado su ejecución.

ESTIMACIÓN DE AHORRO EN CARBONO

De acuerdo con la metodología seleccionada, la estimación de las emisiones de GEI se realiza aplicando el factor de emisión de del Sistema Interconectado Nacional⁹ a los ahorros de energía eléctrica anuales por estrato y segmento. Este factor de emisión cuantifica las emisiones de GEI que se liberan por producir una unidad de energía eléctrica de acuerdo con las características de cadena eléctrica del país.

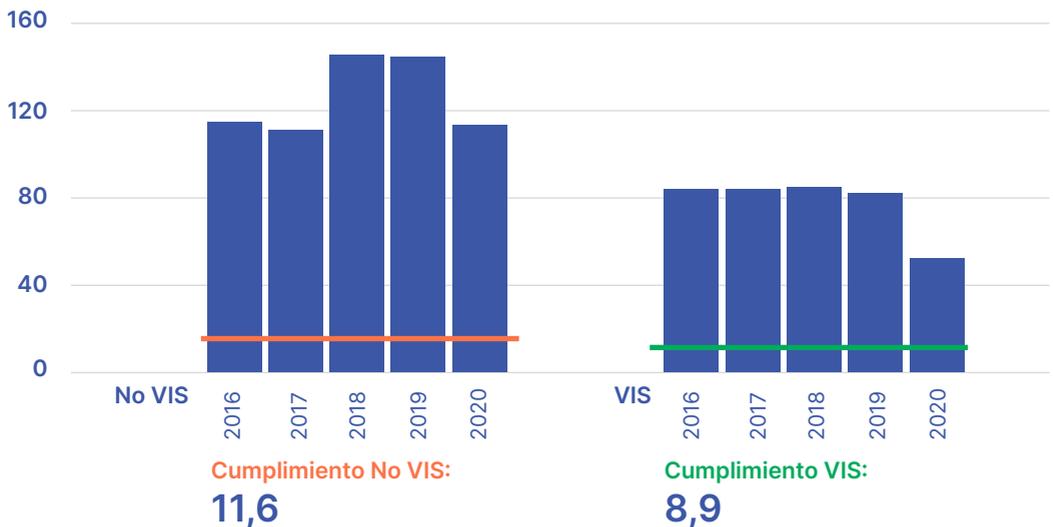
Los ahorros fueron calculados para dos escenarios, el primero considerando la información de la SDP de los consumos del año 2015 para la ciudad de Bogotá y la segunda teniendo en cuenta la línea base y los porcentajes de ahorro para clima frío de la actual Resolución 549 de 2015. Este último resulta en ahorros que superan en gran medida los niveles de ahorro de la resolución. El año 2020 se considera un año atípico por las condiciones de emergencia sanitaria que ocurrieron.

Ahorros en kWh/m² Línea base año 2015



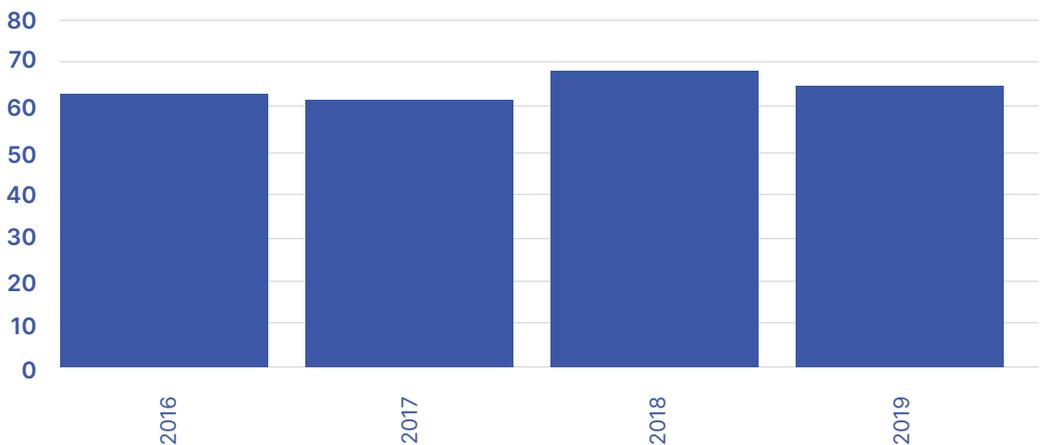
9. <https://www1.upme.gov.co/siame/Paginas/calculo-factor-de-emision-de-Co2-del-SIN.aspx>

Ahorros en kWh/m² Línea base Res 549



Con el fin escalar este piloto a otras regiones del país se elaboró una calculadora de carbono que facilita el cálculo de reducciones de GEI¹⁰. A partir de su uso en este piloto, se obtuvo que en comparación con la línea base del año 2015, durante los años 2016 al 2019 las 6 edificaciones evaluadas redujeron sus emisiones en 259 tonCO₂e.

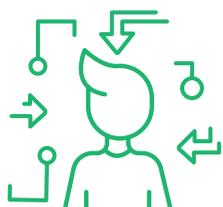
Reducciones de GEI (tonCO₂e/año)



10. La herramienta está disponible en:

RECOMENDACIONES

Actores y cooperación



- La efectiva operatividad de las actividades de MRV y la futura sostenibilidad de la medición requiere generar un espacio interinstitucional, mesa de trabajo o consejo, que tenga por objetivo la investigación y mejora del seguimiento a los indicadores de agua y energía. Este espacio debe ser construido con actores clave como SDP, CCCS, CAMACOL, ENEL, Catastro y SDA y se debe basar en instrumentos normativos distritales que dicten objetivos, roles y responsabilidades en las actividades de MRV que beneficien la articulación, intercambio de información y operatividad de las mediciones. El escalamiento a nivel nacional puede tener mayor viabilidad con un actor transversal que pueda articular el sector público y privado, como el DNP con el observatorio de ciudades. Desde esta visión nacional se deben evaluar los recursos actuales necesarios para llevar a cabo las mediciones y las brechas de fi-

nanciamiento de las proyecciones de funcionamiento de los MRV en las diferentes ciudades.

- Se hace necesario poder establecer convenios de alto nivel entre las entidades distritales o municipales y las empresas de servicios públicos, con el fin de garantizar el suministro continuo y confiable de la información de consumos, a nivel de edificación y de suscriptor.
- Identificar los co-beneficios que permitan generar interés en los actores e integrar mejor a los procesos de seguimiento de la resolución.

Arreglos a instrumentos públicos



- Se requiere contar con información detallada de las medidas pasivas y activas implementadas en los proyectos constructivos. Una opción viable es recolectar la información por medio del formato de licencias urbanísticas de la Curadurías de la ciudad o del censo que se realiza a través de

la herramienta Coordinada Urbana de CAMACOL. La información detallada se relaciona con el uso de sistemas mecánicos o eléctricos eficientes, así como la implementación de energías renovables en sitio y los aspectos de diseño arquitectónico.

- Se recomienda al MVCT evaluar la viabilidad de incluir la obligatoriedad de cumplimiento de los porcentajes de ahorro a las viviendas VIS y VIP siendo las primeras, el segmento con mayor número de licencias en la ciudad (60% de las licencias de construcción en el año 2022).
- Se recomienda al MVCT evaluar la viabilidad de reglamentar la medición de los impactos de la Resolución 549 de 2015, en especial la estandarización y entrega oportuna de la información de consumos de las empresas de servicios públicos.
- Se recomienda al MVCT y al MADS impulsar una segunda fase del piloto en el que se integre un nivel desagregación menor en el horizonte local (monitoreo a medidas particulares en los proyectos constructivos) y un nivel de agregación en el horizonte regional que permita definir la metodología de cálculo para el seguimiento a la meta de mitigación de la NDC. Así como los mecanismos de verificación de las mediciones de impacto y los costos asociados.

Sobre análisis al consumo de gas



- Aunque en el marco de la Resolución 549 de 2015 solo se tiene alcance para ahorros en agua y energía, se recomienda ampliar la evaluación de impacto a los consumos de gas natural, de acuerdo con los datos de emisión de GEI representan el 6% de las emisiones totales del sector residencial.

Sobre análisis al ahorro de agua



- Para el caso de los ahorros de agua en las edificaciones se recomienda realizar un análisis a partir de la información de equipos de bombeo y las características de las edificaciones.

Técnicos y metodológicos



- Por las condiciones de pandemia los resultados del año 2020 son considerados datos atípicos, se recomienda en análisis posteriores descartar este año en el análisis o aplicar un factor de ajuste que normalice la serie de datos. En este sentido, es posible que los hábitos de consumo en las edificaciones se hayan modificado en los años posteriores por efectos de la pandemia, debido al incremento en el número de personas que pasaron a trabajar en casa.
- Es necesario ajustar el código del lote en la base de datos de ENEL y adicionarlo a la base de datos de censos de CAMACOL. Este código debe consolidarse la llave variable identificadora y llave única que permita realizar todos los cruces necesarios para lograr una integración confiable de la información.
- Se recomienda desarrollar para una segunda fase del proyecto piloto, la caracterización de las edificaciones que cuentan con sistemas de certificación con el fin de validar los impactos esperados a partir de los porcentajes de aumento en la eficiencia de consumo asociadas a las proyecciones de diseño. Para desarrollar esta fase se recomienda trabajar de la mano con las organizaciones certificadoras.
- Generar orientaciones metodológicas para la generación y ajuste de líneas base, con el fin de incluir por ejemplo cambios en tecnologías que potencialmente ahorran energía (paneles solares u otras renovables) o mejoras en la información disponible. Si no se incorporan estos cambios en las líneas de base, se producirán sobreestimaciones significativas de las emisiones.
- Desarrollar investigaciones que permitan conocer y modelar los efectos rebote en diferentes estratos o segmentos e incluir focus group para determinar patrones o hábitos de consumo.

BIBLIOGRAFÍA

Banco Mundial. 2022. (11 de Septiembre, 2022) *What You Need to Know About the Measurement, Reporting, and Verification (MRV) of Carbon Credits.* <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2022/07/27/what-you-need-to-know-about-the-measurement-reporting-and-verification-mrv-of-carbon-credits>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2022. *Estadísticas de edificación según Licencias de Construcción por áreas, unidades, y Licencias aprobadas para vivienda en Bogotá 2005-2022 acorde al dane.* <https://www.sdp.gov.co/gestion-estudios-estrategicos/informacion-cartografia-y-estadistica/repositorio-estadistico/estadisticas-de-edificacion-licencias-de-construccion-dane%5D>

Demographia. 2022. *Demographia world urban areas. Built Up Urban Areas or World Agglomerations. 18th annual edition. July 2022.* <http://www.demographia.com/db-worldua.pdf>

Global Environmental Facility (gef). 2008. *Manual for calculating ghg benefits of gef projects: energy efficiency and renewable energy projects.* <https://www.thegef.org/council-meeting-documents/manual-calculating-ghg-benefits-gef-projects-energy-efficiency-and>

IDEAM, Fundación Natura, PNUD, MADS, DNP, Cancillería. 2022. *Inventario Departamental de Gases Efecto Invernadero y Carbono Negro - 2018. Tercer Informe Bienal de Actualización de Cambio Climático de Colombia.* IDEAM, Fundación Natura, PNUD, MADS, DNP, Cancillería, FMAM. Bogotá D.C., Colombia.

IDEAM, Fundación Natura, PNUD, MADS, DNP, Cancillería. 2021. *Tercer Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (cmnucc) - IDEAM, Fundación Natura, PNUD, MADS, DNP, Cancillería, fmam.* Bogotá D.C., Colombia.

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2022. *Climate Change 2022 Mitigation of Climate Change. Full Report. Working Group III Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report (AR6 WG III). Pag 135.* https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_Full_Report.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS. 2020a. *Portafolio de medidas sectoriales de mitigación del cambio climático. Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Colombia 2020.* <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/portafolio-de-medidas-sectoriales-de-mitigacion-de-cambio-climatico-contribucion-determinada-Colombia-ndc-2020.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS. 2020b. *Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC).* <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/informe-actualizacion-contribucion-determinada-Colombia-ndc-2020.pdf>

MADS, GIZ, WRI, 2017. *Documento Nacional del Sistema de Monitoreo Reporte y Verificación MRV para Colombia*. Bogotá D.C.

Ministerio de Trabajo. 2016. *Metodología para mapeo de actores locales y espacios de discusión a nivel territorial en el marco del trabajo decente*. <https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/58505103/Metodologia+Mapa+de+Actores+Clave++y+Espacios+de+Discusi%C3%B3n.pdf>

Organización Latino Americana de Energía olade. 2018. *MRV Methodology For Energy Efficiency Implementation Measures In Commercial And Public Buildings For Countries Of The Caribbean Region*. <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0420.pdf>

Resolución 549 de 2015 [Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio]. Por la cual se reglamenta el Capítulo 1 del Título 7 de la parte 2, del Libro 2 del Decreto 1077 de 2015, en cuanto a los parámetros y lineamientos de construcción sostenible y se adopta la Guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones. 10 de julio de 2015.

Resolución 1874 de 2019 [Secretaría Distrital de Planeación]. Por la cual se adopta el Protocolo de Implementación para el cumplimiento de los porcentajes de ahorro en agua y energía para la ciudad de Bogotá d.C., establecidos en la Resolución 549 de 2015 del Ministerio de Vivienda, ciudad y Territorio, y se dictan otras disposiciones. 23 de septiembre de 2019.

Savage Grant T., Nix Timothy W., Whitehead Carton, and Blair John D. 1991. *Strategies for assessing and managing organizational stakeholders*. Texas Tech University. https://www.researchgate.net/publication/233735907_Strategies_for_Assessing_and_Managing_Organizational_Stakeholders
Secretaria Distrital de Ambiente. s.f Acciones de mitigación. <https://ambientebogota.gov.co/es/edificaciones>

Secretaría Distrital de Planeación. 2020. *Informe de resultados sobre los indicadores de consumo de agua y energía eléctrica en Bogotá 2012- 2019*. https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/informe_final_agua_y_energia-ajustebandera.pdf

United Nations. s.f. *For a livable climate: Net-zero commitments must be backed by credible action*. <https://www.un.org/en/climatechange/net-zero-coalition>

World Green Building Council. 2022. *The Net Zero Carbon Buildings Commitment*. <https://www.worldgbc.org/thecommitment>

Zusman Eric. 2013. *Chapter 12 Buildings: A Comparative Analysis of MRV Methodologies*. En *Policy Report No. 2012-03 Measurement, Reporting and Verification (MRV) for low carbon development: Learning from experience in Asia* Institute for Global Environmental Strategies. Institute for Global Environmental Strategies (IGES). https://www.files.ethz.ch/isn/161422/MRVPolicyReport_ENG_web.pdf

RECOMENDACIONES PARA LA MEDICIÓN DE SOSTENIBILIDAD DE LAS CIUDADES A PARTIR DE UN PILOTO DE MRV DE REDUCCIONES DE CARBONO EN EDIFICACIONES NUEVAS