



PROTOCOLO PARA EL MONITOREO DE REDUCCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA RES. 549 DE 2015

Producto del Piloto de Monitoreo, Reducción y Verificación de reducciones de carbono para las medidas de construcción sostenible en la ciudad de Bogotá.

Noviembre 2022.



INTRODUCCIÓN

Tipo de actividades de mitigación: Implementación de **medidas activas** como la instalación de equipos eficientes para la iluminación, ascensores, cocción, aire acondicionado, bombeo de agua, entre otros, y se pueden generar estrategias de integración de energías limpias como la instalación de paneles solares, colectores solares, etc., que buscan reducir el consumo de energía proveniente del Sistema Interconectado Nacional. También considera medidas en el diseño arquitectónico que no incluyen equipos, pero tienen efectos en el consumo de energía de las edificaciones denominadas **medidas pasivas**. La descripción de las medidas pasivas y activas de eficiencia energética son descritas en la Guía de Construcción Sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones desarrollada en el marco de la resolución 549 de 2015.

Tipo de medida de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI): Reducciones de dióxido de carbono equivalente en los ahorros en energía eléctrica por la implementación de medidas de eficiencia energética activas (equipos) y medidas de diseño pasivo (diseño arquitectónico).

No se cuantifica en este protocolo: Los ahorros en consumo de agua en las edificaciones no tienen reducciones directas de gases de efecto invernadero (GEI), debido a que la generación de GEI en aguas residuales domésticas está determinada por la magnitud de la materia orgánica del agua residual, más no por el volumen de agua consumido en un tiempo determinado.

ALCANCE Y APLICABILIDAD

El alcance de este protocolo incluye la medición de la mitigación de Gases de Efecto Invernadero por la implementación de medidas de eficiencia energética activas y pasivas en edificaciones nuevas, construidas a partir del año 2016.

Este protocolo es aplicable a las edificaciones de la ciudad de Bogotá que implementen las consideraciones de la Guía de Construcción Sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones correspondiente al Anexo 1 de la Resolución 549 de 2015 por la cual se establecen porcentajes mínimos y medidas de ahorro de agua y energía en edificaciones nuevas de acuerdo a la Guía de construcción sostenible.

En la siguiente tabla los estándares de ahorro y su aplicabilidad por tipo de edificación.

Tipo de edificación	Aplicabilidad	Ahorros energéticos respecto a línea base clima frío
Hoteles	Más de 50 habitaciones	20%
Hospitales	Área igual o mayor a 5.000 m ² , excluyendo estacionamientos	35%
Oficinas	Área superior a 1.500 m ² , excluyendo estacionamientos	30%
Centros comerciales	Área total construida mayor a 6.000 m ² , excluyendo estacionamientos	25%

Tipo de edificación	Aplicabilidad	Ahorros energéticos respecto a línea base clima frío
Educativos	Más de 1.500 alumnos	45%
Vivienda no vis	Todas, a partir de estrato 3	25%
Vivienda de interés social (vis)	Todas	20%
Vivienda de interés prioritario (VIP)	Todas	15%

La aplicabilidad de este protocolo incluye la medición indirecta¹ de ahorros de energía eléctrica en edificaciones a partir de información secundaria de consumos energéticos agregados (método prescriptivo²), más no la medición directa de consumos de energía en los equipos de las edificaciones o modelaciones energéticas de las características constructivas y arquitectónicas (método de desempeño³).

Este protocolo no considera una medición particular e individual a las medidas activas y pasivas que se hayan aplicado sobre las edificaciones, tampoco los hábitos de consumo de energía y agua de los habitantes de la edificación. Las áreas de los proyectos constructivos incluyen las zonas comunes, como parqueaderos, salones comunales, pasillos, etc.

1. Indirectas en el sentido que no se realizan inventarios energéticos in situ de las edificaciones, se realiza un cálculo a partir de información agregada de consumo de electricidad.

2. Proporciona un conjunto de medidas específicas para cada tipo de edificación con las cuales se garantizan el cumplimiento de los estándares de ahorro de agua y energía de la Resolución 549 de 2015.

3. Modelaciones energéticas y cálculos de consumo a partir de la selección de medidas de eficiencia y conceptos de diseño para un proyecto constructivo.

DEFINICIONES

Construcción sostenible:

De acuerdo con el conpes 3919 de 2018, una edificación sostenible es aquella que hace uso de energía, agua y materiales de un modo eficiente, en sincronía con el sitio y provee confort y salud a sus usuarios. Lo anterior alcanzado gracias a un proceso de diseño consciente del clima y la ecología del entorno donde se construye la edificación.

Edificaciones:

La definición de edificaciones sostenibles es amplia y cubre un amplio rango de aspectos, pero el alcance de este protocolo contempla únicamente el conjunto de medidas pasivas y activas, en diseño y construcción de edificaciones, que permiten alcanzar los porcentajes de ahorro de agua y energía señalados en la resolución 549 de 2015, expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Edificaciones: Según la Ley 400 de 1997 una edificación es una construcción cuyo uso primordial es la habitación u ocupación por seres humanos. Esto incluye todas las construcciones de tipo residen-

cial, oficinas, hospitales, hoteles, centros comerciales, educativos, entre otras.

Edificaciones residenciales: todas las edificaciones cuyo uso sea Habitacional. Entre ellas, se diferencian la vivienda de interés social (vis), vivienda de interés prioritario (vip), y la vivienda no vis.

Eficiencia energética: La eficiencia energética es la práctica de utilizar menos energía para suplir los mismos requerimientos operacionales y funcionales. Consiste en incorporar estrategias pasivas y activas en los proyectos de construcción con miras a reducir los consumos en la operación. La eficiencia energética es una estrategia fundamental para reducir los costos de mitigar las emisiones de gases efecto invernadero que se generan durante los diferentes procesos a lo largo del ciclo de vida de las edificaciones, siendo más costo eficiente en el consumo de energía y promoviendo el desarrollo social y económico. El resultado es una economía con reducción de emisiones, menor contaminación y mayor seguridad energética.

Gases de efecto Invernadero (GEI):

Componentes gaseosos de la atmósfera, naturales y antropogénicos, que absorben y reemiten radiación infrarroja de acuerdo con las definiciones de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático.

Línea base:

Escenario que representa las emisiones de GEI que se producirían en ausencia de una acción que busque reducir los GEI.

Medidas activas:

Comprenden el uso de sistemas mecánicos o eléctricos para crear condiciones de confort al interior de las edificaciones, tales como calderas y aire acondicionado, ventilación mecánica, iluminación eléctrica, entre otras.

Medidas pasivas:

Son aquellas que se incorporan al diseño arquitectónico de las edificaciones y propenden por el aprovechamiento de las condiciones ambientales del entorno, maximizando las fuentes de control térmico, ventilación y reducción energética para crear condiciones de confort para sus ocupantes, entre ellas se consideran el clima, localización, paisaje, orientación, forma, protección solar, selección de materiales constructivos, masa térmica, aislamiento, diseño interior y la ubicación de las aperturas para el manejo de acceso solar, luz natural y ventilación.

Mitigación al cambio climático:

Acciones implementadas para la reducción de emisiones, evitar emisiones, remover o capturar GEI de la atmósfera.

Monitoreo de reducciones:

Son los procesos de recolección, análisis y seguimiento de la información a través del tiempo y en el espacio, para suministrar información sobre las emisiones, reducciones o remociones de GEI.

Metodología de cálculo de reducciones:

Para el cálculo de las emisiones de GEI se opta por aplicar el método de factores de emisión que se encuentran en las directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático para inventarios de GEI⁴ y la metodología del Manual para calcular los beneficios de GEI de proyectos GEI: proyectos de eficiencia energética y energías renovables⁵. La estimación factores de emisión consiste en combinar la información sobre el alcance hasta el cual tiene lugar una actividad humana, denominado datos de la actividad o AD, del inglés *activity data*, con los coeficientes que relacionan las emisiones por actividad unitaria, factores de emisión (EF, del inglés, *emission factors*).

Reducciones de CO₂e = Ahorro_{j,i} × 0,001 × A_j × FE

Reducciones de CO₂e: cantidad de dióxido de carbono equivalente en toneladas en un año

Ahorro: diferencial del consumo de electricidad por metro cuadrado entre dos años de evaluación para un proyecto j y un mismo año i, en kWh/m²

A: área en metros cuadrados de la edificación del proyecto j, en m²

FE: factor de emisión, relación de generación de dióxido de carbono por cada unidad energética en ton CO₂e/MWh.

j: proyecto urbanístico con licencia de construcción posterior al año 2016 y en estado terminado y entregado

i: año de los consumos evaluados, serie de tiempo de los datos disponibles.

Ahorro= Consumo base - Consumo evaluación_{j,i}

Ahorro: diferencial del consumo de electricidad por metro cuadrado entre dos años de evaluación para un proyecto j y un mismo año i, en kWh/m²

Consumo base: consumo de electricidad por metro cuadrado del año base o de la línea base definida, consumo de comparación que representa el comportamiento antes de implementar medidas pasivas o activas a los proyectos constructivos, en kWh/m²

Consumo evaluación: consumo de electricidad por metro cuadrado del proyecto constructivo j y del año de la evaluación i, en kWh/m²

j: proyecto urbanístico con licencia de construcción posterior al año 2016 y en estado terminado y entregado

i: año de los consumos evaluados, serie de tiempo de los datos disponibles.

4. Disponible en: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol1.html>

5. 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>

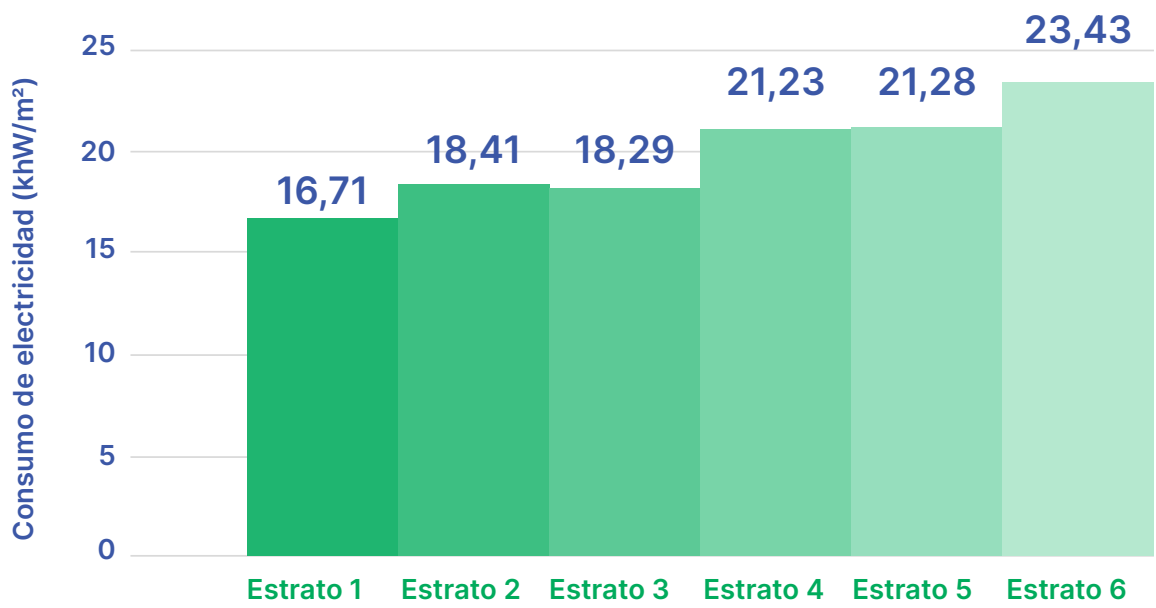
Consumo base

Se toma el estudio de indicadores de consumo de agua y energía eléctrica en Bogotá 2012-2019 de la Secretaría Distrital de Planeación de la Dirección de Estudios Macro. En este se realizó el procesamiento de información de consumos de electricidad usando las bases de datos de consumos de enel, la base catastral 2020 y la base de datos de licencias urbanísticas para determinar indicadores de consumo históricos para la ciudad.

De acuerdo con este informe, el comportamiento del indicador anual del consumo de energía (kWh/m²) en las edificaciones residenciales por estrato antes de la entrada en vigencia de la Resolución 549 de 2015 es relativamente uniforme, las variaciones interanuales por estrato oscilan entre 0,05 y 0,06 kWh/m², esto sugiere que entre los años 2012 a 2015 los consumos han sido relativamente uniformes en el tiempo.

Por lo tanto, es viable considerar como punto de partida los consumos de electricidad del año 2015 como dato de actividad base.

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



Fuente: Secretaría Distrital de Planeación, 2020

Consumo de evaluación

El monitoreo de las reducciones de GEI de los ahorros de energía eléctrica generados por la implementación de medidas activas y pasivas para el ahorro de energía eléctrica en edificaciones nuevas de Bogotá a partir del año 2016 requiere la siguiente información:

Bases de datos catastrales: es el compendio de la información alfanumérica y gráfica referente a los aspectos físicos, jurídicos y económicos de los predios inscritos en Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital⁶.

Bases de datos de consumos de electricidad: información de facturación de energía eléctrica de los predios del Distrito por tipo de uso y año entregada por la empresa ENEL prestadora del servicio de electricidad en la ciudad.

Bases de datos de censos a edificaciones: comprende la agrupación de información de operación estadística del Censo de Coordinada Urbana de la Cámara Colombiana de Construcción – CAMACOL con la caracterización por estado de obra, destino y uso, y ubicación geoespacial de las construcciones de la ciudad de Bogotá.

Bases de datos de licencias de construcción: información agregada de las Curadurías de la ciudad de Bogotá con el detalle del estado de las licencias urba-

nísticas y fechas de aprobación, aclaración, prorrogación, aplazamiento, negación o modificación.

Tomando la información del Protocolo de procesamiento de bases de datos de Agua y Energía eléctrica en Bogotá 2012-2019 de la Subdirección de Estudios Macro de la Secretaría Distrital de Planeación, se realizó una adaptación al esquema metodológico de preparación de información, a continuación, se presenta el resultado y el desarrollo de cada etapa.

6. <https://www.catastrobogota.gov.co/glosario-catastral/base-de-datos-catastral>

1 Procesamiento de bases catastrales

Base de datos predial

Bases de datos de calificaciones

Variable indicadora: código catastral de lote

Base de datos a nivel predio con información del destino, uso, ubicación, chip asociado, avalúo y área. Debe haber una observación de predio y tipo de uso del predio.

2 Procesamiento de bases de datos de consumo

Consumos de electricidad

Variable indicadora: código catastral de lote

Base de datos a nivel predio con información del destino, uso, ubicación, chip asociado, avalúo y área. Debe haber una observación de predio y tipo de uso del predio.

3 Procesamiento de bases de datos de licencias

Variable indicadora: código catastral de lote

Base de datos a nivel predio con información del destino de la licencia. Contiene la fecha de radicación de la licencia, a partir del 2016 las licencias aplican la resolución 549 de 2015. Debe ser una observación por código de lote.

4 Procesamiento de bases de datos de censos

Variable indicadora: coordenada geográfica

Base de datos que compila el estado de las construcciones nuevas. Debe haber una observación por coordenada y construcción terminada/entregada.



Llave: código catastral del lote

Base de datos resultante: base de predios con licencias radicadas posteriores a 2016 = Base de licencias aptas.



Llave: código catastral del lote

Base de datos resultante: base de predios con licencias apartir de 2016 y consumos anuales y consumos por área = **Base de consumos de construcciones**



Llave: coordena da geográfica

Base de datos resultante: base de predios con licencias apartir de 2016, consumos y construcciones en operación = **Base de consumos de construcciones en operación**

4 Base de datos de consumos de construcciones en operación

Evaluación de impacto en ahorros

Evaluación de reducciones en GEI

Consumo base

Existen dos bases de datos catastrales, una contiene información de tamaños y avalúos a nivel unidad predial en Bogotá y la otra contiene calificaciones de los predios. La calificación es el reconocimiento catastral de un cambio físico visible en una edificación, y puede hacerse para un predio completo o a una porción del predio. La información de ambas bases de datos está disponible desde 2012 hasta el 2018.

Base de datos de predios: contiene información de la localización de la unidad predial, el chip asociado, avalúo y tamaño (m²). La unidad de observación en esta base de datos es el chip o la cédula catastral (cada cédula o código catastral tiene un chip único).

La cédula catastral se compone de:

- Código de barrio (6 dígitos)
- Código manzana (2 dígitos)
- Código de lote (2 dígitos)
- Código de edificación (2 dígitos)
- Código de predio o unidad predial (3 dígitos)

Base de datos de calificaciones: contiene información del tamaño de cada calificación de la unidad predial (m²), el uso y la antigüedad. La unidad de observación son las calificaciones de la unidad predial. La unidad predial puede tener una única calificación o múltiples calificaciones, en caso de que haya sido construido en diferentes momentos en el tiempo (con licencias de ampliación), o si tiene diferentes usos.

Importación de bases de datos de predios

PASO 1

Las bases de datos están en formato texto (txt). El procesamiento de éstas se programó en Stata y en la importación se convierten a formato dta.

Depuración de bases de datos de predios

PASO 2

Eliminar variable objectid (esta variable corresponde a un identificador espacial que sale de la exportación de las bases catastrales desde ArcGis, sin embargo, no es relevante para el procesamiento e impide identificar duplicados). Verificar que no haya observaciones duplicadas en ninguna de las dos bases de datos. En caso de haber duplicados, deben eliminarse.

PASO 3

Estandarizar los nombres de las variables que identifican la observación: código del barrio, código de la manzana, código del predio, entre otros. Nota: En esta base de datos los nombres con el que se reportan las variables no son consistentes con las definiciones de estos.

En este sentido debe tenerse en cuenta la siguiente correspondencia:

- “Código de Predio” corresponde al código del lote
- “Código de Construcción” corresponde al código del edificio
- “Código Resto” corresponde al código del predio

PASO 4

Eliminar observaciones que no contengan Chip o código de barrio y verificar que no hayan quedado chips u observaciones duplicadas (en caso de haber duplicados, eliminarlos).

Depuración de bases de datos de calificaciones

PASO 5

Reclasificación de usos. Esta información de uso corresponde al uso reportado en la licencia o a la verificación de catastro del uso del predio (la codificación de usos se encuentra en las bases de datos del ideca). Como parte de este proyecto se definió que para los predios que tienen más de un uso asociado, se determinaría el uso específico prioritario utilizando el uso que corresponde a la mayoría del área del predio. A continuación, los códigos de uso que corresponden a cada categoría de interés:

- Residencial: 1 | 2 | 37 | 38
- Centro comercial: 6 | 7 | 41 | 42 | 94 | 95
- Oficinas: 5 | 20 | 45 | 80 | 81 | 82 | 92
- Hoteles: 21 | 26 | 27 | 46
- Instituciones educativas: 13 | 16 | 35 | 64
- Instituciones de salud: 17 | 43

PASO 6

Para calificaciones del mismo predio y uso específico, sumar el área (m²) que le corresponde y mantener una única observación.

PASO 7

Debido a que esta base de datos está a nivel de calificaciones y un mismo predio puede tener más de una calificación, se debe cambiar la estructura de la base de datos para organizarla de tal manera que haya solo una observación por cada predio que contenga la información de cada calificación (en columnas). Este cambio de estructura se hace para cada variable de uso, es decir, se crea una variable que contiene la cantidad de metros cuadrados usados en el predio para cada categoría de uso. Este procesamiento debe realizarse para cada una de las bases de calificaciones desde 2012 hasta 2018.

PASO 8

Crear un panel con la información de calificaciones del predio año a año, desde 2012 hasta 2018. Este panel debe contener el uso prioritario del predio cada año y el área (m²) correspondiente a ese uso durante ese año.

Unir información de base predial con base de calificaciones**PASO 9**

Unir base de predios con base de calificaciones procesadas a través de la cédula catastral. La base de datos resultante contiene información agregada por unidad predial del avalúo, tamaño del terreno (m²), tamaño de la construcción (m²) y metros cuadrados usados en cada categoría de usos definida en el proyecto (año a año desde 2012 hasta 2018).

Procesamiento de bases de consumo

PASO 1

La base de datos de facturación eléctrica contiene número de cuenta que están asociados a diferentes usos⁷ (residencial, comercial, industrial etc.) se agregan los datos de facturación mensual a un valor anual para cada número de cuenta, uso y estrato.

PASO 2

Con el uso de la capa en ArcGIS de código de lote catastral se cruza el número de cuenta.

PASO 3

Con los resultados del paso 2 se verifica en la base catastral el uso de cada código de lote y su área. Se cruzan las bases de datos con la llave código del lote y se obtiene el consumo anual por uso. Para validar las áreas del uso residencial, se divide el consumo residencial en el área de este uso por cada código de lote.

PASO 4

Para validar los demás usos, se usa las bases catastrales con áreas superiores a 5.000 m², se valida en la bases de facturación que estos no tengan estrato o usos diferentes a los comerciales o educativos. En el caso de hoteles, se presentan inconsistencias por la que son considerados en la base de consumos dentro de un grupo más grande “comerciales”, donde se integran oficinas, hoteles, centros comerciales, etc. Existen además casos de múltiples usos que imposibilitan desagregar el área para cada tipo.

7. Los tipos de usos en esta base de datos están asociados a las tarifas de facturación. Estas tipologías de uso no están alineadas con las tipologías de la resolución 549. Por ello en pasos posteriores se deben validar las tipologías y áreas entre las bases de datos.

Procesamiento de bases de datos de censo

La base de datos de Camacol contiene los registros de las visitas o censos a las edificaciones en construcción en Bogotá, para procesar esta base de datos se debe eliminar los duplicados dejando las edificaciones finalizadas. Tomar el dato de tipo de vivienda.

Cruce: Base de datos catastral y bases de datos licencias

Con la llave: Código de lote, se identifican los códigos con objeto de trámite “inicial”, tipo de trámite “licencia de construcción, modalidad “propiedad horizontal” y “obra nueva” y fecha de radicación posterior a el 10 de julio de 2016. Se obtiene una base de datos con los códigos de lote con las áreas y licencias aptas a partir de la fecha de entrada en vigencia de la aplicación de medidas.

Cruce: Base de consumos y base de licencias aptas

Con la llave: Código de lote, se identifican los consumos de los códigos de lote de las construcciones con licencias que aplican las medidas. Se obtiene una base de datos de consumos de construcciones

Cruce: Base de censos y base de consumos de construcciones

Con la llave: coordenadas geográficas (X, Y) se identifican las construcciones que finalizaron la construcción y entregaron el proyecto. Se obtienen una base de datos con los consumos de electricidad anuales de las construcciones entre el 10 de julio de 2016 y la fecha de corte del análisis.

Factores de emisión

El factor de emisión del Sistema Interconectado Nacional⁸ 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 y las dinámicas anuales ocurridas, se encuentra expresado en toneladas de CO₂ equivalentes por MWh. Se debe aplicar el factor de emisión aplicable para proyectos de eficiencia energética.

Cuando se tienen series de datos de ahorros para diferentes años y se busca comparar las reducciones en el tiempo se debe aplicar el mismo factor de emisión para toda la serie de datos, esto con el fin de excluir las reducciones o aumentos de carbono dadas por la configuración de matriz energética del SIN. A continuación, se tienen los factores de emisión para proyectos de eficiencia energética hasta la fecha.

Año	Factor de emisión	Fuente
2015	0,401 ton CO ₂ /MWh	<u>Resolución 843 de 2016 - UPME</u>
2016	0,367 ton CO ₂ /MWh	<u>Resolución 804 de 2017 - UPME</u>
2017	0,380 ton CO ₂ /MWh	<u>Resolución 774 de 2018 - UPME</u>
2018	0,381 ton CO ₂ /MWh	<u>Resolución 642 de 2019 - UPME</u>
2019	0,385 ton CO ₂ /MWh	<u>Resolución 383 de 2020 - UPME</u>

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

REFERENCIAS

Unidad de Planeación Minero Energético. *Cálculo del factor de emisión de CO2 del sin.* <https://www1.upme.gov.co/siame/Paginas/calculo-factor-de-emision-de-Co2-del-SIN.aspx>

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>

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.

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



PROTOCOLO PARA EL MONITOREO DE REDUCCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA RES. 549 DE 2015

Producto del Piloto de Monitoreo, Reducción y Verificación de reducciones de carbono para las medidas de construcción sostenible en la ciudad de Bogotá.

Noviembre 2022.

