

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

DETERMINACIÓN DE EMISIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) Y EL IMPACTO ECONÓMICO Y MEDIOAMBIENTAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL DE EL SALVADOR

APLICACIÓN EN SECTOR CONSTRUCCIÓN

DOCENTE INVESTIGADORA PRINCIPAL:
ARQ. EVA MARGARITA PINEDA LUNA

DOCENTE CO-INVESTIGADOR:
ING. GILMAR ANDRÉS RAMÍREZ AZAHAR

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL

ENERO 2021

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

DETERMINACIÓN DE EMISIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) Y EL IMPACTO ECONÓMICO Y MEDIOAMBIENTAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL DE EL SALVADOR

APLICACIÓN EN SECTOR CONSTRUCCIÓN

DOCENTE INVESTIGADORA PRINCIPAL:
ARQ. EVA MARGARITA PINEDA LUNA

DOCENTE CO-INVESTIGADOR:
ING. GILMAR ANDRÉS RAMÍREZ AZAHAR

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL

ENERO 2021

Rectora

Licda. Elsy Escolar SantoDomingo

Vicerrector Académico

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

Vicerrectora Técnica Administrativa

Inga. Frineé Violeta Castillo

Director de Investigación y Proyección Social

Ing. Mario W. Montes Arias

Dirección de Investigación y Proyección Social

Ing. David Emmanuel Ágreda Trujillo

Inga. Ingrid Janeth Ulloa de Posada

Sra. Edith Aracely Cardoza de González

Director de Escuela de

Ingeniería Civil y Arquitectura

Ing. Santos Jacinto Pérez Escalante

720.47
P649d

slv

Pineda Luna, Eva Margarita, 1989 -

Determinación de emisión de Dióxido de Carbono (CO₂) y el impacto económico y medioambiental en la construcción de viviendas de interés social de El Salvador [recurso electrónico] : aplicación en Sector Construcción / Eva Margarita Pineda Luna, Gilmar Andrés Ramírez Azahar. -- 1ª ed. -- Santa Tecla, La Libertad, El Salv. : ITCA Editores, 2021. 1 recurso electrónico (50 p. : il. col. ; 28 cm.)

Datos electrónicos (1 archivo : pdf, 5.1 Mb). –
<https://www.itca.edu.sv/produccion-academica/>
ISBN : 978-99961-39-72-7 (E-Book, pdf)

1. Construcción de viviendas. 2. Compuestos de Carbono. 3. Materiales de construcción. 4. Impacto ambiental. I. Ramírez Azahar, Gilmar Andrés, 1989-, coaut. II. Título.

BIN/jnh

Autor

Arq. Eva Margarita Pineda Luna

Co Autor

Ing. Gilmar Andrés Ramírez Azahar

Tiraje: 13 ejemplares

Año 2021

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA–FEPAD; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica, el sector empresarial y la sociedad, como un aporte al desarrollo del país. Para referirse al contenido debe citar el nombre del autor y el título del documento. El contenido de este Informe es responsabilidad de los autores.



Atribución-No Comercial
Compartir Igual
4.0 Internacional

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons. No se permite el uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, cuya distribución debe hacerse mediante una licencia igual que la sujeta a la obra original.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPAD

Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América

Sitio Web: www.itca.edu.sv

TEL: (503)2132-7423

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
2.1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	6
2.2.	ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA	7
2.3.	JUSTIFICACIÓN.....	8
3.	OBJETIVOS.....	8
3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	8
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
4.	HIPÓTESIS.....	8
5.	MARCO TEÓRICO	9
5.1.	RECURSOS NATURALES O AMBIENTALES	9
5.2.	TÉCNICAS DE LA VALORACIÓN ECONÓMICA	9
5.3.	DIÓXIDO DE CARBONO CO ₂	11
5.4.	EL IMPACTO AMBIENTAL Y LOS RECURSOS NATURALES.....	12
5.5.	VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL.....	14
6.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	15
7.	RESULTADOS	17
7.1.	AUMENTAN LAS EMISIONES DE CO ₂ EN EL SALVADOR	17
7.2.	¿POR QUÉ SE MIDE TODO EN CO ₂ EQUIVALENTE?	19
7.3.	CONSTRUCCIÓN Y EMISIONES CO ₂ A LA ATMÓSFERA.....	19
7.4.	METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA.....	21
7.5.	ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV) RESUMIDO	23
7.6.	ENERGÍA INCORPORADA (EI).....	24
7.7.	ENERGÍA OPERATIVA (EO)	25
7.8.	IMPORTANCIA DE LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN.....	26
7.9.	EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR CONSTRUCCIÓN	26
7.10.	LÍNEA BASE DE REFERENCIA Y SU IMPORTANCIA SEGÚN LA NORMA ISO 50001	27
7.11.	MANEJO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL SALVADOR	28
7.12.	MODELOS DE CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES DE CO ₂ PARA CONSTRUCCIONES	29
7.13.	MODELO DE CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO ₂ PRODUCIDAS EN EDIFICACIÓN DERIVADAS DE LOS RECURSOS MATERIALES CONSUMIDOS EN SU EJECUCIÓN.....	30

7.14.	RELACIÓN ENTRE LAS EMISIONES DE CO ₂ Y LA ENERGÍA INCORPORADA EN LA EDIFICACIÓN DE CONSTRUCCIONES	32
7.15.	EMISIÓN DE CO ₂ DE EDIFICIOS DE DIFERENTES TIPOS	33
7.16.	METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO SIMPLIFICADO DE EMISIONES DE CO ₂	35
7.17.	METODOLOGÍA A UTILIZAR EN LA INVESTIGACIÓN.....	40
7.18.	PROPUESTA DE PROCESO A SEGUIR PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE CO ₂	41
7.19.	FICHA TÉCNICA PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	43
8.	CONCLUSIONES.....	45
9.	RECOMENDACIONES	45
10.	GLOSARIO.....	46
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
12.	ANEXOS.....	49
12.1.	FICHA TÉCNICA CREADA	49

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, se están realizando proyectos de mejoras en diseño de edificaciones a nivel internacional y nacional, para optimizar sus recursos energéticos, considerando su distribución arquitectónica, tipo y calidad de los materiales de construcción, tomando en cuenta nuevos factores como la vida útil, el consumo de energía por material. Al mismo tiempo, esto es una tarea no solo para reducir el consumo de energía generada por tipo de edificación, sino también con un propósito macro, aportando a la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, objetivo N°13 “Acción por el clima”, y que es parte del objetivo principal del acuerdo de París, firmado por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Fundamentándonos en ello, tenemos una gran responsabilidad como país, como humanidad, para generar proyectos sostenibles, perdurables en el tiempo y que reduzcan el uso de energías. Por tanto, se procedió a brindar un aporte técnico y práctico que podría ser replicado en proyectos de construcción de viviendas dónde se pueda reducir el consumo de recursos energéticos, usando información teórica modelos de cuantificación de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) producidas en edificación derivadas de los recursos materiales consumidos en su ejecución.

El objetivo de este proyecto fue crear un informe técnico del valor económico y el impacto ambiental del dióxido de carbono (CO₂), que genera la construcción de las viviendas de interés social en El Salvador. Se procedió a reconocer terminología técnica sobre los diferentes factores que intervienen en el análisis de la relación de costos económicos y medioambientales. Luego se identificaron los modelos de cuantificación de Emisiones de CO₂ para construcciones. Finalmente se creó una herramienta para el levantamiento de información de tipo cualitativa y cuantitativa de viviendas, para la obtención de datos técnicos.

De acuerdo con lo investigado, se encontró que los materiales de construcción con mayores emisiones de CO₂ por kilogramo son el acero y el hormigón armado utilizado en las partes estructurales, así como el vidrio y losas para las envolventes, seguidos de la madera y el cemento, siendo el menor el hormigón premezclado, ladrillos rojos y arena. Los materiales de la construcción que menos contribuyen a la emisión de CO₂ asociadas a su fabricación, son los materiales que tiene menos procesamiento, los materiales del sitio y que se utilizan en su estado más natural dentro de las viviendas.

De este modo podemos contribuir al desarrollo de nuevas metodologías en el país, que servirán como fundamento para futuros proyectos de eficiencia energética para el buen uso de los recursos disponibles para construcciones sostenibles, obteniendo una base teórica para el desarrollo de futuros trabajos de investigación y/o ejecución de proyectos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad el área de la construcción es uno de los sectores de la industria que genera contaminación debido al uso de materia prima y procesos constructivos. En los últimos años, han surgido iniciativas a nivel mundial para que la industria de la construcción considere el respeto y la protección del medio ambiente en toda su cadena de valor. En distintos países existen estrategias de evaluación del impacto ambiental de las construcciones, que permiten observar la forma cómo se ha incorporado el concepto de sostenibilidad, entre las estrategias se encuentran el análisis por medio de indicadores del ciclo de vida, evaluación por medio de eco puntos o eco eficiencia y otros que, además, permiten determinar el cálculo del equilibrio entre el gasto económico y el beneficio ecológico. Teniendo presente los intereses y estrategias de la industria de la construcción, la visión de sostenibilidad se debería considerar en los ámbitos ambientales, económicos y sociales.

El costo medioambiental trata acerca del valor monetario que tiene la energía, el agua, suelo, y de los materiales que se utiliza para la fabricación o construcción de una vivienda. La cantidad de energía asociada a la fabricación de los materiales que componen una vivienda puede ascender, aproximadamente, a un tercio del consumo energético de una familia durante un periodo de 50 años. La reducción del impacto ambiental de este sector se centra en tres aspectos: el control del consumo de recursos, la reducción de las emisiones contaminantes, la minimización y la correcta gestión de los residuos que se generan a lo largo del proceso constructivo.

Los datos del área de la construcción de El Salvador, según el Banco Central de Reserva al cierre del 2018 muestran que este sector tuvo una variación anual del 6.6%, solo antecedido por el sector de Minas y Canteras, el cual registran todas las extracciones de piedra, arena y grava. Este sector tuvo un crecimiento interanual de 6.8% y también está relacionado a la construcción por ser el proveedor de todo el material básico para las edificaciones. El consumo aparente de cemento se disparó de 8.1% a 22.4%.

Como Escuela de Ingeniería Civil y Arquitectura de ITCA-FEPADE se presenta un documento con información técnica de definiciones de costos económicos y medioambientales de viviendas de interés social relacionadas a materiales, emisión de CO₂, modelos de cuantificación de emisiones CO₂, normativas nacionales e internacionales, ciclo de vida de materiales, entre otros factores que son determinantes para el diseño y toma de decisiones en la construcción de una vivienda.

2.2. ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA

A nivel mundial y nacional el tema de minimizar el daño o impacto de la construcción que el ser humano ocasiona en el medio ambiente se ha vuelto un campo de investigación de gran importancia, debido a esto cada vez son más las diversas investigaciones relacionadas a una construcción amigable al medio ambiente, sustentable o sostenible, pero todo eso recae siempre en dos grandes temas, la economía de las construcciones, quiere decir el valor monetario final, el costo de venta o inversión a realizar, y el impacto de la construcción al medio ambiente. Para medir el daño hay diversos factores a evaluar desde el aspecto de costo medioambiental, la emisión de CO₂ que emana cada material, la vida útil de la construcción, el mantenimiento que se debe de realizar, entre otros. Lo anterior es aplicable a cualquier tipo de En otros países se han realizado investigaciones de este tipo para poder comunicar al sector de la construcción de algunas recomendaciones o mejoras que se pueden realizar como por ejemplo en Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Los materiales en la construcción de vivienda de interés social / Díaz Reyes, Carlos Alberto; Ramírez Luna, Julia Aurora (Eds.), Aincol (textos). -- Bogotá, D.C. Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2011. 47 p. (Guías de Asistencia Técnica para Vivienda de Interés Social; no.: 2) “hoy en día el hombre debe encaminar su esfuerzo no sólo a la investigación y reglamentación que en esta materia se debe cumplir, sino que debe inclinarse por minimizar el impacto que en el medio ambiente se genera como producto de la extracción y manufactura de las materias primas (ciclo de vida) necesarias para la elaboración de los materiales. El 40% de los materiales extraídos de la naturaleza tienen relación directa con la actividad de la construcción, el 17% del consumo de agua y el 25% de la explotación de madera; utiliza entre el 40% y 50% de la energía que se produce y el 50% del consumo de combustibles fósiles. Considerando lo anterior; en esta guía se tratan temas relacionados con la adecuada selección de los materiales para la construcción de la vivienda de interés social”. [1]

Otra investigación realizada en México, el Centro Mario Molina (CMM), con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), ha realizado un estudio sobre las implicaciones ambientales y económicas de la localización de la vivienda. Las propuestas que se presentan son producto de la investigación que realizó el CMM en el periodo 2011–2013 como parte de la línea de investigación Vivienda sustentable; éstas incluyen los resultados de trabajo de campo, de modelado y de análisis estadístico. La finalidad de este estudio es proponer una metodología que genere información útil para guiar y facilitar la toma de decisiones en política pública de vivienda y desarrollo urbano en México. [2] De esta manera ITCA-FEPADE, estaría aportando al sector de la construcción en investigaciones que benefician a la población en general y específicamente conocer como minimizar el impacto que se tiene

sobre el medio ambiente en el país.

2.3. JUSTIFICACIÓN

Como instituciones educativas y ONG, se ve la necesidad que en nuestro país se empiece a tomar en cuenta el costo medio ambiental que genera la construcción de viviendas de interés social, ya que a nivel mundial este tema está siendo investigado y desarrollado en diferentes aspectos de la construcción desde carreteras, edificios, viviendas; dado que se desea minimizar el impacto que como sector de la construcción realizamos al modificar el medio ambiente.

Al desarrollar un informe, donde se articule diferente información nacional como internacional de los materiales utilizados, el sistema constructivo, cantidad de CO₂ que se emite para la fabricación de la materia prima y de la construcción, las normativas nacionales e internacionales que intervienen, y métodos de cuantificación de CO₂, y con ellos brindar un insumo para la toma de decisiones de las empresas o asociaciones que se dedican a la construcción de viviendas, para que ellos puedan construir dañando menos al medio ambiente, y minimizar el consumo de los recursos naturales utilizados para la construcción. Así también, se tendría un documento con terminología y datos técnicos del costo medio ambiental, el resultado sería un respaldo ante la sociedad salvadoreña de la construcción.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Crear un informe técnico del valor económico y el impacto ambiental del dióxido de carbono (CO₂), que genera la construcción de las viviendas de interés social en El Salvador.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Reconocer terminología técnica sobre los diferentes factores que intervienen en el análisis de la relación de costos económicos y medioambientales.
- b) Identificar modelos de cuantificación de Emisiones de CO₂ para construcciones.
- c) Crear una herramienta para el levantamiento de información de tipo cualitativa y cuantitativa de viviendas, para la obtención de datos técnicos.

4. HIPÓTESIS

La recolección de información teórico-técnica sobre el costo monetario y la emisión de CO₂ de los tipos de vivienda de interés social permanente, ayudará a mejorar la toma de decisiones de las diferentes instituciones responsables en El Salvador.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. RECURSOS NATURALES O AMBIENTALES

Los recursos naturales son aquella parte de la naturaleza que tiene alguna utilidad o potencial de uso para el hombre, es decir, son los elementos naturales que el ser humano aprovecha para satisfacer sus necesidades materiales o espirituales. Los recursos naturales, en función de su capacidad de auto renovación, se diferencian en renovables y no renovables.

En el ambiente o medio ambiente, recursos naturales como el agua, algunas fuentes de energía y la diversidad biológica, comienzan a perder su calificativo de ser renovable y presentar un futuro de agotamiento. También, estos bienes naturales, insumos indispensables del proceso productivo, presentan características de bienes no económicos, por no poseer precio, ni dueño. Por esta razón, el medio ambiente se encuentra externo al mercado. La incorporación del medio ambiente al mercado se daría mediante el procedimiento de internalización de esas externalidades, adjudicándoles un precio. En consecuencia, la EA (economía ambiental) se ocupa principalmente de la valoración monetaria del medio ambiente. Una vez internalizado, el medio ambiente pasa a tener las características de un bien económico, o sea, pasa a tener precio y/o derecho de propiedad. [3]

5.2. TÉCNICAS DE LA VALORACIÓN ECONÓMICA

Las técnicas de valoración ambiental pretenden obtener la disposición a pagar por un cambio positivo en un bien ambiental o la disposición a aceptar una compensación por un cambio negativo. La EA se centra, en dos ámbitos básicos: el campo de la valoración (estudios de impacto y de costo ambiental, para lo que utiliza una serie de instrumentos y metodologías como los estudios de coste/beneficio, la valoración contingente, la disponibilidad a pagar, etc.) y el campo de la política y gestión ambiental, donde propone diversos instrumentos de política fiscal ambiental, constitución de mercados secundarios, políticas y gestión ambiental.

Uno de los temas más interesantes de la EA consiste en la explicación de los impactos ambientales que se ocasiona con la actividad económica. Tales impactos ambientales frecuentemente no pasan por el mercado y, por tanto, no se observa el precio que tiene en cuenta el costo adicional de contaminación generada por las actividades. Estos costos adicionales los tienen que pagar aquellos actores que causan la emisión de la contaminación, la cual se conoce como externalidad negativa o costo externo. Las técnicas de valoración económica pueden clasificarse de la siguiente manera:

- a. Métodos de mercado o directos: productividad marginal, gastos de mitigación, costos de oportunidad, gastos en salud, gastos defensivos.
- b. Métodos de valoración de no mercado o indirectos: Estos métodos pueden a su vez subclasificarse en:
 - Métodos de preferencias reveladas– mercados subrogados: En ausencia de mercados para los servicios a valorar se estiman precios sombra a partir de otros bienes y servicios que si poseen mercados y están relacionados con el recurso objetivo sobre el cual se desea medir el atributo ambiental.
 - Métodos de preferencias declaradas– mercados hipotéticos: En ausencia de mercados para los servicios a valorar se recurre a la simulación o creación de un mercado hipotético. A través de esta técnica siempre es posible obtener una medida de valoración.
- c. Transferencia de valores: utiliza estimaciones de otros estudios realizados para problemas similares y que, dependiendo de su calidad y del proceso de transferencia elegido, han sido reconocidos por la literatura científica confiables. [3]

¿Qué es la valoración económica de los costos ambientales?

Valorar económicamente un costo ambiental implica encontrar un indicador monetario que permita determinar el valor de una alteración desfavorable en el medio natural provocada por una acción o actividad económica. [4]

Para dar ejemplo de lo expuesto anteriormente, cabe añadir que existe una diversidad de acciones que pueden provocar alteraciones a la condición de los recursos naturales: contaminación, introducción de organismos exóticos, deforestación, quemas e incendios, extracción, modificación del paisaje, modificación del régimen hídrico, usos abusivos del suelo y construcciones. Cada una de estas acciones puede afectar uno o más recursos a la vez, de modo que al evaluar los impactos generados es necesario establecer la diversidad y las características de recursos afectados. Para realizar la valoración económica de daños ambientales se debe tener en cuenta que dicho daño está conformado por dos componentes principales: el daño biofísico (evaluación ecológica) y el daño social (evaluación social). El daño biofísico se refiere a las afectaciones hechas en el medio natural que ocasionan un deterioro de las características del recurso natural. El daño social está relacionado con las afectaciones a la sociedad que se manifiestan en la pérdida de beneficios derivados del recurso natural afectado.

Evaluación ecológica del daño ambiental

Para una evaluación ecológica del daño ambiental, es necesario establecer el estado de conservación que explica la condición del factor en relación con su capacidad para garantizar los procesos necesarios para su continuidad y funcionamiento.

Evaluación social del daño ambiental

Con relación al daño social, éste se manifiesta en la pérdida de beneficios debido a que el capital natural provee una serie de flujos que aprovecha la sociedad para el mejoramiento de su bienestar.

Los beneficios pueden ser agrupados en siete grandes componentes: materia prima, consumo final de bienes y servicios ambientales, seguridad alimentaria, esparcimiento, desarrollo espiritual, protección frente a desastres naturales y protección a la salud. [5]

5.3. DIÓXIDO DE CARBONO CO₂

El **dióxido de carbono** (CO₂) es un gas incoloro e inodoro compuesto por un átomo de carbono y dos de oxígeno en enlaces covalentes. Realmente el CO₂ forma parte de la naturaleza y es indispensable para la vida en la Tierra. De no existir el CO₂ las plantas no existirían, ya que éstas lo necesitan para realizar la fotosíntesis. [6]

Las emisiones de contaminantes a la atmosfera son la causa del deterioro de la calidad del aire, y el origen de numerosos problemas sanitarios, económicos y ambientales. Las grandes ciudades, y algunas zonas industriales, concentran los mayores niveles de contaminación atmosférica, siendo el tráfico de vehículos el principal responsable de la misma.

El dióxido de carbono, es uno de los compuestos más abundantes en la atmosfera, siendo el más importante de los denominados “gases de efecto invernadero” (GEI). Tiene un destacado papel en los procesos vitales de plantas, animales y para el ser humano y, en cantidades adecuada, contribuye a que la temperatura de la tierra se mantenga dentro de unos límites que hacen posible la existencia de la vida.

Sin embargo, a partir de la revolución industrial se ha producido un continuo incremento de la cantidad de CO₂ emitido a la atmosfera, debido al uso intensivo de combustibles fósiles.

Ello ha alterado el efecto invernadero natural, y está causando un cambio climático sin precedentes que, para muchos, constituye el mayor problema ambiental con el que nos enfrentamos en la actualidad. [7]

¿Cómo se producen los gases de efecto invernadero?

Para identificar las principales fuentes de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) las clasificó según las actividades antropogénicas — es decir, emisiones de gases debidas a la acción directa del ser humano— en los siguientes sectores:

Sector energía: Aquí se incluyen las actividades relacionadas con el consumo de los derivados del petróleo y el carbón mineral.

Sector desechos: En él se contabiliza tanto la generación de metano (CH₄) proveniente de la descomposición anaeróbica (es decir sin oxígeno) de la basura orgánica que se deposita en los rellenos sanitarios.

Sector agricultura: Existen cinco fuentes principales de emisiones de gases en este sector.

Sector cambio en el uso del suelo: En este se cuantifica la emisión de GEI según el cambio que sufre el área de cubierta forestal debido a la deforestación con fines agrícolas, o desarrollo de proyectos urbanos o para el aprovechamiento del recurso leña.

Sector procesos industriales: En este ámbito, los gases de efecto invernadero se producen en una amplia variedad de actividades industriales que no necesariamente están relacionadas con la energía, sino con la transformación física o química de los materiales, como hierro y acero; metales no ferrosos; químicos inorgánicos, químicos orgánicos; productos minerales no metálicos. El gas reportado en ese sector es el dióxido de carbono (CO₂), que se genera a partir de la transformación de algunas materias primas como la piedra caliza, que se convierte en cemento, y la cal, entre otros. [8]

5.4. EL IMPACTO AMBIENTAL Y LOS RECURSOS NATURALES

El “impacto ambiental” es la alteración o cambio en el ambiente provocado directa o indirectamente por las acciones de un proyecto cualquiera en un área determinada. Todo proyecto tiene repercusión sobre el ambiente. No hay intervenciones o acciones neutras, siempre habrá cambios.

Los criterios económicos deben estar siempre orientados a la satisfacción de necesidades básicas y a las desigualdades económicas. Existen reportes que admiten que, si continúan los niveles actuales de contaminación, se alcanzarían los límites del planeta en los próximos 100 años.

La idea de que la naturaleza tiene un límite, una capacidad de carga era insospechada hace un siglo. Situación que se ha hecho evidente y las pruebas están en la profunda degradación que han sufrido los ecosistemas y la calidad de vida de las personas. [9]

El impacto de la construcción en el medioambiente

Cualquier proyecto de desarrollo para mejorar la calidad de vida conlleva impactos positivos y negativos. Los proyectos de desarrollo deberían planificarse de manera que produzcan la mayor cantidad de impactos positivos y un mínimo de impactos negativos sobre el medioambiente. La predicción de los impactos medioambientales causados por la construcción en las primeras etapas del proyecto puede conducir al mejoramiento del comportamiento medioambiental de los proyectos y obras de construcción.

Se espera que la construcción produzca daños en el frágil medioambiente debido a los impactos adversos de la construcción, entre los que se encuentran el agotamiento de los recursos, pérdida de la diversidad biológica debido a la extracción de materias primas, vertido de residuos, menor productividad laboral, efectos adversos para la salud humana debido a la mala calidad del aire interior, calentamiento global, lluvia ácida y esmog causado por las emisiones generadas por la fabricación de productos para la construcción y el transporte que consume energía. Los impactos medioambientales están clasificados en tres categorías: impactos sobre los ecosistemas, sobre los recursos naturales y sobre la comunidad. [10]

El impacto sobre el ecosistema

Teniendo en cuenta el gran número de proyectos de construcción en curso, el impacto sobre el ecosistema se ha convertido un asunto de importancia. Los impactos adversos para el medioambiente son: desechos, ruido, polvo, residuos sólidos, generación de tóxicos, contaminación del aire y del agua, malos olores, cambio climático, uso del suelo, operaciones con remoción de la vegetación y emisiones peligrosas. Las emisiones al aire son generadas por los gases de los escapes de los vehículos y el polvo durante la etapa de construcción.

Estas emisiones contienen CO₂, NO₂ y SO₂. Las emisiones de ruidos son generadas por los diversos equipos, compresores de aire y vehículos. Los equipos para la construcción y otras fuentes generan ruidos en el rango de los 70 a 120 DB en los alrededores de la obra. Los residuos son generados por las actividades de la construcción, campamentos, plantas de tratamiento de residuos u otras fuentes. Los residuos sólidos generados durante la fase operacional se clasifican como: biodegradables, reciclables, inertes/reciclables y peligrosos.

Del total de residuos generados, el 50% debería ser biodegradable, el 20% reciclable, el 30% inerte y se asume que una pequeña cantidad (0,3%) es peligrosa. Las aguas residuales son generadas por las actividades constructivas, alcantarillado, actividades comerciales y otras fuentes. [10]

Recursos naturales

Durante un proceso constructivo normal se usan diversos recursos naturales tales como energía, suelo, materiales y agua. Además, la operación de los equipos consume gran cantidad de recursos naturales, como electricidad y/o combustible diésel.

El sector de la construcción es responsable de consumir un gran volumen de recursos naturales y de generar una gran cantidad de contaminantes como resultado del consumo de energía durante la extracción y transporte de la materia prima. Este sector genera importantes impactos medioambientales adversos en todo el mundo, contribuye con cerca de la mitad del consumo energético total de los países de altos ingresos y es el responsable de un gran porcentaje de las emisiones de gases de efecto invernadero, también en los países en vías de desarrollo. Algunas de las estadísticas disponibles indican que la construcción y operación de las edificaciones son responsables de un 12-16 % del consumo de agua; un 25% de la madera cosechada; un 30-40 % del consumo energético; un 40% de los materiales vírgenes extraídos y un 20-30% de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Impacto en la comunidad o impacto social

La mayoría de los proyectos de construcción se ubican en una zona altamente poblada. Por lo tanto, las personas que viven en las cercanías de los sitios en construcción están expuestos a efectos dañinos para su salud como polvo, vibraciones y ruido causados por cierto tipo de actividades constructivas como excavaciones e hincado de pilotes. Durante la fase de construcción, el polvo y el ruido son los principales factores que afectan la salud humana.

Los daños a la salud corresponden al 27% del impacto total, que es menor que el daño al ecosistema (65%), pero muy lejano al agotamiento de los recursos (8%), lo que justifica la necesidad de realizar evaluaciones de los daños a la salud. Los recursos de transporte, contaminación por ruido y generación de polvo con la maquinaria son los impactos ambientales más riesgosos en las obras. De los tres tipos de impactos ambientales, los 'impactos al ecosistema' producen el mayor impacto sobre el medioambiente (67.5%). El "impacto en los recursos naturales" es responsable del 21% del total de impactos, mientras que el "impacto social" es sólo un 11.5% del total. [10]

5.5. VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL

En El Salvador la vivienda de interés social debe seguir ciertos parámetros los cuales se encuentran enlistados en el Anteproyecto de Ley Especial de Vivienda de Interés Social, que se muestra a continuación:

Art. 3. Para los efectos de esta ley, se entenderá por vivienda de interés social aquella destinada a las familias de bajos ingresos de las áreas urbanas y rurales, cuyos ingresos familiares mensuales sean inferiores o iguales al monto de cuatro salarios mínimos para el comercio e industria. Dicha vivienda proporcionará seguridad, salubridad, higiene, comodidad, y además cumplirá como mínimo con las siguientes condiciones:

- a. Estar ubicada en zonas consideradas como habitables.
- b. Tener una superficie habitable, es decir, contar con el número de dormitorios necesario de acuerdo a la integración del núcleo familiar que la habite y un área mínima que fijara la reglamentación, pero en especial que esta no promueva el hacinamiento y la promiscuidad.
- c. Contar con espacios idóneos para el desarrollo humano familiar, tales como espacio de usos múltiples para la convivencia, la preparación de alimentos y la higiene personal.
- d. Poseer techos, paredes y pisos contruidos con materiales que garanticen la seguridad estructural, la impermeabilidad y el aislamiento térmico y acústico mínimo necesarios.
- e. Tener en todos los ambientes iluminación natural y ventilación adecuada, y las dimensiones en planta y altura convenientes para su mejor comportamiento térmico.
- f. Contar con instalaciones domiciliare de agua potable, energía eléctrica; drenaje de aguas pluviales, evacuación de aguas negras y residuales y residuos sólidos, los que deberán cumplir los mínimos que fije la reglamentación para el área urbana y rural.
- g. Tener acceso peatonal, así como vehicular en todo tiempo, y disponer en sus proximidades de los servicios urbanos y sociales mínimos necesarios: estacionamientos, plazas, centros de enseñanza, centros de salud, comercios, seguridad pública, espacios verdes y de recreación. [11]

6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación está basada dentro de un proceso metodológico como herramienta que facilitó la búsqueda de información técnica y el desarrollo del documento en el contexto del impacto ambiental (costo ambiental) para viviendas de interés social en El Salvador. Dichas herramientas surgen de un proceso de fases lógicas de investigación las cuales se definen para tener una comprensión y análisis profundo del problema y así, que éste permita dar una respuesta apropiada; dicha estrategia se plantea de la siguiente manera:

Fase 1: Investigación Técnica.

Se recolectó información de materiales, cuantificación de CO₂, normativas ambientales nacionales e internacionales, metodologías utilizadas por otros países para este fin que ayuden a respaldar la

información proporcionada y obtenida. Todos estos datos servirán para poder tener criterios técnicos certeros y así brindar recomendaciones coherentes a la realidad nacional.

Fase 2: Desarrollo de herramienta para el levantamiento de información.

Desarrollo de modelo de ficha técnica. Esta ficha técnica servirá al realizar visitas técnicas a viviendas, para poder hacer el debido levantamiento de información de carácter cualitativo y cuantitativo. Las fichas contienen información de materiales, espacios, dimensiones, ubicación geográfica, esquema de distribución en planta de la vivienda, entre otra información a recolectar importante, que la evaluación de la vivienda.

Fase 3: Realizar informe.

Cuando se tengan la información de la investigación técnica sobre costos económicos y costos medioambientales, modelos de cuantificación de emisiones de CO2 para construcciones y la ficha técnica se podrá realizar recomendaciones que pueden ser consideradas en cuanto al impacto ambiental que genera este tipo de construcciones de interés social.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS ESPERADOS	PERIODO	RESPONSABLE
Reconocer terminología técnica sobre los diferentes factores que intervienen en el análisis de la relación de costos económicos y medioambientales.	Búsqueda de información sobre términos relacionados con el tema de costos medioambientales , costos sociales, emisiones CO2, entre otros.	Obtener información de términos sobre temas relacionados al costo medioambiental de la construcción.	marzo/ septiembre	Arq. Eva Pineda Ing. Gilmar Ramírez
Identificar modelos de cuantificación de Emisiones de CO2 para construcciones.	Búsqueda de metodologías, criterios, cálculos a realizar, la unificación de toda la información encontrada.	Registrar modelos de cuantificación de emisión de CO2 que se han utilizado en otros países en investigaciones.	septiembre/ noviembre	Arq. Eva Pineda Ing. Gilmar Ramírez

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS ESPERADOS	PERIODO	RESPONSABLE
Crear una herramienta para el levantamiento de información de tipo cualitativa y cuantitativa de viviendas, para la obtención de datos técnicos.	Crear ficha técnica, para recolectar información cuantitativa y cualitativa de la vivienda.	Ficha Técnica	agosto / octubre	Arq. Eva Pineda Ing. Gilmar Ramírez

7. RESULTADOS

7.1. AUMENTAN LAS EMISIONES DE CO2 EN EL SALVADOR

En 2018, las emisiones de CO2 en El Salvador han crecido 129 kilotoneladas, un 1,66% respecto a 2017.

Las emisiones de CO2 en 2018 han sido de 7.900 kilotoneladas, con lo que El Salvador es el país número 71 del ranking de países por emisiones de CO2, formado por 184 países, en el que se ordenan los países de menos a más contaminantes.

Además de sus emisiones totales de CO2 a la atmósfera, que lógicamente dependen entre otras variables de la población del país, es conveniente analizar el comportamiento de sus emisiones per cápita. Como se ve en la tabla, las emisiones per cápita de CO2, que han aumentado en el último año, han sido de 1,23 toneladas por habitante en 2018.

En cuanto a la evolución de las emisiones de CO2 por cada 1000 dólares de PIB, que mide, para un mismo país, la "eficiencia medioambiental" con la que se produce a lo largo del tiempo. En el último periodo El Salvador ha emitido 0,17 kilos por cada \$1000 de PIB, igual que el año anterior en 2017.

En la tabla podemos ver la evolución de las emisiones de CO2, que han crecido desde 2010, al igual que lo han hecho las emisiones per cápita y al contrario que las emisiones de CO2 por cada \$ 1000 de PIB.

Las emisiones totales de dióxido de carbono también han aumentado en los últimos cinco años, al igual que las emisiones per cápita, luego la situación continúa empeorando. [12]

Tabla 1. La emisión de CO2 en El Salvador desde 2010. **Fuente:** elaborado por Datosmacro.com

El Salvador - Emisiones de CO2				
Fecha	CO2 Totales Kts	CO2 Petroleo Kts	CO2 Kg/1000\$	CO2 t per capita
2018	7.900	7.044	0,17	1,23
2017	7.771	6.311	0,17	1,22
2016	7.710	6.927	0,17	1,22
2015	7.404	6.885	0,17	1,17
2014	6.916	6.440	0,16	1,10
2013	6.907	6.267	0,16	1,10
2012	7.105	6.557	0,17	1,14
2011	6.994	6.401	0,17	1,13
2010	6.727	5.900	0,17	1,09

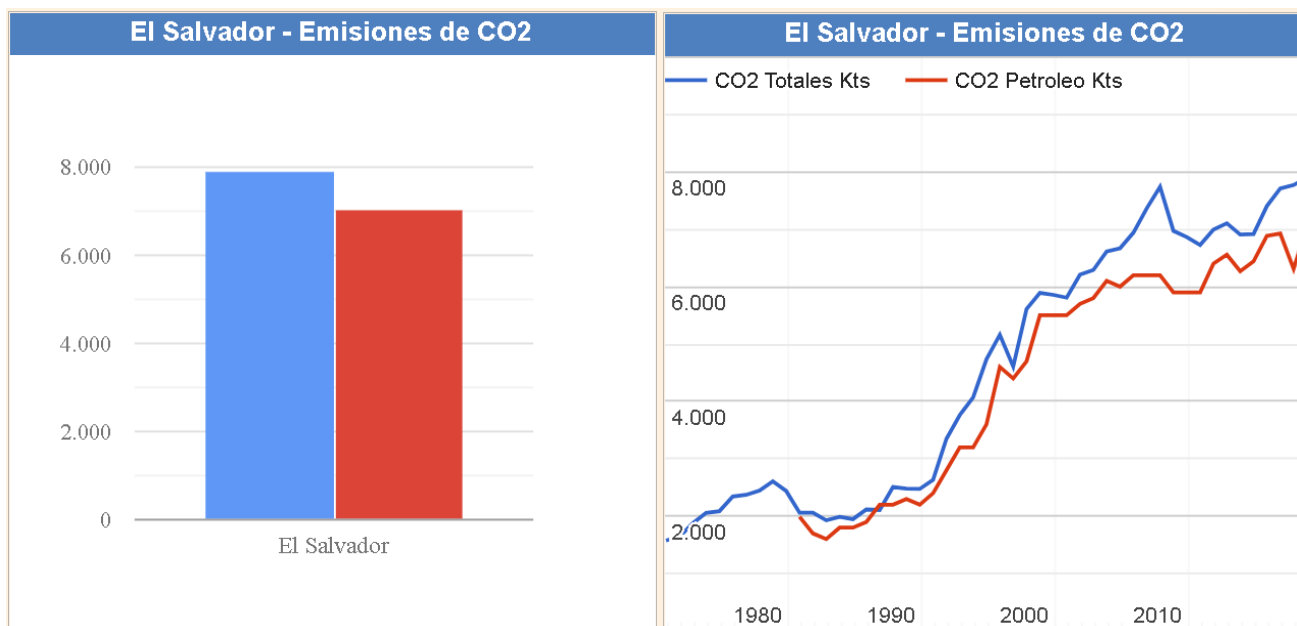


Figura 1. La emisión de CO2 en El Salvador desde 2010. **Fuente:** elaborado por Datosmacro.com

7.2. ¿POR QUÉ SE MIDE TODO EN CO2 EQUIVALENTE?

Los gases de efecto invernadero, de los que se suele destacar mucho el CO₂. Hay otros gases de efecto invernadero como el metano CH₄ (56) o el óxido nitroso N₂O (280). Los números entre paréntesis muestran el potencial de calentamiento global frente al CO₂. Es decir, 1 kg de CH₄ calienta la atmósfera lo mismo que 56 kg de CO₂; y 1 kg de N₂O lo hace como 280 kg de CO₂.

El CO₂, en este caso, se vuelve la unidad con la que medir y comparar procesos muy diferentes entre sí como combustión térmica del diésel, la crianza de una cabeza de ganado, o excavar los materiales para construir una vivienda.

También se usa para comprar y vender títulos de emisión de carbono. La idea tras este mercado de emisiones de CO₂ está en que los países que más contaminen paguen más impuestos que vayan destinados a las fuentes de generación de energía limpia, entre otros destinos; y se comercia con el derecho de emisión del mismo modo que con cualquier otro bien.

Los expertos advierten que en el modo de producir y usar la energía y en el sistema alimentario actual radica gran parte de las emisiones de gases de efecto invernadero que provocan el calentamiento global. Sin embargo, estos dos sectores incluyen muchas actividades cuyas consecuencias se pueden evitar.

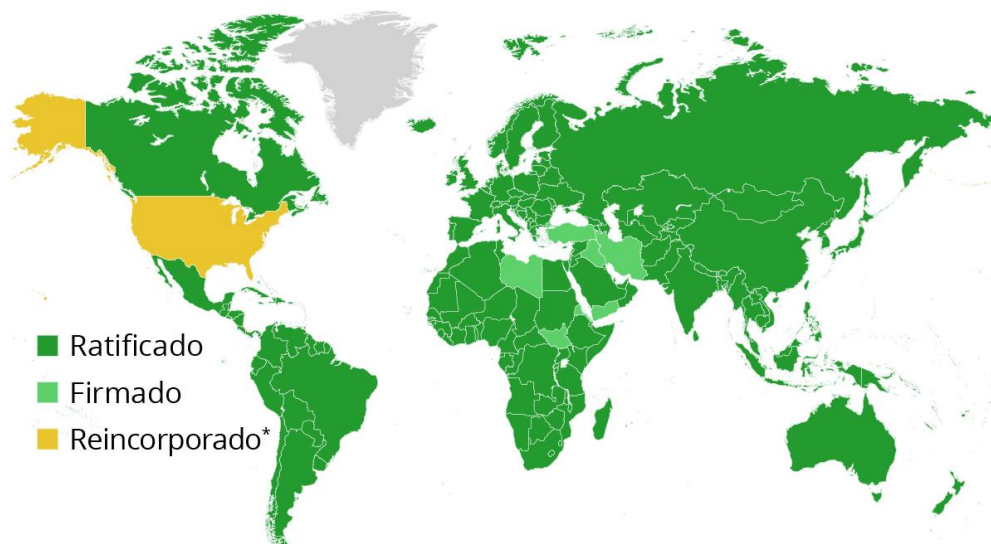
Desde que las personas se levantan por la mañana hasta que se acuestan por la noche se generan gases de efecto invernadero. Los hábitos de consumo, la alimentación, la energía, los modos de transporte que se usan, el tipo de vivienda que se habitan, la gestión de residuos. Todo emite CO₂. Dado el peligro ya constatado del cambio climático, el fin está en emitir menos y ser más responsables con el Planeta.

7.3. CONSTRUCCIÓN Y EMISIONES CO2 A LA ATMÓSFERA

En el marco de la Conferencia sobre el clima de París en diciembre de 2015, 195 países adoptaron el primer acuerdo climático mundial jurídicamente vinculante. El Acuerdo de París establece un plan de acción global para evitar el cambio climático limitando el calentamiento global muy por debajo de los 2°C y señala que los gases emitidos por la actividad humana deberían ser equivalentes a los que océanos, árboles y suelo puedan absorber de forma natural.

El mapa del Acuerdo de París

Países según su participación en el Acuerdo de París
(21 de enero de 2021)



* El 20 de enero de 2021, el presidente Joe Biden firmó una orden ejecutiva que se hará efectiva en un mes para la vuelta de Estados Unidos al acuerdo.

Fuente: CMNUCC



statista

Figura 2: Mapa de Acuerdo de París. **Fuente:** Grafico elaborado por statista
<https://es.statista.com/grafico/9654/que-paises-forman-parte-del-acuerdo-de-paris/>

Entre los principales gases de efecto invernadero el que más preocupa es el dióxido de carbono por su responsabilidad en el cambio climático. Por lo que para que el mundo pueda alcanzar estas metas climáticas que se ha propuesto, se deben desplegar todas las vías posibles para reducir las emisiones de carbono. La construcción es uno de los mayores consumidores de materias primas.

El sector cementero es responsable de alrededor del 5% de las emisiones de CO₂, principal gas productor del efecto invernadero y cambio climático. El hormigón es el material de construcción más empleado en el mundo: cada año, la industria del hormigón emplea 1.6 billones de toneladas de cemento. Cada tonelada de cemento en su fabricación emite 1 tonelada de CO₂ a la atmósfera. Además, durante el proceso de construcción es habitual el empleo de maquinaria pesada que genera la mayor cantidad de emisiones de dióxido de carbono. El transporte de los materiales al lugar constituye un 6-8% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero para un proyecto.

El sector de la construcción comercial y residencial representa el 39% del dióxido de carbono (CO₂) emitido a la atmósfera la vez que genera el 30% de los residuos sólidos y el 20% de la contaminación de las aguas. Por lo que podríamos concluir que la mitad del CO₂ expulsado a la atmósfera está relacionado con la construcción de edificios a lo largo de todas sus fases: construcción, uso y posterior demolición. En consecuencia, el sector de la construcción tiene que desempeñar un papel importante en la reducción de la amenaza del cambio climático.

Para reducir este impacto medioambiental del sector de la construcción resulta esencial el uso de materiales que para producirlos no se requiera la utilización de combustibles fósiles y se causen altas emisiones de carbono como por ejemplo la madera.

La madera ofrece muchos beneficios ambientales. Se trata de un material sostenible cuya producción no daña el medio ambiente. Además, presenta unas excepcionales propiedades aislantes (tanto térmicas como acústicas), de protección contra el fuego, de flexibilidad y resistencia (capacidad de carga 14x acero), se adapta a cualquier clima y condición ambiental.

Su producción aporta un saldo negativo en emisiones de CO₂ y en su transformación se requiere de mucha menos energía primaria que en el caso del acero y el hormigón. Por último, la construcción en madera nos permite la industrialización del proceso constructivo con todo lo que ello conlleva en el cumplimiento de plazos de ejecución y presupuesto, y calidad del producto final. [13]

7.4. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

El Análisis de Ciclo de Vida (en adelante, ACV), es una de las metodologías más adecuadas para evaluar el impacto ambiental de cualquier tipo de producto o servicio, y, por tanto, puede aplicarse sobre un material o solución constructiva, o bien sobre un edificio o grupo de edificios.

Es obvio que existe una interacción entre todas las etapas de la vida de un edificio: diseño, construcción, uso, mantenimiento y disposición final del edificio. Por ello, una reducción de la inversión en la etapa de construcción puede conllevar un aumento de la inversión en las etapas de uso y mantenimiento del edificio.

En la actualidad, la metodología del ACV es aceptada como base sobre la que comparar materiales, componentes y servicios alternativos. La metodología de aplicación general está totalmente estandarizada a través de las normas UNE EN ISO 14040:2006 y UNE EN ISO 14044:2006, y consta de 4 fases interrelacionadas:

- Definición de objetivos y del ámbito de aplicación.
- Análisis de inventario, donde se cuantifican todos los flujos energéticos y materiales entrantes y salientes del sistema durante toda su vida útil, los cuales son extraídos o emitidos hacia el medioambiente.
- Evaluación de los impactos, donde se realiza una clasificación y evaluación de los resultados del inventario, relacionando sus resultados con efectos ambientales observables por medio de un conjunto de categorías de impactos (energía primaria acumulada, potencial de calentamiento global, huella hídrica, etc.).
- Interpretación, donde los resultados de las fases precedentes son evaluados juntos, en consonancia con los objetivos definidos en el estudio, para poder establecer las conclusiones y recomendaciones finales. Para ello se incluyen diversas técnicas como el análisis de sensibilidad sobre los datos utilizados, análisis de la relevancia de las etapas del proceso, análisis de escenarios alternativos, etc.

La aplicación de la metodología de ACV en edificios conlleva innumerables ventajas para el sector de la construcción: facilita la toma de decisiones por parte de las empresas de la construcción y organizaciones con vistas a la planificación de estrategias de ecoeficiencia en la edificación, la identificación de oportunidades para mejorar los impactos medioambientales en el sector de la construcción, considerando el ciclo de vida completo de los edificios, el establecimiento de prioridades para el diseño ecológico o la eco-rehabilitación de edificios, la selección adecuada de proveedores de materiales constructivos y equipos energéticos, el establecimiento de estrategias y políticas fiscales para gestionar los residuos de la construcción y el transporte de materiales, la definición de nuevos programas de I+D+i, etc. [14]

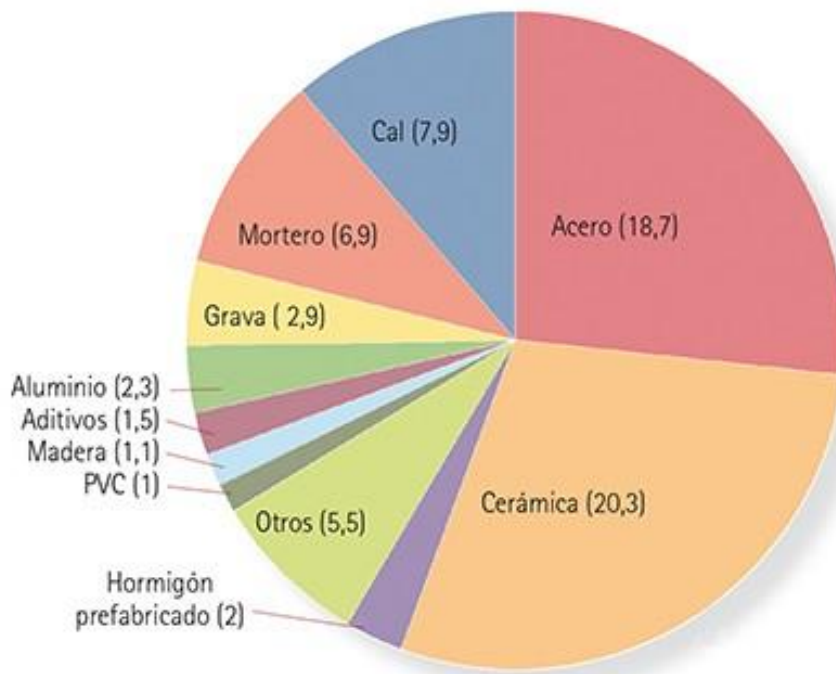


Figura 3: Contribución de los materiales necesarios para la construcción de 1 m sobre las emisiones de CO₂ asociadas a su fabricación. **Fuente:** Cuchí A, Wadel G, Lopez F, Sagrera A, 2007.

7.5. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV) RESUMIDO

El ACV es un método de evaluación de las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad mediante la identificación y cuantificación de la energía, los materiales utilizados y los desechos liberados en el medio ambiente.

Fue desarrollado principalmente para el diseño de productos de bajo impacto ambiental, pero cuando se aplica este análisis a un edificio no es un proceso sencillo como para muchos otros productos de consumo, debido a que a menudo los edificios tienen múltiples funciones y contienen varios componentes diferentes. Debido a ello, se tiene que simplificar la metodología empleada y realizar diversas adaptaciones valiéndose de los datos disponibles en las fuentes de información, que mayoritariamente proceden de otros países del mundo.

El estudio simplificado del ACV o ACV resumido, profundiza en las fases de extracción y fabricación de materiales, uso y mantenimiento. Respecto a los impactos de las fases de transporte a obra, construcción del edificio, derribo y tratamiento final de los residuos, estos se estiman de forma global a partir de información estadística u otras evaluaciones similares, en otros casos estos impactos no se incluyen por considerarse que su participación tiene una relevancia escasa en el total del ciclo de vida.

Según las fuentes consultadas las fases de extracción y fabricación de materiales (energía incorporada) y la fase de uso (energía operativa) del edificio son las que concentran hasta un 90% del consumo de energía y emisiones de CO2 del ciclo de vida de un edificio. A continuación, una breve explicación de ambos: [15]

7.6. ENERGÍA INCORPORADA (EI)

La definición de la EI es la cantidad de energía directa e indirecta necesaria para producir bienes y servicios. La energía directa se refiere a la requerida por el proceso de fabricación, mientras que la indirecta es absorbida por la minería, la transformación y el transporte de los factores de producción. La EI de los materiales de construcción representa una importante contribución a la energía total consumida de los edificios. El uso de materiales de alto consumo de energía tales como el ladrillo, cemento, acero, vidrio, aluminio, etc., da como resultado una alta EI en los edificios. La EI de materiales de construcción depende del proceso de fabricación, la disponibilidad de materia prima en los alrededores, la eficiencia de la producción, y la cantidad de material utilizado en la construcción real.

En la tabla 2 se aprecia que la diferencia que puede variar mucho de un material a otro. Por ejemplo, un aislamiento convencional (poliestireno) llega a consumir en su proceso de fabricación 32.5 kWh/kg, mientras que un aislamiento natural (corcho aglomerado) 0.8 kWh/kg.

Tabla 2: El y emisiones de CO2 en materiales.

Fuente: Elaboración propia con datos del banco BEDEC del ITeC.

Tipo	Material	ρ (kg/m ³)	Energía Incorporada		Emisiones
			MJ /kg	kWh /kg	CO ₂ /kg
Aislamiento convencional	EPS - poliestireno expandido (0,037 W / mK)	30	117.1	32.5	17.3
Aislamiento natural	aglomerados de corcho natural	160	3.0	0.8	0.2
Bituminoso	Asfalto	2100	3.4	0.9	0.5
Caucho	caucho celular	70	110.0	30.6	16.3
Cerámica	Azulejos de cerámica	2300	11.1	3.1	0.6
Cerámica	Las baldosas del suelo	2500	10.9	3.0	0.8
Yeso	Desnatado Yeso (1000 < ρ < 1300)	1150	1.8	0.5	0.2
Bloque cerámico de arcilla aligerada	bloques de cerámica con mortero aislante (140 mm de espesor)	1020	2.6	0.7	0.2
Bloque de hormigón ligero	bloques de hormigón ligero (espesor anulados 250 mm)	760	5.3	1.5	0.5
Bloque de hormigón convencional	bloques de hormigón convencional (espesor de 100 mm)	1210	1.3	0.3	0.2
Ladrillo	1 metro o catalán pedestal de ladrillo macizo (40 mm < espesor < 50 mm)	2140	2.3	0.6	0.2
Ladrillo	tabique de ladrillo hueco doble (60 mm < espesor < 90 mm)	930	2.3	0.6	0.2
Forjado unidireccional	Losas unidireccionales con relleno de viga de hormigón (profundidad 250 mm)	1330	2.7	0.8	0.3
Hormigón	Hormigón armado (2300 < ρ < 2.500)	2400	0.5	0.1	0.1
Losa de núcleo hueco	Con capa de compresión (profundidad 200 mm)	1810	3.7	1.0	0.4
Madera	Tableros de fibra orientada - OSB (ρ < 650)	600	15.0	4.2	1.4
Metal	Acero	7800	35.0	9.7	2.8
Morteros	Cemento o mortero de cal para albañilería (1000 < ρ < 1250)	1125	0.8	0.2	0.1
Pisos	Granito (2500 < ρ < 2700)	2600	0.2	0.1	0.0
Plástico	policarbonato	1200	79.0	21.9	11.7
Pinturas	Pintura de emulsión	50	20.0	5.6	3.0
Cristales	Doble acristalamiento, con acabado transparente placa de vidrio, de 4 mm de espesor cada una, y un espacio de aire de 6 mm	2530	349.9	97.2	21.8
Marcos	Marco de aluminio lacado con dos bisagras, hojas de tubo de acero galvanizado pre-marco y puerta enrollable de aluminio lacado de distancia de aproximadamente 120 x 120 cm	2700	5416.2	1504.5	755.1
Puertas	Interior puerta de madera en el interior de sapelly barnizadas de entrada de aproximadamente 70 x 200 cm	700	213.9	59.4	21.8

7.7. ENERGÍA OPERATIVA (EO)

El consumo de energía en las viviendas supone un impacto ambiental a escala global debido, esencialmente a las emisiones de CO2 y al agotamiento de recursos no renovables producido por un modelo energético basado en combustibles fósiles. Se puede definir la EO como el uso de energía durante la actividad ocupante o la energía total necesaria para la operación de un edificio.

La EO depende de las condiciones climáticas, de las necesidades de la región y confort de los ocupantes, por tanto, los edificios situados en regiones que experimentan condiciones climáticas extremas requieren más energía operativa para satisfacer las demandas de energía de calefacción y refrigeración.

Algunos indicadores de la energía de operación son: Acristalamientos, marcos de ventanas dimensiones de la sala, latitud del sitio, la orientación, horas ocupadas, las ganancias internas, valores de la transmitancia térmica U, la temperatura externa, la masa térmica, tasa de intercambio de aire, radiación solar, temperatura de confort, densidad, especificación del calor y espesor de los materiales. [15]

7.8. IMPORTANCIA DE LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN

La Certificación de Sistemas de Gestión Energética es una herramienta útil que contribuye a mejorar la eficiencia energética de forma sistemática, apostando por la mejora continua, así como al ahorro del recurso agua y de energía, disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero.

Recientemente, uno de los estándares de mayor aplicación en el tema de gestión de energía en una organización es la Norma ISO 50001 creada para contribuir a la situación actual del uso de las energías a nivel global ya que ayuda a la mejora del rendimiento energético de las organizaciones permitiendo una correcta gestión de la energía además de ser un apoyo a los esfuerzos a largo plazo para mejorar las tecnologías del uso de la energía. Un elemento importante de la norma es la realización de la Línea Base para determinar el perfil de demanda de las cargas asociadas a un recinto llámese industria, residencia, oficinas, entre otros, fundamental para realizar cambios sustanciales traducidos en ahorros económicos.

7.9. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR CONSTRUCCIÓN

La eficiencia energética se define como: “realizar una actividad o proceso eficazmente con la menor cantidad de energía requerida”. Una persona, servicio o producto eficiente comprometido con el medio ambiente, además de necesitar menos energía para realizar el mismo trabajo.

Con base a lo anterior, en la figura 4 se presentan los principales objetivos de la eficiencia energética la cual busca proteger el medio ambiente mediante la reducción de la intensidad energética y habituando al usuario a consumir lo necesario y no más. Las emisiones de CO₂ que enviamos a la atmósfera son cada vez mayores y, por ese motivo, la eficiencia energética se ha convertido en una forma de cuidar al planeta ya que, no solo está en usar electrodomésticos que consuman menos, sino en que sean los usuarios quienes consuman menos y de forma más sostenible, así como por parte de los formuladores de proyectos de construcción deben proponer especificaciones técnicas de materiales amigables con el medio ambiente, presentando constancias de los proveedores como por ejemplo Enviromental Product Declaration (EPD), hojas técnicas u otros, que detallen materiales con menor consumo energético versus materiales para iguales propósitos.



Figura 4: Ventajas de la eficiencia energética. **Fuente:** News Solicima [16].

Ventajas de la eficiencia energética en la industria de la construcción:

- Reducir el impacto de los Gases de Efecto Invernadero (GEI).
- Reducir los gastos de energía por m² en las construcciones.
- Reducir los costos de producción, mejorando la competitividad de las empresas.
- Reducir el deterioro del medio ambiente, asociado a la explotación de recursos.
- Reducción del daño ambiental y la contaminación.

7.10. LÍNEA BASE DE REFERENCIA Y SU IMPORTANCIA SEGÚN LA NORMA ISO 50001

En el caso de la normativa internacional LEED v4.1, permite hacer una mejor gestión de consumo de energía y exigencias en el uso de materiales de construcción, para lograr un bienestar de los ocupantes de una edificación y un impacto positivo al medio ambiente.

No obstante, esta certificación requiere del levantamiento de información del estado actual para formar la línea base energética (LBE) que proporcione una base de comparación del desempeño energético, por lo que en el caso de la construcción el primer paso sería proponer el diseño arquitectónico de una

edificación con ciertos tipos de materiales y luego proponer la misma distribución arquitectónica, pero con otras alternativas de materiales de construcción.

Un LBE es una pieza clave en la implantación de un Sistema de Gestión Energético bajo la norma ISO 50001, ya que dentro del sistema de gestión energética es obligatorio evidenciar la mejora del desempeño energético.

La mejora del desempeño energético, que se puede considerar como rendimiento energético, debe establecerse de forma cuantificada y objetiva, de tal manera que es necesario disponer de un periodo de referencia de consumos ajustado a las condiciones de uso. Esta relación debe ser tomada como línea base de referencia.

Para analizar un edificio se realizará un plan de trabajo para realizar una medición de los tipos, usos y consumos de energía de cada material para construir los Indicadores de Desempeño Energético (IDE) en el edificio base, y posteriormente se realizaría un análisis con los materiales alternativos, verificando si existe la reducción de energía por m² de construcción versus la línea base.

7.11. MANEJO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL SALVADOR

La guía de edificaciones sostenibles formulada por la oficina de planificación del área metropolitana De San Salvador, con la colaboración del US Green Building Council de El Salvador, Apuesta a la mejora del medio ambiente urbano de la metrópoli con la implementación gradual de normativa HAUS en las distintas etapas de los proyectos o desarrollos urbanísticos, ya sea desde el diseño, construcción o el funcionamiento de los mismos.



Figura 5: Impacto de las edificaciones sostenibles.
Fuente: Guía HAUS, Hábitat Urbanos Sostenibles del AMSS.

La OPAMSS, Tiene como apuesta estratégica favorecer el desarrollo sostenible del AMSS con la aplicación de la norma HAUS, con lo cual espera generar beneficios a la ciudad, a los desarrolladores e inversionistas. Figura 5. Dentro de la guía de estrategias para la construcción de edificaciones sostenibles en el AMSS, se encuentra la estrategia 5: Manejo de Materiales; Procurar que al menos cinco de los materiales utilizados en la construcción del proyecto sea amigables con el medio ambiente, debiendo presentar constancias de los proveedores, ejemplos: Environmental Product Declaration (EPD), hojas técnicas u otros.

7.12. MODELOS DE CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES DE CO₂ PARA CONSTRUCCIONES

Existen variedad de informes que detallan cantidades de CO₂ producidos por diferentes procesos que conforman las actividades de la construcción, como el cemento, el acero, ladrillos, bloques de concreto, entre otros, pero son mínimos la cantidad de investigaciones que consolidan la energía requerida para producir los materiales de un proyecto completo de construcción de una edificación y que consoliden los resultados. Sin embargo, en la indagación de la presente investigación se tienen dos papers que

presentan un consolidado de resultados enfocados a la cuantificación de las emisiones de CO₂ en proyectos ejecutados de edificación en sistemas mixtos de concreto y acero, el primero; obtenido en un estudio resultado de diez proyectos ejecutados en Sevilla, España, y el segundo; desarrollado en Taipéi, Taiwán.

Un resumen de ellos se presenta a continuación.

7.13. MODELO DE CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂ PRODUCIDAS EN EDIFICACIÓN DERIVADAS DE LOS RECURSOS MATERIALES CONSUMIDOS EN SU EJECUCIÓN

Según Mercader [17], el objetivo principal es la generación de un Modelo dirigido a la cuantificación de las emisiones de CO₂ que se producen en el modelo constructivo definido como el habitual en el sector de la construcción, derivadas del proceso de fabricación de los recursos materiales consumidos en su ejecución.

De acuerdo a dicho estudio, elaborado en Sevilla, para lograr obtener los resultados fue necesario la consecución de tres etapas, en la primera; se selecciona una muestra de estudio representativa del Modelo Constructivo Habitual (MCH) y cuantificar, en kg por m² construido, cada uno de los componentes básicos materiales consumidos en su ejecución, seguida por la cuantificación de las emisiones de CO₂, expresadas en kgCO₂/kg, producidas en la fabricación de 1 kg de cada Componente Básico Material (CBM) implicado en la ejecución del MCH, finalizando, con la cuantificación de las emisiones de CO₂ que se producen en la ejecución del MCH, en kgCO₂/m² de superficie construida, derivados de la fabricación de los CBMs que lo constituyen.

La cuantificación de las emisiones de CO₂ producidas en su ejecución, obteniendo en resumen los siguientes datos para los CBMs representativos del MCH definido, expresados en la Tabla 3.

Tabla 3. Emisiones de CO2 por kg de material y por m2 construido del MCH.
Fuente: elaborada por (Mercader, et al., 2012) [17].

Datos ambientales de la imagen de referencia del MCH			
CBMs representativos del MCH definido	EC_{CBM}	R	ECm²
	kgCO₂/kg	kg/m²	kgCO₂/m²
Acero estructural y laminado	2,800000	30,76	86,13
Acero cromado, esmaltado, galvanizado	3,788870	5,21	19,74
Aditivo, disolvente, barniz y aceites	13,776400	7,29	100,43
Aluminio (anodizado y lacado)	31,454540	0,99	31,14
Áridos	0,030000	467,19	14,02
Betún asfáltico	6,497000	1,67	10,85
Cartón yeso	0,474150	22,44	10,64
Cemento	0,411220	29,40	12,09
Material cerámico	0,175160	132,56	23,22
Cobre y cobre recocido	14,825390	0,63	9,34
Hormigón celular y prefabricados	0,456170	31,26	14,26
Hormigón prefabricado y suministrado	0,218510	1026,79	224,37
Mortero prefabricado	0,222680	93,45	20,81
Neopreno	17,653330	1,50	26,48
Temple	14,720490	1,61	23,70
PVC	10,355760	1,04	10,77
Terrazo	0,216190	43,34	9,37
Otros (vidrio, metales, porcelana, cal, etc.)	0,319490	146,48	46,80
Totales imagen de referencia MCH		2043,61	694,16

Donde:

- **EC_{CBM}** = Emisiones de CO2 por cada CBM representativo del MCH, en kgCO2/kg de material.
- **R** =Peso medio, de cada CBM, en kg/m2 construido.
- **ECm²** = Emisiones de CO2 por cada CBM y m2 construido, obtenida mediante la expresión:

$$ECm^2 = ECCBM * (R)$$

7.14. RELACIÓN ENTRE LAS EMISIONES DE CO₂ Y LA ENERGÍA INCORPORADA EN LA EDIFICACIÓN DE CONSTRUCCIONES

De acuerdo con Po-Ju Huang (03 de abril de 2019) [18]: el cálculo de las emisiones de CO₂ de los edificios requiere varios pasos (Figura. 6). Primero, los tipos de edificios se clasificaron de acuerdo con la urbanización, contexto de desarrollo y características espaciales de Taipéi. En segundo lugar, los resultados de esta clasificación se utilizan para calcular el almacenamiento de energía incorporado de diferentes tipos de edificios. El cálculo de la energía incorporada de edificios se lleva a cabo a través de la síntesis emergía¹, sistemáticamente cuantificar todos los materiales primarios necesarios para la construcción de cada tipo de edificio durante el proceso de construcción y la conversión de todos diferentes materiales en la unidad común de energía solar (sej) [19]. Las densidades de almacenamiento de emergía (sej/m²) de diferentes tipos de edificios también son adquiridos. En tercer lugar, el uso de materias primas para la construcción de cada tipo de edificio se utiliza para estimar las emisiones de CO₂ durante el proceso de construcción. Las estimaciones se realizan en base a la “Producción de materiales de construcción y Cuadro de Emisiones de CO₂ de Transporte ” emitido por la Arquitectura e Instituto de Investigación de Edificios del Ministerio del Interior de Taiwán (MOCA), delimitando los tipos de edificios de altas y bajas emisiones de CO₂. Finalmente, para analizar la distribución espacial del almacenamiento de emergía y emisiones de CO₂ de edificios en la ciudad de Taipéi. En dicho estudio se presenta resultados sobre escala de sub ciudad y vecindario, se utilizó tanto el distrito como agregaciones a escala de vecindario. Presentar resultados de las diferentes escalas permite distinciones entre el consumo diario de emisiones de CO₂ e intensidad del desarrollo urbano.

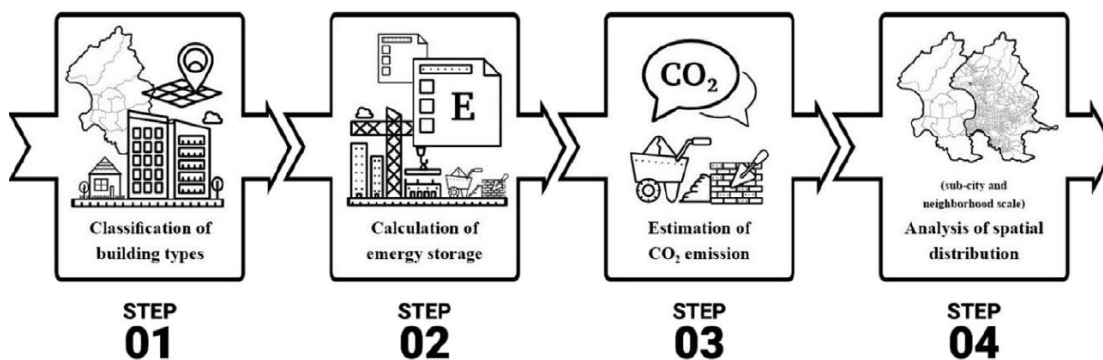


Figura. 6: Marco analítico de esta investigación [18].

Fuente: Po-Ju Huang, et al. (03 de abril de 2019)

¹ Emergía: es la energía útil de un determinado tipo que se ha usado directa o indirectamente en las transformaciones necesarias para generar un producto o servicio.

7.15. EMISIÓN DE CO₂ DE EDIFICIOS DE DIFERENTES TIPOS

Las estimaciones de las emisiones de CO₂ de la construcción de edificios se basaron en factores de conversión para materiales de construcción identificados en la “Escala de emisiones de CO₂ de producción y transporte de materiales de construcción” de la Agencia de Planificación y Construcción.

Las cantidades de cada elemento de materiales de construcción y energía enumerados para la evaluación de energía de diferentes tipos de edificios se utilizaron para calcular la emisión de CO₂ del edificio.

Dado que las características de los materiales de construcción son diferentes, los datos utilizados en el informe de estadísticas también son diferentes.

Para comparar la cantidad de dióxido de carbono emitido por los materiales de construcción, la unidad de emisiones de dióxido de carbono por kilogramo de materiales se convirtió de manera consistente a través de la “Tabla de conversión de materiales” utilizada en la evaluación de energía. Se encontró que los materiales de construcción con mayores emisiones de CO₂ por kilogramo fueron el acero y el hormigón armado utilizado en las partes estructurales, así como el vidrio y losas para las envolventes, seguidos de la madera y el cemento, siendo el menor el hormigón premezclado, ladrillos rojos y arena.

Finalmente, los resultados muestran que las emisiones de CO₂ por metro cuadrado de superficie de los cinco tipos de edificios en Taipéi son:

1,37E + 02 (kgCO₂e/m²) para edificios de ladrillo;

6.76E + 02 (kgCO₂e/m²) para edificios de Concreto Reforzado (RC) de 1 a 5 pisos;

7.2E + 2 (kgCO₂e/m²) para Edificios RC de 6-12 pisos;

1.03E + 03 (kgCO₂e/m²) 13-24 pisos Concreto reforzado con acero (SRC) edificios;

y 6.65E + 2 (kgCO₂e/m²) para edificios de Estructuras de Acero (SC) de más de 25 pisos .

Dichos resultados se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. La emisión de CO2 de edificios de diferentes tipos de edificios en Taipéi.

Development Intensity	Low		Medium		High							
	Brick	RC(1-5)	RC(6-12)	RC(13-24)	SC(> 24)							
Building type	Factor coefficient (kgCO ₂ e/unit)	CO ₂ emission (kgCO ₂ e/unit)	CO ₂ emission (kgCO ₂ e/unit)	CO ₂ emission (kgCO ₂ e/unit)	CO ₂ emission (kgCO ₂ e/unit)	CO ₂ emission (kgCO ₂ e/unit)						
A. Foundation												
A-1 Ready-Mixed Concrete	346.01	/m ³	N/A	1.84E+09	/kg	2.43E+09	/kg	1.24E+09	/kg	1.13E+08	/kg	
A-2 Reinforced	1.21	/kg	N/A	1.04E+09	/kg	1.44E+09	/kg	6.56E+08	/kg	6.35E+07	/kg	
A-3 Steel	1.2	/kg	N/A	N/A	1.13E+08	/kg	1.22E+09	/kg	1.05E+08	/kg		
A-4 Wood model	3.89	/m ²	N/A	9.94E+07	/kg	1.31E+08	/kg	8.07E+07	/kg	6.94E+06	/kg	
B. Structure												
B-1 Brick	0.584	/piece	3.11E+08	/kg	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
B-2 Sand	59.24	/m ³	1.02E+07	/kg	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
B-3 Concrete	961.38	/t	1.10E+08	/kg	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
B-4 Ready-Mixed Concrete	346.01	/m ³	N/A	2.15E+10	/kg	1.53E+10	/kg	5.23E+09	/kg	4.43E+08	/kg	
B-5 Reinforced	1.21	/kg	N/A	1.22E+10	/kg	8.92E+09	/kg	2.77E+09	/kg	1.87E+08	/kg	
B-6 Steel	1.2	/kg	N/A	1.00E+09	/kg	7.12E+08	/kg	6.31E+09	/kg	3.60E+08	/kg	
B-7 Wood model	3.89	/m ²	N/A	1.50E+09	/kg	8.26E+08	/kg	4.16E+08	/kg	4.72E+07	/kg	
C. Envelop												
C-1 Ceramic Tile	15.99	/m ²	N/A	7.37E+08	/kg	5.29E+08	/kg	1.56E+08	/kg	N/A	N/A	
C-2 Sand	59.24	/m ³	4.37E+06	/kg	3.67E+07	/kg	1.09E+07	/kg	N/A	N/A	N/A	
C-3 Concrete	961.38	/t	4.73E+07	/kg	3.98E+08	/kg	1.17E+08	/kg	N/A	N/A	N/A	
C-4 Glass	1.13	/kg	2.37E+06	/kg	9.90E+07	/kg	7.10E+07	/kg	7.53E+07	/kg	3.47E+07	
D. Interior wall												
D-1 Wood model	156.42	/m ³	9.84E+06	/kg	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
D-2 Brick	0.584	/piece	N/A	1.57E+09	/kg	1.13E+09	/kg	4.10E+08	/kg	2.07E+07	/kg	
D-3 Sand	59.24	/m ³	N/A	9.23E+07	/kg	6.63E+07	/kg	2.41E+07	/kg	1.22E+06	/kg	
D-4 Concrete	961.38	/t	N/A	9.99E+08	/kg	7.17E+08	/kg	2.61E+08	/kg	1.31E+07	/kg	
E. Energy												
E-1 Electricity	0.637	/kWh	N/A	N/A	2.32E+04	/kg	7.91E+04	/kg	1.93E+05	/kg		
E-2 Oil	2.78	/L	N/A	3.70E+09	/kg	2.81E+09	/kg	1.03E+09	/kg	7.02E+07	/kg	
Total CO₂ Emission per m² of CO₂ emission			4.96E+08	/kg	4.70E+10	/kg	3.56E+10	/kg	2.00E+10	/kg	1.47E+09	/kg
			1.37E+02	/kg	6.76E+02	/kg	7.20E+02	/kg	1.03E+03	/kg	6.65E+02	/kg

Fuente: elaborado por Po-Ju Huang, et al. (03 de abril de 2019) [18].

7.16. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO SIMPLIFICADO DE EMISIONES DE CO₂

La metodología para el cálculo de emisiones de CO₂ presentada a continuación corresponde a un estudio realizado para viviendas en Europa, en el cual se utilizó una encuesta inicial para reunir información de la edificación a analizar, además se contó con la intervención de varias instituciones que se unieron para la realización del proyecto, así como la utilización de datos técnicos que las entidades de gobierno aportaron sobre cuantificación de consumos energéticos.

A continuación, se describe los pasos que siguieron para el desarrollo del cálculo de emisiones de CO₂:

1º Análisis de la encuesta y obtención de datos.

En la primera etapa del trabajo se analiza la encuesta por puntos para determinar de qué preguntas se pueden obtener datos de emisiones de CO₂ o consumos energéticos.

En segundo lugar, se estudian las diferentes composiciones de la envolvente de los edificios en función de la edad de los mismos. De estos datos se obtienen unos parámetros de referencia que nos permiten comparar la demanda energética de los edificios estudiados, obteniendo factores de corrección. Para las emisiones de CO₂, el procedimiento se basa en comparar los equipos existentes para calefacción o refrigeración de los edificios. Se obtienen los rendimientos de los equipos, así como coeficientes de eficiencia energética. De estos datos se obtienen los parámetros que servirán de referencia para obtener los factores de corrección. Los factores de corrección obtenidos se asocian a las diferentes respuestas de la encuesta. Estos factores de corrección actúan sobre los parámetros consensuados como de referencia.

2º Cálculo de la superficie media de viviendas.

En función de la vivienda su demanda, va a variar, aumentando cuanto mayor sea su superficie. Por lo tanto, se ve necesario calcular los m² estimados por vivienda. En la encuesta se pregunta el número de dormitorios que tiene la vivienda. Para ello se basa en los m² medios por número de habitaciones obtenidos del Instituto Nacional de Estadística (INE). De esta fuente se obtiene una media de 20 m² por dormitorio o estancia y una media de 100 m² (99,19 m²) por vivienda. Tras obtener estos resultados se calcula la demanda energética media (en función de los m²) del edificio tipo español, así como los porcentajes de aplicación a calefacción, refrigeración, iluminación y ACS. [20]

3º Calibración de datos de demanda energética.

Una vez calculados los m² que tiene la vivienda encuestada se realizaría el cálculo de la demanda parcial por m² de la misma. Para ello introducimos en la encuesta una pregunta que permite determinar la zona climática de la vivienda en función de las temperaturas medias y su oscilación térmica.

Tabla 5. Principales sistemas de calefacción utilizados en España, por provincias. Año 2008.

Fuente INE.

	Disponen de calefacción %	Primer sistema	%	Segundo sistema	%	Disponen de aire acondicionado %
TOTAL	70,3	Gas	32,3	Eléctrico	18,6	35,5
Andalucía	43,1	Eléctrico	23,5	Bomba de calor	3,8	57,4
Aragón	92,0	Gas	41,8	Gasóleo	32,8	37,4
Asturias (Principado de)	84,9	Gas	50,4	Eléctrico	17,5	0,4
Baleares (Illes)	88,1	Eléctrico	46,9	Gas	18,6	46,1
Canarias	2,7	Eléctrico	1,6	-	-	6,3
Cantabria	76,9	Gas	52,4	Eléctrico	13,1	0,7
Castilla y León	90,8	Gas	39,2	Gasóleo	32,3	3,3
Castilla-La Mancha	86,2	Gasóleo	38,3	Gas	27,6	36,2
Cataluña	76,0	Gas	48,3	Eléctrico	15,4	36,1
Comunitat Valenciana	61,1	Eléctrico	23,9	Bomba de calor	20,8	54,5
Extremadura	79,7	Eléctrico	28,3	Gas	23,7	58,0
Galicia	59,9	Gasóleo	24,6	Gas	17,0	1,0
Madrid (Comunidad de)	90,4	Gas	66,4	Eléctrico	15,6	43,5
Murcia (Región de)	87,6	Eléctrico	40,6	Bomba de calor	28,1	63,9
Navarra (Comunidad Foral de)	94,6	Gas	57,2	Gasóleo	28,7	11,4
País Vasco	89,9	Gas	57,2	Eléctrico	22,0	1,7
Rioja (La)	97,2	Gas	53,2	Gasóleo	33,6	13,3
Ceuta y Melilla	20,6	Bomba de calor	4,6	Eléctrico	2,3	27,6

Así mismo, partiendo de la tabla 5, se analiza el uso de sistemas de calefacción y refrigeración de las diferentes zonas de España. La tabla 6 se obtiene directamente, asignando los valores de las ciudades que cumplen con las características térmicas de la provincia. Hay que tener en cuenta que parte de las viviendas encuestadas no utilizaban sistemas de climatización.

Tabla 6. Porcentaje de uso de sistemas de climatización.

Fuente: Ponce, Claro; Carlos, José; 2011 [20]

Provincia	Tª	% Calefacción	%Refrigeración	No C/R
Cantabria	-5/15°C	76,9	0,07	23,03
Galicia	-1/22°C	59,9	1,00	39,10
Andalucía	0/35°C	43,00	57,00	0
Canarias	19/30°C	2,70	6,30	91

Si obtenemos el porcentaje de uso de calefacción frente al de refrigeración, se obtiene la tabla 7.

Tabla 7. Porcentaje de uso de sistemas de calefacción frente a refrigeración.

Fuente: Ponce, Claro; Carlos, José; 2011 [20]

T ^a	%Calefacción	%Refrigeración
-5/15°C	99	1
-1/22°C	98	2
0/35°C	43	57
19/30°C	30	70

De la tabla 7 se obtienen los porcentajes de uso de los diferentes sistemas de climatización en función de la zona climática. Partiendo de la tabla y los datos obtenidos de la INE, ver tabla 8, se obtienen las demandas energéticas de las viviendas estudiadas en función de su ubicación. Para calefacción y refrigeración hay un consumo medio de 53,71 kWaño/m², lo que supone algo más del 60% del consumo energético de la vivienda. En iluminación y agua caliente sanitaria hay un consumo medio de 8,95 kWaño/m² y 25,58 kWaño/m², respectivamente.

Tabla 8. Con sumos energéticos en España 2004. **Fuente:** INE.

Tipo	KW año/m ²	%
Calefacción		
Refrigeración	53,71	60,87
Iluminación	8,95	10,14
ACS	25,58	28,99

Una vez obtenidos los datos de consumo energéticos en función de la zona climática, se analiza el consumo de las viviendas en función de su ubicación dentro del edificio, nº de planta, tipos de locales medianeros etc. Para realizar ese estudio, nos ayudamos de la herramienta LIDER. La simulación de este programa consiste en comparar el edificio en estudio, denominado “objeto”, con el edificio de “referencia”, el cual tiene las mismas características, situación y orientación, con la única diferencia de que este cumple con los valores límites exigidos en el Código Técnico de la Edificación. Sabiendo que los valores que se obtienen de LIDER, son porcentajes referidos al edificio de referencia comenzamos con los ejemplos. Se realizan varios ensayos con viviendas situadas en diferentes localidades nacionales.

4º Cálculo de indicadores o factores de corrección.

Los factores de corrección aumentan o disminuye la demanda dependiendo de si las características del edificio en estudio sean mejor o peor desde el punto de vista del consumo energético. Poniendo como ejemplo la diversidad de cerramientos, que podemos utilizar y que se recogen dentro de las respuestas de la encuesta, se aprecia como el valor 1, se le asigna al cerramiento utilizado para el edificio de referencia y el resto se pondera en función de la mejora o empeoramiento de su transmitancia. El factor se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{Factor} = U_{\text{material}} / U_{\text{referencia}}$$

Ejemplo: Factor Piedra = $1,40 / 1,84 = 0,76$

Tabla 9. Valores de transmitancia. **Fuente:** Ponce, Claro; Carlos, José; 2011 [20].

Material	U (W/m2K)	Factor
Piedra (0,50 m)	1,40	0,76
Cerramiento cámara ventilada (0,25 m)	2,20	1,20
Ladrillo macizo(0,25 m)	2,52	1,36
Cerramiento cámara sin ventilar(0,25 m)	1,84	1,00
Madera(0,15 m)	1,20	0,65
Otros	1,40	1,36

5º Transformación de demanda en CO2.

Se analizan los datos correspondientes al módulo de preguntas que se representan la obtención de combustibles energéticos utilizados para cubrir las diferentes demandas que tiene el edificio en estudio. Los valores correspondientes a emisiones de CO2 se obtienen tras aplicar una emisión de traducción a la demanda energética parcial, en función de los combustibles usados en cada apartado, ver tabla 10. Según el combustible utilizado para calentar la vivienda, las emisiones de CO2, serán mayores o inferiores. Para determinar estas emisiones se toman los combustibles a utilizar y mediante la tabla 5 datos obtenidos del Informe Inventarios GEI 1990-2004 (mayo 2006) del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino, se obtiene la conversión de TCO2/TJ a emisiones de CO2 en KgCO2/KWh. Estos valores son los factores de repercusión que afectan directamente a las emisiones de CO2. La emisión de CO2 de la electricidad se obtiene a través del informe realizado por una empresa nacional de suministro de energía eléctrica.

Tabla 10. Conversión de datos obtenidos en el Informe Inventarios GEI 1990-2004 (mayo 2006).
Ministerio de medio ambiente y medio rural marino.

Combustible	Emisiones KgCO ₂ /KWh
Gas Natural	0,2463
Electricidad	0,3700
Antracita	0,4315
GLP	02770
Carbón	0,4442
Madera	0,0000
Gasoil	0,3253
Sin humos	0,0000

El dato correspondiente a las emisiones totales se obtiene sumando las parciales correspondientes a calefacción, refrigeración, iluminación y ACS. [20]

Resultados.

Se puede observar un resultado tipo de una encuesta, aplicado a una vivienda con las siguientes características:

- Unos 20 años de antigüedad.
- Envoltente, citara de ladrillo
- Cámara sin ventilar y tabique.
- Carpintería con vidrio doble.
- Calefacción y refrigeración mediante split.
- Agua caliente sanitaria a gas, sin apoyo de energía solar.
- Bombillas incandescentes

CONSUMOS PARCIALES AÑO

REFRIGERACIÓN	4033,82 KWh
CALEFACCIÓN	3964,70 KWh
ILUMINACIÓN	859,20 KWh
Acs	3192,38 KWh

CONSUMOS PARCIALES AÑO por m²

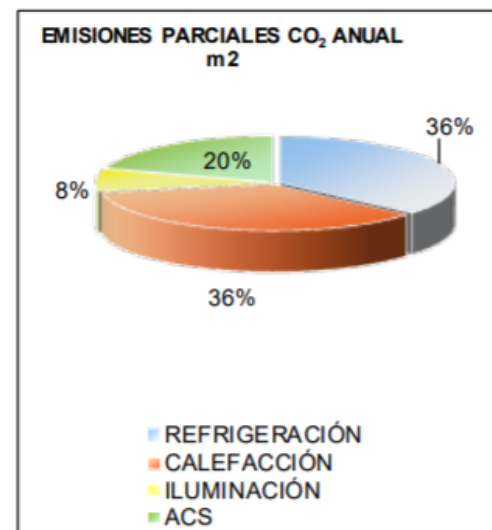
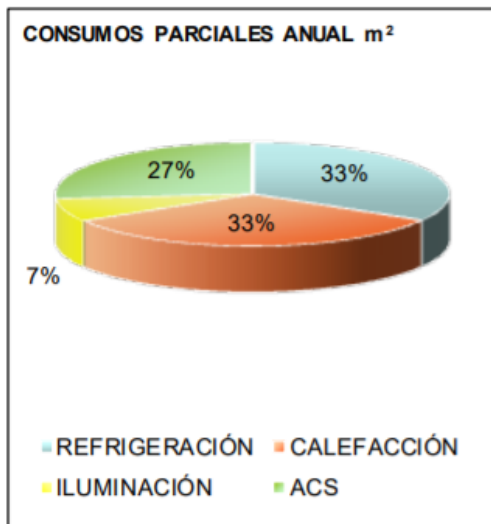
REFRIGERACIÓN	42,02 KWh/m ²
CALEFACCIÓN	41,30 KWh/m ²
ILUMINACIÓN	8,95 KWh/m ²
Acs	33,25 KWh/m ²

EMISIONES PARCIALES AÑO

REFRIGERACIÓN	1492,51 kgCO ₂
CALEFACCIÓN	1466,94 kgCO ₂
ILUMINACIÓN	317,90 kgCO ₂
Acs	825,60 kgCO ₂

EMISIONES PARCIALES AÑO por m²

REFRIGERACIÓN	15,55 kgCO ₂ /m ²
CALEFACCIÓN	15,28 kgCO ₂ /m ²
ILUMINACIÓN	3,31 kgCO ₂ /m ²
Acs	8,60 kgCO ₂ /m ²



EMISIONES TOTALES

año	4102,95 KgCO ₂
m ²	42,74 KgCO ₂

Figura 7. Representación gráfica de resultados totales y parciales de consumos energéticos y emisiones de CO₂. **Fuente:** Ponce, Claro; Carlos, José; 2011 [20]

7.17. METODOLOGÍA A UTILIZAR EN LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo a las investigaciones encontradas y el tipo de información presentada, se puede plantear dos escenarios: el primero; utilizando ambos estudios de manera consolidada para obtener una cuantificación de emisiones de CO₂ producidas por material, ya sea por peso o por metro cuadrado de construcción, utilizando como parámetro las tablas presentadas anteriormente ya que en cada paper se presenta cierta información que el otro no contempla, el segundo; sería realizar dos cuantificaciones, uno con cada tabla, con los datos disponibles de cada estudio y realizar una comparación de resultados,

con esto se pretende validar la información entre ellos, usando como base la construcción tipo de la presente investigación. De esta manera, obtener una línea base de generación de emisiones de CO₂ de los materiales de construcción utilizados según el tipo de construcción a proponer en la presente investigación, posteriormente utilizar los mismos parámetros para medir la reducción o aumento de las emisiones de CO₂ de acuerdo a los cambios en el diseño arquitectónico y constructivo del diseño original.

7.18. PROPUESTA DE PROCESO A SEGUIR PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE CO₂

Luego de la investigación realizada y lecturas de papers, se propone un proceso a seguir para la realización del cálculo de emisiones de CO₂ en viviendas de interés social de El Salvador.

El proceso surge de la unificación de los diferentes modelos investigados, cabe mencionar que no hay un modelo estandarizado, ya que los materiales, clima, actividades personales y el estilo de vida de los habitantes, hace que cada modelo se adapta al país o zona donde se realiza el cálculo.

Primer paso.

Se debe contar con diferentes modelos de viviendas a los que se les realizaría el cálculo de emisiones de CO₂ o varias del mismo modelo, para poder comparar los resultados entre los diferentes tipos de viviendas o promediar si son modelos iguales.

Segundo paso.

Cuantificar kg/m² construido de los componentes básicos utilizados: concreto, acero, entre otros. Estos datos se obtendrían de la información recolectada de la ficha técnica. Por lo tanto al momento de realizar la inspección se debe tener en consideración las medidas exactas de las áreas de la vivienda.

Tercer paso.

Con la información recolectada de la inspección, se elaboran tablas comparativas de volúmenes de obra para análisis económicos, con esto se tendrá la información de cada vivienda analizada y podrá visualizar entre ellas las diferencias que se presentan, con la finalidad de tener los datos ordenados y que el proceso sea más factible, facilitando el proceso de cálculo a realizar.

Cuarto paso.

Cuantificar emisiones CO₂ producido por kg de cada componente básico, para este paso se necesitará de tablas que se han analizado previamente en otros países o investigaciones como la tabla 1. Emisiones de CO₂ por kg de material y por m² construido del MCH. Así se contará con parámetros ya investigados.

Quinto paso.

Cuantificar emisiones de CO₂ producido por m² de superficie construida, se totalizan los resultados de las áreas obtenidas de la ficha técnica, con esto se conocerá cuales áreas y de que material son las que más aportan a la emisión de CO₂ de la vivienda.

Sexto paso.

Escoger alternativa con menor emisión de CO₂, al tener los resultados de las diferentes viviendas investigadas, se podrá analizarlos comparando áreas, materiales, procesos y con esto dar un aporte al sector de la construcción, en la toma de decisión de las viviendas a construir que menos producen CO₂.

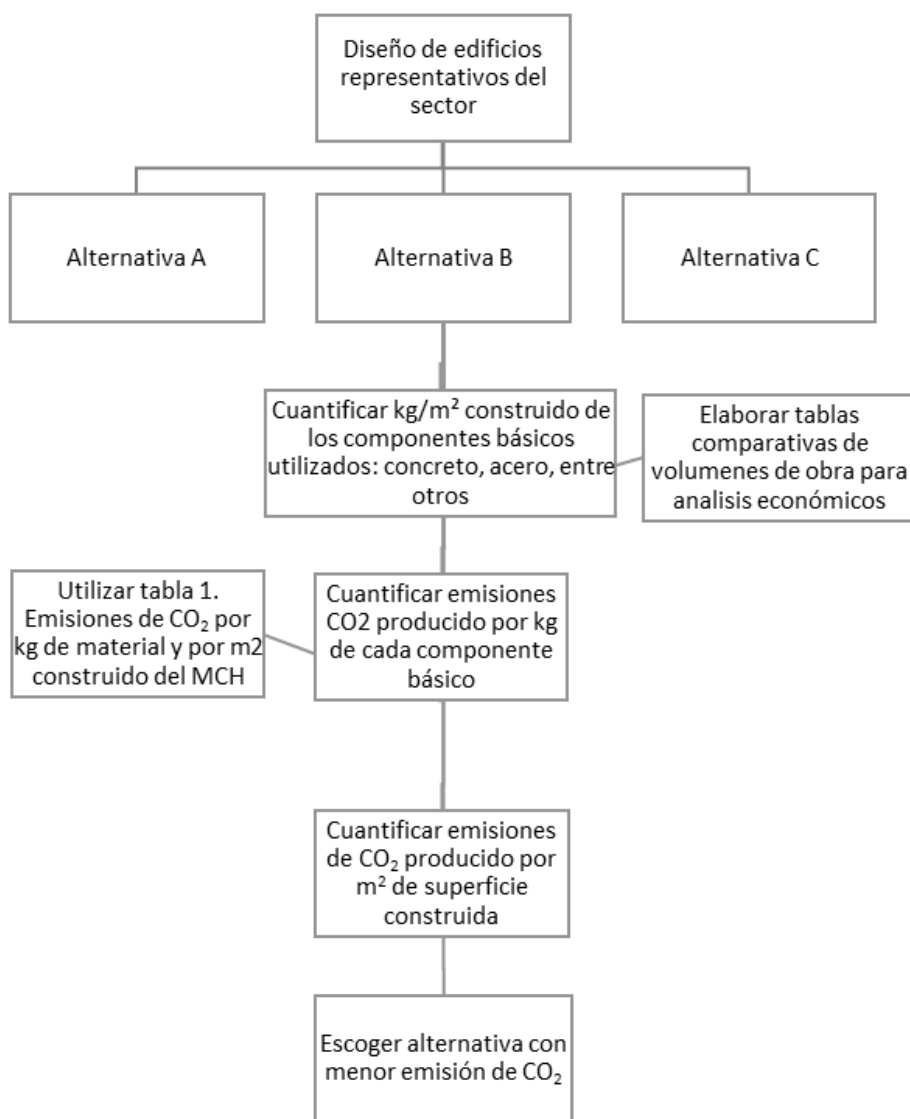


Figura 8: Diagrama del proceso para el cálculo de emisión de CO₂. **Fuente:** Elaboración propia.

7.19. FICHA TÉCNICA PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Para realizar los análisis de cuantificación de emisiones de CO₂, en edificaciones o viviendas de interés social, se tiene que reunir información técnica de gran importancia para poder determinar cómo intervenir o mejorar los diseños de las viviendas.

Para estandarizar la información que se necesita, se diseñó una ficha técnica donde la persona que realice la inspección a la vivienda debe ir rellenando cada uno de los apartados que esta contiene. A continuación, se describe que información se solicita en dicha ficha:

Primera parte, DATOS GENERALES:

- **Nombre del propietario:** la persona que es dueña de la propiedad.
- **Nombre de ocupante:** puede repetirse el nombre de punto anterior, o si las personas alquilan, los que habitan en la vivienda en el momento de la inspección.
- **Dirección del inmueble:** colocar lotificación, colonia, municipio, departamento, calle, senda, número de casa.

Segunda parte, CARACTERÍSTICAS Y/O DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO:

- **Servicios e infraestructura:** cunetas, cordones, aceras, revestimiento acceso, ANDA, pozo propio, colector de aguas lluvias, energía, teléfono, tren de aseo, entre otros. Cada uno de ellos se debe especificar si se cuenta o no con estos servicios y si los tienen en qué estado se encuentran.
- **Comentarios:** se deja un espacio para que el que realiza la inspección pueda escribir algo extra que pueda tener la y sea de interés y relevancia para la investigación.

Tercera parte, DESCRIPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN:

- **Tipo de construcción:** se presenta un listado de los tipos de construcción más comunes que se utilizan para viviendas de interés social; Sistema Mixto, Bloque de concreto, ladrillo de barro cocido, entre otros.
- **Estructura del techo:** se describe si es de lámina, teja, losa de concreto, lámina simulación de teja, entre otros.
- **Ambientes:** colocar cada espacio que corresponde a la distribución interna de la vivienda, sala, comedor, cocina, cantidad de dormitorios, cochera, terraza, oficina, patio, etc.

Cuarta parte, CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCIÓN:

- En esta parte de la ficha se optará por la selección de las diferentes características de los materiales con los que se ha construido las paredes, pisos, techos, ventanas, entrepisos, pantries.

Quinta parte, DESCRIPCIÓN AMBIENTAL.

- Se describirá el tipo de vegetación, el entorno ecológico, contaminación y riesgos naturales o físicos del ambiente que rodea a la vivienda o el terreno.

Sexta parte, LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA.

- Deben colocarse las cantidades y unidades de las diferentes áreas construidas y el estado de conservación, por ejemplo, piso de concreto hidráulico 50 m².

Séptima parte, OBSERVACIONES:

- El inspector en este espacio podrá escribir algunas reflexiones, análisis o aclaraciones de lo que observe en la visita técnica.

Octava parte, ESQUEMA DE UBICACIÓN:

- Durante la visita deben hacer un esquema de ubicación a mano alzada, colocando los puntos de referencia más cercanos parques, comercios, instituciones públicas o privadas, nomenclatura de calles y avenidas.

Novena parte, DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA Y ELEVACIONES (sin escala):

- Se hará una representación en vista de planta de la distribución de la vivienda, colocándole las medidas a cada espacio, ubicación de puertas y ventanas, escaleras.

Décima parte, REPORTE FOTOGRÁFICO:

- Se colocarán fotografías que respalden toda la información colocada en los numerales anteriores, las fotografías deben ser claras, no borrosas, ni oscuras.

8. CONCLUSIONES

- 1) En el proceso de la búsqueda de la emisión de CO₂ de los materiales de construcción, se pueden encontrar diferente información sobre un mismo material, debido a que para estos datos intervienen clima, tipo de extracción, maquinaria que se utilizó, tipo de energía, entre otros factores. Esto dificulta que se tenga una sola respuesta, más bien dependerá de la información que se utilice.
- 2) Existen diferentes modelos de cuantificación de emisiones de CO₂ para construcciones y cada uno de ellos se puede tomar de forma individual o fusionando la información como base para realizar un nuevo análisis a una construcción.
- 3) Los materiales de la construcción que menos contribuyen a la emisión de CO₂ asociadas a su fabricación, son los materiales que tiene menos procesamiento, los materiales del sitio y que se utilizan en su estado más natural dentro de las viviendas.
- 4) De acuerdo a lo investigado, se encontró que los materiales de construcción con mayores emisiones de CO₂ por kilogramo fueron el acero y el hormigón armado utilizado en las partes estructurales, así como el vidrio y losas para las envolventes, seguidos de la madera y el cemento, siendo el menor el hormigón premezclado, ladrillos rojos y arena.
- 5) La creación de la ficha técnica ayudará a estandarizar la recolección de información técnica, que se utilizaría en el análisis de cuantificación de emisiones de CO₂. Con esto los resultados tendrán mayor exactitud, credibilidad y respaldo técnico.

9. RECOMENDACIONES

- 1) Realizar investigaciones individuales sobre el proceso del análisis del ciclo de vida (ACV) de los materiales mayormente utilizados en el rubro de la construcción de infraestructura, como el concreto hidráulico y sus componentes, perfiles de acero, madera, ladrillos de obra, entre otros.

- 2) Solicitar por parte de entidades como el Ministerio de Obras Públicas que dentro de las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar en los proyectos de construcción, las empresas promuevan cierta cantidad de materiales con bajo consumo energético en su producción o fabricación.
- 3) Gestionar incentivos fiscales a proyectos privados donde se promueva el uso de materiales de construcción amigables con el medio ambiente.

10. GLOSARIO

Ecoeficiencia

Se define como proporcionar bienes y servicios a un precio competitivo, satisfaciendo las necesidades humanas y la calidad de vida, al tiempo que se reduce progresivamente el impacto ambiental y la intensidad de la utilización de recursos a lo largo del ciclo de vida, hasta un nivel compatible con la capacidad estimada que puede soportar el Planeta.

Economía ambiental

Es el estudio de la conservación de los recursos naturales. Aplica instrumentos analíticos a las decisiones económicas que repercuten en el medio ambiente, considerando este como un proveedor de recursos ecológicos, naturales, de servicios recreativos, etc. Surge para plantear vías favorables que deriven a la optimización de la explotación de los recursos naturales que son escasos, pero con diversos usos por los cuales hay que optar.

Esmog

Nube baja formada de dióxido de carbono, hollines, humos y polvo en suspensión que se forma sobre las grandes ciudades o núcleos industriales.

Gases de efecto invernadero

Gases integrantes de la atmósfera, de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera, y las nubes. Esta propiedad causa el efecto invernadero. El vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), y ozono (O₃) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre.

HAUSS

HÁBITAT URBANOS SOSTENIBLES HAUS. Es una guía local de recomendaciones para la implementación de prácticas que promueven las edificaciones sostenibles en el Área Metropolitana de San Salvador AMSS

creada por el Consejo de Alcaldes y la Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador COAMSS OPAMSS y el asesoramiento de El Salvador Green Building Council ESGBC.

Hincado

Introducir con fuerza una cosa en otra para que quede fija y bien afianzada: hincar los pilotes, hincar los palos de una cerca

Los indicadores de desempeño energético (IDE).

Son las expresiones y valores usados para monitorear, controlar y/o supervisar cambios en el rendimiento de la energía, y reducir pérdidas energéticas en cualquier proceso productivo

Per Cápita

Significa 'por cabeza', 'por cada individuo'. Es una expresión asociada fundamentalmente al ámbito de la economía y las estadísticas. Es empleada para establecer la relación entre una variable económica y el número total de personas a las que afecta.

PIB

El producto interior bruto (PIB) es un indicador económico que refleja el valor monetario de todos los bienes y servicios finales producidos por un país o región en un determinado periodo de tiempo, normalmente un año. Se utiliza para medir la riqueza que genera un país. También se conoce como producto bruto interno (PBI)

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ministerio de ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, «Los materiales de la construcción de vivienda de interes social,» Guías de Asistencia Tecnica para Vivienda de interes social, nº 2, p. 47, 2011.
- [2] Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos, «Vivienda sustentable la localización como factor estrategico para su desempeño ambiental, economico y social.,» México, D.F, 2014.
- [3] E. Raffo lecca, «valoración económica ambiental: el problema del costo social,» revista de la facultad de ingenieria industrial, vol. 18, nº 1, pp. 108-118, 2015.
- [4] “. J. D. O. Múnera and F. C. Restrepo, «Valoración económica de costos ambientales: marco conceptual y métodos de estimación,» vol. 7, nº 13, pp. 159-193.
- [5] J. Múnera y f. Restrepo, «valoración económica de costos ambientales: marco conceptual y métodos de estimación,» semestre economico, vol. 7, nº 13, pp. 159-196, 2012.
- [6] Instituto para la Salud Geoambiental, «Instituto para la Salud Geoambiental,» 17 6 2014. [En línea]. Available: <https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-carbono-co2>. [Último acceso: 2 10 2020].

- [7] España a Través de los Mapas, «España a Través de los Mapas,» [En línea]. Available: https://www.ign.es/espmap/mapas_conta_bach/Contam_Mapas_04.htm. [Último acceso: 2 10 2020].
- [8] Naciones Unidas en El Salvador y PNUD, «El ABC del Cambio Climático en El Salvador,» Impresos múltiples, San Salvador, 2007.
- [9] M. Barrios, «¿qué es el costo ambiental?,» anales de la educación común, nº 8, pp. 113-119, 2007.
- [10] A. Enshassi, b. Kochendoerfer y e. Rizq, «evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción,» revista ingeniería de construcción, vol. 29, nº 3, pp. 234-254, 2014.
- [11] Camara Salvadoreña de la Construcción, «Camara Salvadoreña de la Construcción,» [En línea]. Available: <http://www.casalco.org.sv/archivos/Anteproyecto%20de%20ley%20especial%20de%20vivienda%20de%20interes%20social.pdf>. [Último acceso: 10 2 2020].
- [12] Datosmacro.com, «Datosmacro.com,» 2019. [En línea]. Available: <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/el-salvador>. [Último acceso: 5 12 2020].
- [13] Growingbuildings, «Construcción y emisiones CO2 a la atmósfera,» 30 03 2019. [En línea]. Available: <https://growingbuildings.com/construccion-y-emisiones-co2-a-la-atmosfera/>. [Último acceso: 12 11 2020].
- [14] S. D. D. G. A. A. U. Y. S. S. Ignacio zabalza bribían, «ecohabitar,» centro de investigación de recursos y consumos energéticos, 18 01 2020. [en línea]. Available: <https://ecohabitar.org/impacto-de-los-materiales-de-construccion-analisis-de-ciclo-de-vida/>. [último acceso: 11 12 2020].
- [15] Q. G. C. Nataly, «análisis de la energía incorporada y emisiones de co2 aplicado a viviendas unifamiliares de eficiencia energética,» universidad politécnica de catalunya, barcelona, 2016.
- [16] «News Solicima,» 2019. [En línea]. Available: <https://news.soliclíma.com/noticias/ahorro-energetico> (2019). [Último acceso: 29 2019 2019].
- [17] Mercader, et al., «Modelo de cuantificación de las emisiones de CO2 producidas en edificación derivadas de los recursos materiales consumidos en su ejecución,» Sevilla, 2012.
- [18] Po-Ju Huang, et al., «Relationships between CO2 emissions and embodied energy in building,» sciencedirect, Taipei, 2019.
- [19] S. U. M.t. brown, «energy quality, emergy, and transformity: h.t. odum's contributions to quantifying and understanding systems, ecol. Model.,» 2004.
- [20] C. Ponce y J. Carlos, «Modelo para el calculo simplificado de emisiones de CO2 de las viviendas de Europa,» 2011. [En línea]. Available: https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/34514/jse_05.pdf?sequence=4&isAllowed=y. [Último acceso: 12 01 2021].

12. ANEXOS

12.1. FICHA TÉCNICA CREADA

ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA FEPADE DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA (SEDE CENTRAL)										
INFORME LEVANTAMIENTO TÉCNICO DE INFRAESTRUCTURA DE VIVIENDAS EN ESTUDIO										
NOMBRE TÉCNICO QUE REALIZA LEVANTAMIENTO:								FECHA DE INSPECCION:		
NOMBRE TÉCNICO QUE REALIZA INFORME:								FECHA INFORME:		
DATOS GENERALES										
PROPIETARIO:										
OCUPADO POR:										
DIRECCION ACTUAL INMUEBLE:										
CARACTERÍSTICAS Y/O DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO										
NATURALEZA DEL INMUEBLE										
SERV. E INFRAEST.	ENTORNO	LOTE	ESTADO	SERV. E INFRAEST.	ENTORNO	LOTE	ESTADO	USO DE SUELO DE LA ZONA	%	
CUNETAS				ANDA				COMERCIAL		
CORDONES				FOSA SEPTICA				RESIDENCIAL		
ACERAS				PLANTA TRATAM.				INSTITUCIONAL		
REVEST. ACCESO				COLECTOR A.LL.				VIVIENDAS		
ANDA				ENERGIA ELECT.				HÓMOG. CON ENTORNO		
ANDA				TELEFONO				CONSTRUC. EN SECTOR		
POZO PROPIO				TREN DE ASEO				VIGILANCIA EN SECTOR		
				ALUM. PUBLICO				DENSIDAD POBLACIONAL		
DISTANCIA VIV. A			APROX.	COMENTARIOS SOBRE ENTORNO DEL TERRENO						
TRANSPORTE PUBLICO			m							
CENTRO DE LA POBLAC.			km							
COMERCIO			m							
NIVEL SOCIO-ECONOMICO										
BAJA			ALTA							

DESCRIPCION DEL TERRENO					
MEDIDAS PERIMETRICAS DEL TERRENO					
PARAMETRO	NORTE	SUR	ESTE	OESTE	
ESCRITURA					
CAMPO					
NAT. DEL INMUEB.	NIV. RESP. A CALLE		TOOGRAFIA	FORMA TERRENO	
USO ACTUAL	CALIDAD DE SUELO				
VOCAC. ACTUAL	VEGETACION				
DESCRIPCION DE LA CONSTRUCCION					
DESCRIPCION	TIPO CONSTRUCCION		ESTRUCTURA TECHO		USO ACTUAL
TIPO DE INMUEBLE:	ACCESO	SISTEMA	ESTADO	SISTEMA	ESTADO
					AÑO DE CONSTRUCCION
AMBIENTES		ASPECTOS CUALITATIVOS DEL INMUEBLE			
COCHERA PARA UN VEHICULO (ESTACIONAMIENTOS)		DORMITORIO PPAL. CON BAÑO		UBICACION	
SALA		DORMITORIO SECUNDARIO		MANTENIMIENTO	
COMEDOR		BAÑO COMPLETO		ACABADOS	
COCINA		AREA DE OFICIOS		VENTILACION	
TERRAZA		PATIO TENEDERO		JUNCIONALIDAD ARQUITECT.	
LOCALES COMERCIALES		BAÑO (INODORO +LAVAMANOS)		ILUMINACION	
SOTANOS					
NIVELES CONSTRUIDOS				COORDENADAS	
CARACTERISTICAS DE LA CONSTRUCCION					
TECHO	PUERTAS		CLOSETS		
ESTRUCTURA	VENTANAS		REVESTIMIENTOS		
PAREDES	DEFENSAS		INST. HIDRAULICAS		
PISOS	ENTREPISOS		INST. ELECTRICAS		
CIELOS	PANTRIES		OTROS		
DESCRIPCION AMBIENTAL					
VEGETACION		ENTORNO ECOLOGIC. NATURAL		ENTORNO AMBIENTAL	
ABUNDANTE		CON VEGETACION		PREDOMINIO DE	
MINIMA		SIN VEGETACION			
RIESGOS NATURALES O FISICOS :			CONTAMINACION		
LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA					
CONSTRUCCION	CANTIDAD	UNIDAD	ESTADO DE CONSERVACION		
PISO DE CONCRETO HIDRAULICO e=15 cm		m ²			
CUBIERTA DE TECHO DE TEJA SOBRE LAMINA GALVANIZADA		m ²			
PARED DE BLOQUE DE CONCRETO REFORZADA e = 15 cm		m ²			
PUERTA DE MADERA		C/U			
VENTANA DE VIDRIO CON MARCOS DE ALUMINIO		m ²			
REPELLADO, AFINADO Y PINTURA EN PARED		m ²			
OBSERVACIONES					
ESQUEMA DE UBICACION, SIN ESCALA					

SEDE CENTRAL Y CENTROS REGIONALES EL SALVADOR



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro centros regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

1. SEDE CENTRAL SANTA TECLA

Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.
Tel.: (503) 2132-7400

2. CENTRO REGIONAL SANTA ANA

Final 10a. Av. Sur, Finca Procavia.
Tel.: (503) 2440-4348

3. CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA

Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.
Tel.: (503) 2334-0763 y 2334-0768

4. CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.
Tel.: (503) 2669-2298

5. CENTRO REGIONAL LA UNIÓN

Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión
Tel.: (503) 2668-4700