

Universidad de Costa Rica

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil

Cálculo de la huella de carbono emitida en Costa Rica al construir una casa típica  
de clase media en condominio horizontal en el Gran Área Metropolitana

Proyecto de Graduación

Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

José Daniel Caro Flórez

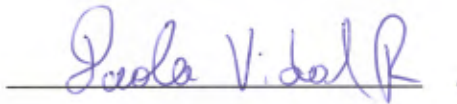
Directora del Proyecto de Graduación:

Ing. Paola Vidal Rivera

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Hoja de Aprobación

Miembros del Tribunal Examinador



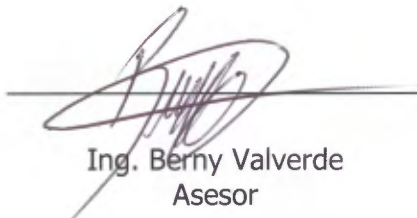
Ing. Paola Vidal Rivera  
Directora



José Daniel Caro Flórez  
Estudiante



Ing. Robert Anglin Fonseca MAG.  
Asesor



Ing. Berny Valverde  
Asesor

Fecha: 2019, agosto, 13

El suscrito, José Daniel Caro Flórez, cédula de residencia 117001518632, estudiante de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con número de carné A61221 manifiesta que es autor del Proyecto Final de Graduación Cálculo de la huella de carbono emitida en Costa Rica al construir una casa típica de clase media en condominio horizontal en el Gran Área Metropolitana, bajo la dirección de la Ing. Paola Vidal Muñoz, quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre los resultados de esta investigación.

Asimismo, hago traspaso de los derechos de utilización del presente trabajo a la Universidad de Costa Rica para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

Nota: De acuerdo con la ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Artículo 7 (versión actualizada el 02 de julio de 2001): **“no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ella interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones a adiciones editoriales”**. Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, Artículo 13 de esta ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

Caro Flórez, José Daniel

Cálculo de la huella de carbono emitida en Costa Rica al construir una casa típica de clase media en condominio horizontal en el Gran Área Metropolitana

Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil – San José. C.R.:

J. Caro F., 2019

iv, 53, [9]h; ils. col. – 67 refs.

## RESUMEN

El calentamiento global es una problemática mundial, el gobierno de Costa Rica ha enfocado esfuerzos en combatir este problema incentivando a la empresa privada a realizar acciones que disminuyan la huella de carbono del país.

Se hace el cálculo de la huella de carbono para la construcción de una casa típica, bajo los principios de la norma PAS 2050, permitiendo conocer a su propietario y al constructor este dato, de forma que puedan tomar decisiones para disminuir o compensar las emisiones de CO<sub>2</sub> realizadas.

El cálculo se realiza para el proceso constructivo de la casa, no toma en cuenta las emisiones de actividades como la fabricación de materiales por otras industrias, ni las generadas durante la vida útil de la casa o durante su demolición final.

Las fuentes de dióxido de carbono identificadas durante el proceso constructivo son: Transporte de materiales desde puertos, transporte de materiales desde depósitos, emisiones de maquinaria eléctrica y de combustible, transporte de mano de obra e inspección, de funciones fisiológicas de la mano de obra. Las primeras generan más emisiones que las últimas.

En el proceso de construcción de la casa se emiten 86,4 kg de CO<sub>2</sub> por metro cuadrado de construcción, este valor se puede usar para estimar la huella de carbono de una casa de clase media, así como se usa el precio por metro cuadrado para estimar el costo de una casa

El Fondo Nacional de Financiamiento Forestal FONAFIFO vende Créditos de Carbono, con el dinero de estas ventas financia actividades de fijación de carbono, brindando a quienes quieren compensar sus emisiones una herramienta para lograrlo.

Ing. Paola Vidal Rivera

Escuela de Ingeniería Civil

## AGRADECIMIENTO

Los talentos y dones vienen de Dios, quien merece gratitud por haber permitido aplicarlos durante el desarrollo de este documento y por darme unos padres que me han inculcado valores, como el del estudio, se han esforzado por darme educación de calidad desde mi infancia, por lo que siempre estaré agradecido con ellos.

Agradezco a mi compañera de vida por impulsarme y acompañarme durante este proceso.

Agradezco a todos los funcionarios de la Universidad de Costa Rica que realizaron un aporte para realizar este trabajo final de graduación.

## Índice general

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Justificación .....	1
<b>1.1.1 El problema específico .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.2 Importancia .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.3 Antecedentes teóricos y prácticos del problema.....</b>	<b>4</b>
1.2 Objetivos .....	5
<b>1.2.1 Objetivo general.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>5</b>
1.3. Marco teórico e hipótesis.....	5
<b>1.3.1 Reseña de la construcción de vivienda en Costa Rica.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3.2 Huella de Carbono.....</b>	<b>7</b>
1.4 Delimitación del problema .....	9
<b>1.4.1 Alcance .....</b>	<b>9</b>
1.5 Limitaciones.....	10
1.6 Descripción de la metodología del proyecto.....	11
CAPÍTULO 2. DEFINICIÓN DE METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE EMISIONES DE CO <sub>2</sub> .....	13
2.1. Normas y certificaciones a considerar .....	13
<b>2.1.1. Certificación LEED.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.2. INTE B5:2016 .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.3. EDGE, <i>Excellence In Design For Greater Efficiencies</i> .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.4. RESET, Requisitos para Edificaciones Sostenibles en el Trópico .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.5. PAS 2050.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.6. ISO 14001 .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.7. ISO 14067 .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.8. ISO 14064 .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.9. Protocolo de gases de efecto invernadero GHG .....</b>	<b>17</b>
2.2. Selección de metodología para el cálculo .....	17
CAPÍTULO 3. CUANTIFICACIÓN DE RECURSOS PARA CONSTRUIR LA CASA.....	19

CAPÍTULO 4. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO APLICANDO LA NORMA PAS 2050 ....	30
4.1 Transporte .....	30
<b>4.1.1 Transporte de materiales .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1.2 Transporte de personal .....</b>	<b>33</b>
4.2 Uso de maquinaria y equipo .....	34
<b>4.2.1 Consumo eléctrico.....</b>	<b>35</b>
<b>4.2.2 Uso de combustibles .....</b>	<b>39</b>
4.3 Emisiones humanas .....	40
4.4 Resumen .....	41
CAPÍTULO 5. COMPENSACIÓN DE LAS EMISIONES .....	43
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	47

## Índice de Anexos

- Anexo 1. Distribución arquitectónica de casa a analizar
- Anexo 2. Lista de condominios que ofrecen casas similares a la del anexo 1.
- Anexo 3. Distancia desde fuente y emisiones de transporte.

## Índice de figuras

Figura 1. Evolución del impacto de la construcción en el PIB de Costa Rica. ....	1
Figura 2. Ciclo del calor y emisión de gases contaminantes.....	9
Figura 3. Diagrama de flujo de metodología de Cálculo de emisiones de CO <sub>2</sub> en la construcción de la casa.....	12
Figura 4. Proyectos con la casa típica de clase media analizada.....	20
Figura 5. Cronograma de la construcción de la casa, actividades en UNIFORMAT nivel 3. ...	22
Figura 6. Ubicación propuesta de la casa.....	31
Figura 7. camión tándem Freifhtliner M2 25k.....	32
Figura 8. Distancia desde los puertos al proyecto.....	33
Figura 9. Partes de la batidora. ....	36
Figura 10. Partes del esmeril.....	37
Figura 11. Vibrador de concreto. ....	38
Figura 12. Taladro.....	39
Figura 13. Compactador manual.....	40
Figura 14. Porcentaje de emisiones de CO <sub>2</sub> por tipo de fuente.....	41
Figura 15. Emisiones de CO <sub>2</sub> por actividad, Nivel 3 de UNIFORMAT.....	44

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Cantidad de recursos para construir la casa.....	22
Cuadro 2. Emisiones de dióxido de carbono en la construcción de la casa por fuente de emisión.....	42
Cuadro 3. Origen de materiales importados.....	45
Cuadro 4. Fijación de dióxido de carbono por hectárea y por año en Costa Rica. ....	46
Cuadro 5. Emisiones totales y factores de emisión.....	52





## CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Justificación

#### 1.1.1 El problema específico

La construcción es una actividad económica muy importante para el país como se indica en la figura 1, es un indicador de la economía nacional. Según el Banco Central, en el 2018, ante un PIB con un crecimiento menor a lo previsto a inicios del año, es la actividad económica que presenta más indicios de recuperación.

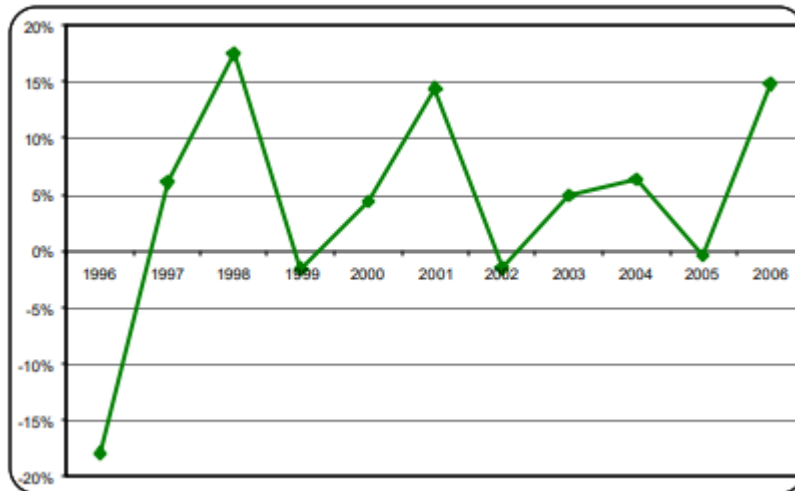


Figura 1. Evolución del impacto de la construcción en el PIB de Costa Rica.

Fuente: Cámara Costarricense de la Construcción. (2007). Decimotercer Informe del Estado de la Nación. Recuperado de [https://estadonacion.or.cr/files/biblioteca\\_virtual/013/Sector-construccion.pdf](https://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/013/Sector-construccion.pdf)

En el 2017 aumentó la construcción de condominios residenciales horizontales en Costa Rica. Al comparar los registros de proyectos aprobados del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, se observa un repunte en el oeste de la capital.

Al haber una alta oferta de un producto similar, las constructoras o desarrolladoras que venden estas casas buscan la forma de diferenciarse, algunas optimizan los diseños y procesos constructivos para minimizar el gasto y el precio final de la casa. Otras ofrecen una obra con acabados llamativos, zonas comunes, zonas comerciales integradas al proyecto habitacional; un valor agregado puede ser ofrecer un proyecto o una casa carbono neutral.

Esta industria es un impulsor de la economía, con lo cual el país se ve beneficiado, pero tiene un impacto ambiental, inclusive al cumplir con las normas nacionales y teniendo todos los permisos de construcción.

En los trámites para obtener los permisos de construcción no se analiza directamente la cantidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitida a la atmósfera durante la construcción de los proyectos. Las emisiones de CO<sub>2</sub> y de otros gases son una de las principales causas de la contaminación y del cambio climático.

Diversas entidades se han sumado a la tarea de reducir o compensar las emisiones de CO<sub>2</sub>, asumiendo un compromiso ambiental orientado por una política nacional que tiene como meta la carbono neutralidad para el 2021.

Como resultado de la iniciativa de diferentes entidades o individuos, como el Ministerio de Medio Ambiente y Energía; y el Colegio de Ingenieros y Arquitectos, se cuenta con datos y metodologías aplicadas en el país para el cálculo de la huella de carbono, pero hace falta material para fortalecer las bases de datos e información que se encuentra disponible y validar resultados similares obtenidos en análisis anteriores.

### **1.1.2 Importancia**

La reducción o compensación de gases de efecto invernadero disminuye la contaminación generada y por ende el impacto ambiental, siendo consecuentes con las políticas nacionales y con valores que identifican a Costa Rica ante el mundo.

Promover la reducción de las emisiones de dióxido de carbono o compensarlas, incentiva a la industria de la construcción a ser impulsora del cuidado del medio ambiente, así como es protagonista en la economía nacional.

Sucede que en algunos proyectos se producen unidades en serie, por ejemplo, hay condominios en los que se construye un mismo tipo de casa varias veces, generando más contaminación que al construir una sola vivienda.

Al analizar la emisión de CO<sub>2</sub> de una casa típica de un condominio se puede obtener la huella de carbono generada al construir todas las casas de ese tipo del proyecto, obteniendo un

dato más significativo que al analizar una casa con un diseño único y particular, ya que los resultados representan a un porcentaje mayor de la construcción de viviendas en el país, más aún si esta casa se construye en proyectos diferentes.

Al realizar la cuantificación de las emisiones de dióxido de carbono de una casa, toda persona o empresa que la construya tiene este dato, lo que le permite tomar decisiones relacionadas con la disminución del impacto ambiental de su proyecto.

Además de presentar el resultado de la cuantificación, es de conocimiento público la metodología planteada y el desglose de emisiones por actividades o elementos de la casa, permitiendo extrapolar estos datos a construcciones similares que realicen las mismas actividades o construyan los mismos elementos.

Se obtiene un indicador nuevo para la construcción de casas, este indicador es las toneladas de dióxido de carbono emitidas por área de construcción, indicador que se puede usar como referencia para casas similares, tal y como se hace al usar el costo de un proyecto como referencia al analizar el costo de un proyecto similar.

Para este proceso fue necesario calcular la cantidad de materiales, mano de obra y equipos, siendo estos datos de carácter público y pueden ser usados por quien vaya a construir este tipo de casas, esta tarea es de gran importancia en la relevancia de los resultados como se explica más adelante.

Los resultados y metodologías planteadas son útiles para aquellas personas o empresas que deseen certificar sus procesos y productos en temas ambientales, obteniendo prestigio ante clientes y entidades relacionados con el proceso de venta y financiamiento de las viviendas y los proyectos; en otros países se obtiene reducción de cargas impositivas.

Las entidades nacionales encargadas de las normas y reglamentos ambientales no cuentan con una metodología de cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> aplicable a la industria de la construcción, de ahí la importancia de definir una.

Los indicadores unitarios de emisiones de CO<sub>2</sub> se incluyen en la memoria de cálculo, por lo que cualquier construcción que utilice los mismos recursos, así no sea de viviendas, puede aplicar estos indicadores a las cantidades de sus presupuestos y en lugar de obtener un costo obtendrá una estimación de emisiones de dióxido de carbono, lo que genera una herramienta

y una base de datos aplicable a la industria de la construcción de manera amigable y sencilla, sin necesidad de tener conocimientos o programas de cómputo avanzados.

### **1.1.3 Antecedentes teóricos y prácticos del problema**

Como se menciona en el punto anterior, en el mundo existen diversas metodologías para calcular las emisiones de gases contaminantes, así como bases de datos de las emisiones generadas al fabricar ciertos productos.

Las principales normas y bases de datos han sido generadas en Inglaterra y Nueva Zelanda como la *National Greenhouse Accounts Factors*, dando origen a las normas británicas como las ISO y la PAS 2050, en las que se basan la mayoría de las normas del mundo, siendo adaptadas a las condiciones locales de cada país.

En el país no se ha definido una metodología a seguir, lo cual no implica que no se hayan hecho análisis de producción de carbono; estos análisis se basan en las normas internacionales aplicadas al ambiente local.

Al ser la construcción una industria diferente a las demás, ya que cada producto o proyecto es diferente, se necesitan definir los procesos para conocer si cada metodología analizada es aplicable o no al estudio a realizar, planteando criterios acceso a las normas y aplicabilidad en Costa Rica.

En el país se ha cuantificado la emisión de CO<sub>2</sub> en diferentes proyectos de construcción como la Delegación Policial de León XIII, cada uno con metodologías que difieren en algunos puntos, como en la norma usada para el cálculo, la muestra de estudio y el ciclo de vida del proyecto, pero que llevan una misma línea de acción, más adelante se dará una breve reseña de los estudios realizados.

Aunque hay diferentes entidades o personas interesadas en disminuir o compensar las emisiones de gases contaminantes, los métodos de cálculo no están generalizados, lo que genera que los resultados tengan diferencias en el cálculo y no puedan usarse como indicadores generales al ser comparados con resultados obtenidos por otros métodos.

En el país existen entidades como el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, que se encargan de la compensación de las emisiones de CO<sub>2</sub>, pero no tienen disponible la información que han recopilado, ya que esta sólo se brinda a quien se va a certificar o a quien va a compensar, limitando económicamente a quienes quieren realizar los cálculos de emisiones de CO<sub>2</sub> por cuenta propia siguiendo un estándar.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general

Calcular la huella de carbono de una casa tipo, la cual ha sido construida, vendida o con permisos en trámite entre 2014 y 2017, en el Gran Área Metropolitana por diferentes empresas encargadas de la construcción o venta de viviendas en condominio residencial horizontal. Ese cálculo se hará basado en la norma PAS 2050.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Cuantificar los recursos a usar para construir la casa tipo.
- Definir la norma que regirá la metodología del cálculo de huella de carbono.
- Aplicar la metodología, según la norma elegida, al cálculo de la huella de carbono generada en la construcción de la casa tipo.
- Proponer alguna medida de compensación de emisiones de CO<sub>2</sub> al construir la casa tipo.

## 1.3 Marco teórico e hipótesis

### 1.3.1 Reseña de la construcción de vivienda en Costa Rica

La vivienda y la construcción en Costa Rica han cambiado a lo largo de su historia, anteriormente se construía con sistemas y materiales diferentes a los usados hoy en día, pero debido a cambios económicos, sociales, culturales y técnicos, estos sistemas y materiales han ido cambiando.

Bernardette Esquivel y Henry Vargas han realizado investigaciones del uso del bahareque y adobe en los siglos XVIII y XIX en Costa Rica, estos sistemas hacían uso de zócalos, estructuras de madera, barro y material orgánico como aislantes, repellos con barro y tuna.

Richard Woodbridge, en su libro, Historia de la Arquitectura en Costa Rica, reseña como el auge económico generado por el café a partir de 1871 permite que en la meseta central las construcciones sean neoclásicas, eclécticas, afrancesadas y neogóticas; usando las técnicas de construcción y materiales correspondientes a cada estilo se empezaron a usar materiales importados, las piezas de algunos edificios se prefabricaban en el exterior y se ensamblaban en el lugar del proyecto.

Diferentes acontecimientos han generado un cambio tecnológico, los terremotos han ocasionado grandes daños a la infraestructura nacional, especialmente a aquellas estructuras que no son sismos resistentes, como es el caso de las construidas con bahareque o adobe a tal punto de ser prohibidas por el Código Sísmico de Costa Rica.

Un factor económico que ha cambiado la forma de construir es el precio de los materiales no estructurales de las edificaciones, con lo que se ha implementado el uso de sistemas prefabricados y de materiales como el muro seco.

La ubicación territorial de los centros de trabajo ha impulsado la construcción de residencias cerca de estas áreas, de forma tal que los empleados de estas empresas no se tengan que desplazar grandes distancias.

Al aumentar la cantidad de construcciones, cada vez hay menos lotes para construir, lo que hace que los precios de los terrenos aumenten, la construcción vertical es una solución que se ha adoptado para esta problemática.

La formación cultural, el estilo de vida, la educación y otros factores sociales dificultan que el ser humano acepte los cambios con facilidad, más cuando están comprometidos recursos económicos o la calidad de vida.

Al tener este panorama, las empresas dedicadas a la construcción y venta de inmuebles han decidido ofrecer casas en condominios residenciales horizontales, teniendo las ventajas de la construcción en serie y ofreciendo un producto con mayor demanda en el mercado.

En pro de disminuir los costos de producción, como en toda industria, los empresarios se han dedicado a tratar de repetir cada actividad constructiva en sus productos, para que la mano de obra, que esté en el pico de la curva de aprendizaje, sea más eficiente.

Una medida tomada para poder replicar las actividades es construir casas iguales, al construir una ya se tiene la información y experiencia suficiente para construir las demás de una forma cada vez más eficiente.

Para lograr esto, se contrata a un profesional que diseñe la casa bajo el concepto de casa tipo, en el cual autoriza a replicar la construcción del diseño cierto número de veces dentro del mismo proyecto, según el contrato realizado.

La venta de bienes raíces es un mercado competitivo, con una oferta variada de casas y apartamentos. En la industria en general, los empresarios tratan de diferenciar sus productos con los de la competencia, como se puede apreciar en las páginas web de las empresas que venden condominios, donde ofrecen amenidades, cercanía a lugares de interés realizan convenios con entidades financieras para dar mejores opciones de crédito a los compradores.

Se han encontrado en diferentes proyectos casas iguales al tratarse de proyectos de una misma empresa, pero haciendo un análisis entre lo ofrecido por empresas diferentes, se encuentran casas similares en diferentes condominios de la GAM.

En el anexo 2, se presenta una lista de 30 condominios, en donde se pueden encontrar casas similares a la distribución arquitectónica del anexo 1, esta información se puede constatar en las páginas web de cada empresa, indicadas al final de este documento, o bien visitando cada proyecto.

### **1.3.2 Huella de Carbono**

Se definen como gases de efecto invernadero todos aquellos que quedan atrapados en la atmósfera y no permiten el flujo de calor desde la corteza terrestre hasta las partes más altas o afuera de la atmósfera. Borrás C. (2018) indica que toda actividad humana genera gases de efecto invernadero, simplemente al respirar estamos expulsando CO<sub>2</sub>, pero las actividades que más generan este tipo de contaminantes son en las que está presente la combustión de materiales ricos en carbono, como el petróleo y sus derivados.



El dióxido de carbono se obtiene en procesos en los cuales reaccionan materiales que contienen carbono con el oxígeno, como es el caso de la combustión o en procesos de descomposición, en los cuales los seres vivos aprovechan el oxígeno o porciones de carbono de las sustancias, y como residuo se forma el CO<sub>2</sub>.

Al tener una economía basada en el consumo de energía, especialmente en la originada con derivados del petróleo, la emisión de estos gases ha sido una importante causa del calentamiento global, debido a que el calor no puede salir de la atmósfera, ver Figura 2.

La emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera también es un proceso natural de los seres vivos al respirar o al procesar los alimentos, siendo este absorbido de forma natural por las plantas en crecimiento, usándolo en la formación de sus partes.

En total, se tienen más emisiones de CO<sub>2</sub>, que absorciones por parte de las plantas, esto por el efecto de las actividades humanas; el nivel de este gas en la atmósfera se ha convertido en un problema de interés mundial, tanto así que diferentes países como Costa Rica se han propuesto reducir los niveles de CO<sub>2</sub>.

Para lograr disminuir el CO<sub>2</sub> de la atmósfera existen dos soluciones: Reducir las emisiones de este gas en nuestras actividades o promoviendo la absorción de este gas por parte de las plantas, impulsando el crecimiento de cultivos, especialmente el de aquellas especies que fijen carbono en mayor medida.

Se define como Huella de Carbono a las Toneladas de CO<sub>2</sub> que se emiten a la atmósfera y no se absorben, esta cantidad se puede delimitar para cada actividad humana, entre ellas la construcción, en sus procesos de obtención de materiales y en los procesos constructivos.

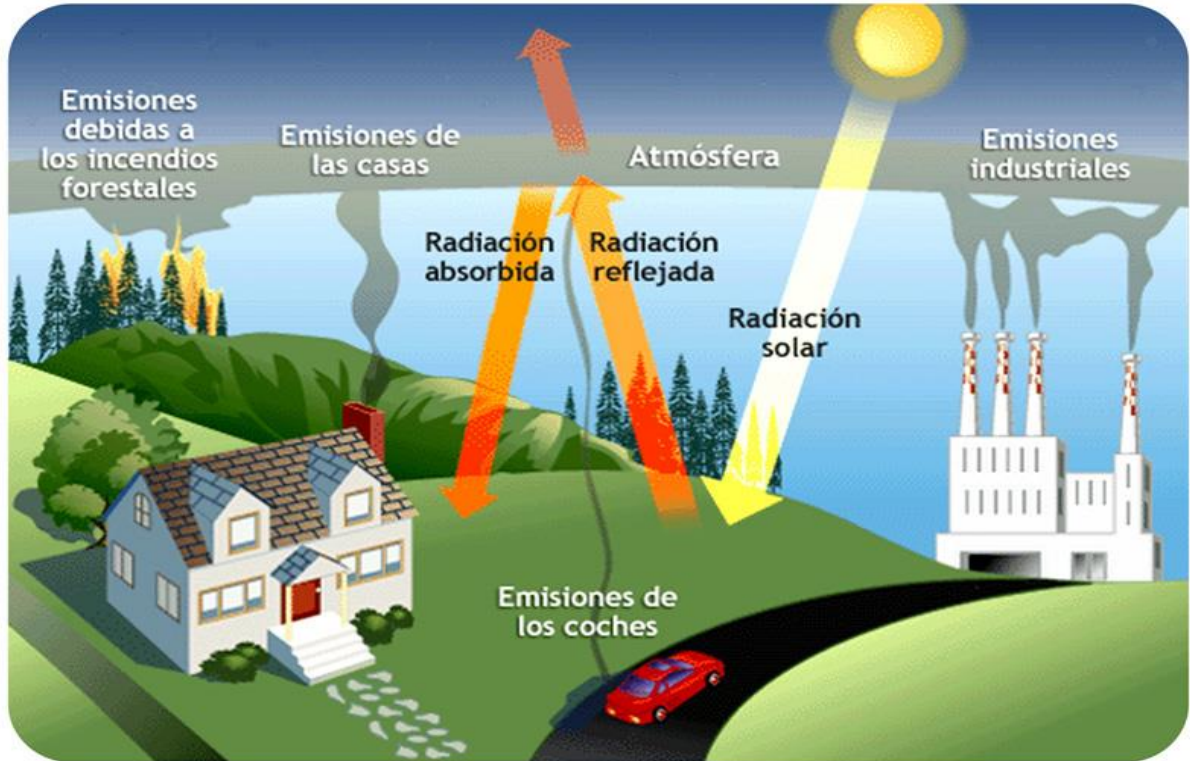


Figura 2. Ciclo del calor y emisión de gases contaminantes.

Fuente: <http://agencyzeroaplust.org/wp-content/uploads/2018/02/El-efecto-invernadero.jpg>

## 1.4 Delimitación del problema

### 1.4.1 Alcance

Se estudió una residencia tipo representativa de las casas construidas, ofrecidas o tramitadas durante el 2014 y el 2017 en condominios residenciales en el Gran Área Metropolitana en Costa Rica, como se indica en los últimos párrafos de la Sección 1.3.1.

El resultado principal del estudio es la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> generadas durante el proceso constructivo de la casa del Anexo 1, este resultado depende de los métodos constructivos a usar, de lo cual depende la cantidad de materiales, mano de obra y equipo.

Se indica el desglose de materiales, mano de obra y equipo presupuestado para la construcción de la casa, con lo cual se definen las actividades a realizar y esta lista de cantidades es uno de los principales componentes del cálculo.

El otro componente esencial del cálculo será el índice a usar en cada caso para obtener las emisiones de carbono de cada actividad, la obtención de éste depende de la norma a seguir y de la metodología de cálculo que en ella se indique, para esto se hace un análisis de las normas más conocidas en el mundo y se elige la que más se adapta a las características de Costa Rica.

El análisis se limita a la construcción de la casa, no se tiene en cuenta la vida útil de la misma, ni el proceso de diseño, permisos, venta, construcción de áreas comunes del condominio, infraestructura o estructuras aledañas.

Se delimita el análisis a las viviendas construidas entre el 2014 y el 2017 en el Gran Área Metropolitana, en este periodo y zona el mercado ofreció estas casas en 30 condominios, lo que no excluye que los resultados de este estudio sean aplicables a casas similares situadas en otras regiones del país o fuera de este, o a viviendas similares construidas en otros periodos de tiempo.

### 1.5 Limitaciones

La principal limitación es la falta de información y normas tropicalizadas, así como la restricción económica para acceder a fondo a las metodologías de cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que estas están en manos de los certificadores a nivel mundial, quienes por su servicio dan resultados más no una memoria de cálculo detallada del método utilizado.

Al usar una norma internacional en el país, es necesario revisar cada paso de la metodología que plantea y si es necesario redefinirla para aplicarla al medio local, lo cual dependiendo del criterio de cada autor puede variar, generando posibles diferencias en análisis realizados por diferentes autores.

Como cada proyecto de construcción es único, el cálculo realizado puede tener algunos cambios al considerar las características de otros proyectos en los que se quiera aplicar, pero será una herramienta aplicable a otros proyectos teniendo claro su contexto.

Para realizar comparaciones con los resultados obtenidos en otros análisis y cálculos de emisiones de CO<sub>2</sub>, será necesario considerar las metodologías usadas, así como los elementos, actividades o proyectos analizados.

Se presenta la distribución típica de la casa descrita anteriormente, aunque las soluciones estructurales y electromecánicas también son similares en la mayoría de los casos, puede haber excepciones en los que los diseños o sistemas constructivos y en algún proyecto pueden variar, por lo que si se desean aplicar los resultados obtenidos en este estudio es necesario comparar los diseños de estos sistemas y no sólo la distribución arquitectónica de la vivienda.

Al tener claro que los resultados a comparar vienen del análisis de proyectos similares, también es necesario considerar el proceso constructivo planteado, ya que no todos los constructores siguen estos procesos de forma exacta y cada uno tiene su forma de trabajar.

#### 1.6 Descripción de la metodología del proyecto

La metodología para la elaboración del proyecto se muestra en la Figura 3. Para cumplir con los objetivos, el primer paso es realizar una investigación de las siguientes normas o procedimientos: LEED, INTE B5:2016, EDGE, RESET, PAS 2050, grupo de normas ISO, Protocolo de Gases de Efecto Invernadero GHG, analizarlas y elegir la que se adecúe a las condiciones del estudio.

De forma paralela, se define la casa típica a analizar, realizando un análisis del mercado de viviendas de clase media en el país, se asiste a la Expoconstrucción de agosto de 2017 y se revisan las páginas web de 30 condominios residenciales horizontales.

Una vez identificada la vivienda, se cuantifican los recursos para construir el proyecto, enlistándolos, realizando mediciones en planos y usando tablas de rendimientos de recursos por unidad de medida.

Se aplica la metodología basada en la norma elegida a cada actividad de construcción o recurso enlistado y cuantificado, obteniendo la cantidad de CO<sub>2</sub> emitida al construir la casa.

Con la información anterior se procede a analizar los resultados, generar indicadores y a dar recomendaciones para compensar el CO<sub>2</sub> emitido al construir la casa.

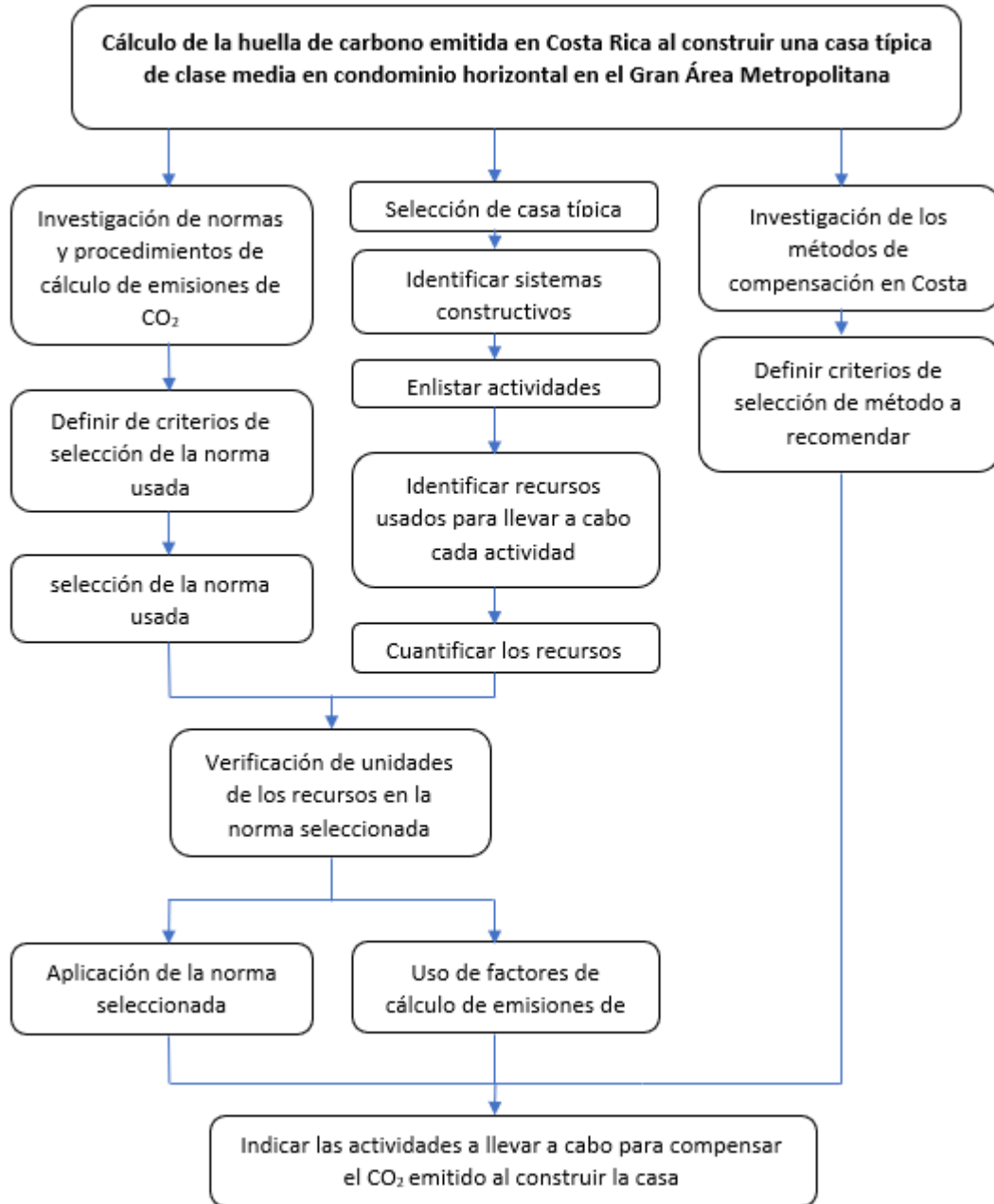


Figura 3. Diagrama de flujo de metodología de Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> en la construcción de la casa.

## CAPÍTULO 2. DEFINICIÓN DE METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

Al ser la reducción de la huella de carbono un tema de interés nacional, se hace una reseña de las normas ambientales que se aplican a la industria de la construcción en Costa Rica y se analiza si alguna tiene un enfoque en las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Se realiza una investigación de las normas internacionales de CO<sub>2</sub>, identificando su enfoque, la facilidad para acceder a la metodología que plantea, las herramientas necesarias para usar la norma y su aplicabilidad en Costa Rica.

### 2.1. Normas y certificaciones a considerar

#### **2.1.1. Certificación LEED**

La certificación de Liderazgo en Diseño Ambiental y Energía, LEED por sus siglas en inglés, fue desarrollada en Estados Unidos. Acabados Elmec Centroamérica, en su página web, indica que en Costa Rica hay 45 edificios certificados con esta norma.

Se enfoca en la sostenibilidad de las construcciones, haciendo énfasis en el ahorro de energía, agua y recursos, minimizando los desechos y promoviendo la salud de las personas.

Se cita este procedimiento ambiental por su uso en Costa Rica, pero cabe recalcar que no tiene un enfoque específico al cálculo de emisiones de dióxido de carbono durante la construcción, sino en desempeño medioambiental de todos los sistemas de la edificación.

#### **2.1.2. INTE B5:2016**

La Norma Nacional para Demostrar la Carbono Neutralidad, del Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), se enfoca en los requisitos que debe cumplir cualquier tipo de organización para demostrar la carbono neutralidad.

Esta norma no aplica para la determinación de la carbono neutralidad de productos o proyectos.

Los resultados de esta norma se presentan en toneladas de dióxido de carbono equivalente e incluye requisitos y principios para certificar la compensación de emisiones realizada por las organizaciones.

### **2.1.3. EDGE, *Excellence In Design For Greater Efficiencies***

Esta certificación del *World Bank Group* está dirigida a todo aquel que vaya a diseñar una construcción, de forma tal que esta sea "verde". Puede ser aplicada a casas, hospitales, oficinas o edificaciones educativas.

Consta de una plataforma que incluye estándares de desarrollo sostenible, un software y programas de certificación en más de 140 países. Su metodología se enfoca en reducir los procesos operacionales y el impacto ambiental, obteniendo menos emisiones de CO<sub>2</sub>, consumo energético y de agua durante de la vida útil de la edificación.

En Costa Rica, se han certificado 19.50 m<sup>2</sup> de construcción con esta norma, lo que ha permitido una disminución de emisiones de 672 toneladas de CO<sub>2</sub>, por año, en la página de Edge se encuentran todas las estadísticas de la aplicación de esta norma en el país.

### **2.1.4. RESET, Requisitos para Edificaciones Sostenibles en el Trópico**

RESET es un procedimiento costarricense, creado por el Instituto de Arquitectura Tropical y donada al Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica y al Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos para ser establecida como norma nacional.

Establece un instrumento que se enfoca en las decisiones a tomar en los diferentes ciclos de vida de un proyecto: diseño, construcción o vida útil de la edificación; evaluando cada etapa determinando el porcentaje de cumplimiento de objetivos y no cuantifica ahorros o disminución de emisiones.

### **2.1.5. PAS 2050**

Esta norma permite la verificación directa de la Huella de Carbono de un producto, abarca las actividades desde la obtención de la materia prima hasta la gestión de sus residuos, permitiendo identificar las emisiones en las diferentes fases de producción.

Fue publicada en el 2008 por British Standards Institution, con participación de empresas, universidades, el gobierno británico y entidades internacionales. Actualmente, esta norma se usa en países europeos, en Chile y en Japón.

En Costa Rica, Solano, J. (2010) en su estudio La Huella de Carbono en los Pavimentos de Concreto para Calles, Caminos y Carreteras, realizado por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, se siguen los pasos que se indican en esta norma para el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono.

Dentro de la metodología planteada, se diferencian dos ciclos de vida de los productos: el primero, denominado *Business to Business*, se aplica cuando el producto se entrega a un tercero, por ejemplo, cuando una constructora entrega la casa al cliente. El segundo *Business to Customer*, cuando se hace manejo de los residuos del producto, por ejemplo, cuando un país construye un edificio público como una estación de tren, lo administra, da mantenimiento y al final de su vida útil, lo demuele y hace manejo de los escombros y demás residuos de ese edificio.

Las principales directrices indicadas en esta norma se orientan a la presentación de requisitos y recomendaciones y utiliza como referencia para sus términos algunas normas internacionales, como las ISO, relacionadas con declaraciones ambientales y ciclos de vida.

En cuanto a la ejecución de la metodología se siguen los siguientes pasos: Definir los objetivos, seleccionar un producto, definir un proceso, identificar los procesos unitarios del sistema, recopilar datos, cálculos, resultados, verificación y compromiso.

### **2.1.6. ISO 14001**

Las normas ISO enfocadas en la gestión ambiental son las 14001, están orientadas a organizaciones empresariales y su aplicación sigue 10 pasos dirigidos al ciclo de vida de la organización, aunque la versión del 2015 no requiere realizar un análisis del ciclo de vida.



El uso de la norma requiere indicar el sistema de gestión de riesgos a aplicar una vez obtenidos los resultados al aplicar esta norma, de forma que sea una herramienta preventiva de potenciales daños ambientales.

La norma cuenta con una herramienta tecnológica llamada ISOTools que automatiza la aplicación de la metodología, en que se basa la ISO 14001, este software permite integrar la esta norma con otras ISO.

La empresa privada y entidades de normalización de Costa Rica participaron en la publicación de la versión en español de esta norma, de forma tal que la terminología ambiental usada en español se pueda usar en la región.

#### **2.1.7. ISO 14067**

En el 2018, bajo el panorama mundial del cambio climático y las oleadas de calor percibidas en el planeta, se ha **publicado esta norma, llamada "Gases de Efecto Invernadero, Huella de Carbono de los Productos, Requisitos y Directrices para la Cuantificación"**, que pretende cuantificar la huella de carbono de los productos.

La empresa privada y entidades de normalización de Costa Rica participaron en la publicación de la versión en español de esta norma, de forma tal que la terminología ambiental usada en español se pueda usar en la región.

La metodología de cálculo de la huella de carbono analiza el ciclo de vida parcial o total de los productos y los resultados obtenidos pueden ser comunicados públicamente a los consumidores, debido a la unificación de términos en los informes finales.

Los métodos de compensación de dióxido de carbono están fuera del alcance de esta norma.

#### **2.1.8. ISO 14064**

Esta norma, titulada como Gases de Efecto Invernadero, consta de tres partes:

1. Se enfoca en la cuantificación, informe y recomendaciones de la huella de carbono de organizaciones.

2. Se enfoca en la cuantificación, informe y recomendaciones de la huella de carbono de proyectos.
3. Valida y verifica las declaraciones sobre gases de efecto invernadero.

La empresa privada y entidades de normalización de Costa Rica participaron en la publicación de la versión en español de esta norma, de forma tal que la terminología ambiental usada en español se pueda usar en la región.

Esta norma la usó Quesada, L. (2012) en el Costa Rica, en el trabajo final de graduación Huella de Carbono para la Construcción de una nueva Delegación Policial, en León XIII; considerando el transporte de materiales y las actividades propias para construir el proyecto, no se consideraron las emisiones generadas en los procesos de fabricación u obtención de los materiales.

#### **2.1.9. Protocolo de gases de efecto invernadero GHG**

Esta norma, que se enfoca en estandarizar la metodología del cálculo y manejo de las emisiones de gases de efecto invernadero de los sectores públicos y privados, fue creada por *World Resources Institute* (WRI) y por *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), con un aporte importante de *General Motors*.

En América Latina, México y Brasil cuentan con programas nacionales certificados con esta norma; al ofrecer una certificación es necesario inscribirse en el programa que ofrecen para poder hacer uso de su metodología.

#### 2.2. Selección de metodología para el cálculo

Los principales criterios al definir la metodología de cálculo de emisiones a usar son:

- 2.2.1. Acceso público y gratuito, permitiendo su aplicación manual, sin necesidad del uso de un software específico por parte de cualquier persona. De las normas analizadas aplica este criterio a la INTE B5:2016 y a la PAS 2050.

- 2.2.2. Las normas orientadas al cálculo de emisiones de Dióxido de Carbono de productos, proyectos o actividades son las siguientes: PAS 2050, ISO 14067, 14064, Potocolo GHG, EDGE.
- 2.2.3. Aplicabilidad en Costa Rica: en la sección 2.1 se indica como todas las normas expuestas allí se han usado en Costa Rica o en países tropicales de América Latina.

Al analizar cada norma expuesta en la sección 2.1, considerando los criterios mencionados, se llega a la conclusión de que la metodología a usar será la de la norma PAS 2050, aplicada al ciclo de vida *Business to Business*, que comprende el periodo de construcción de la casa hasta la entrega al propietario.

### CAPÍTULO 3. CUANTIFICACIÓN DE RECURSOS PARA CONSTRUIR LA CASA

En la industria de la construcción, cada proyecto se considera único por las variaciones temporales o espaciales de las características que los definen al ser ejecutados, por este motivo, los datos y resultados de este cálculo son codificados, de forma que puedan ser utilizados en otros proyectos.

Estructuras de división de trabajo (EDT) estándar, como el UNIFORMAT, son usadas para unificar presupuestos, control de costos y listas de actividades de los proyectos de construcción, de forma tal que se puedan comparar proyectos diferentes entre sí, analizando cada línea del sistema de codificación.

UNIFORMAT fue desarrollado por ASTM Internacional, *American Society for Testing and Materials*, por sus siglas en inglés, por la CSI, *Construction Specifications Institute* y por la CSC, *Construction Specifications Canada*, por sus siglas en inglés y es usado en la estimación de costos y análisis de gasto energético.

En la última versión de UNIFORMAT se presentan tres niveles principales de clasificación y un cuarto nivel compuesto por subelementos; está enfocada en varias etapas de la construcción como la planificación, proyecciones y estimaciones, por lo cual se da un énfasis al capítulo 4 de esta herramienta al realizar la estimación de cantidades de recursos.

Realizando un análisis de mercado, se encuentra que varias empresas dedicadas a la construcción o venta de condominios residenciales horizontales ofrecen casas muy parecidas. En la Figura 4 se indica con un punto rojo los proyectos de construcción que han sido construidos o el trámite de permisos de construcción se ha realizado durante el 2014 y el 2017 y que cuentan con la casa típica a la que se le calcula la huella de carbono.

Se consideran los recursos pertenecientes al Costo Directo de construir la casa que no presenten variabilidad al construirla en un lugar o fecha específica. Por lo tanto, costos indirectos, costos administrativos, movimiento de tierra, atrasos por clima e infraestructura no serán incluidos en los cálculos.

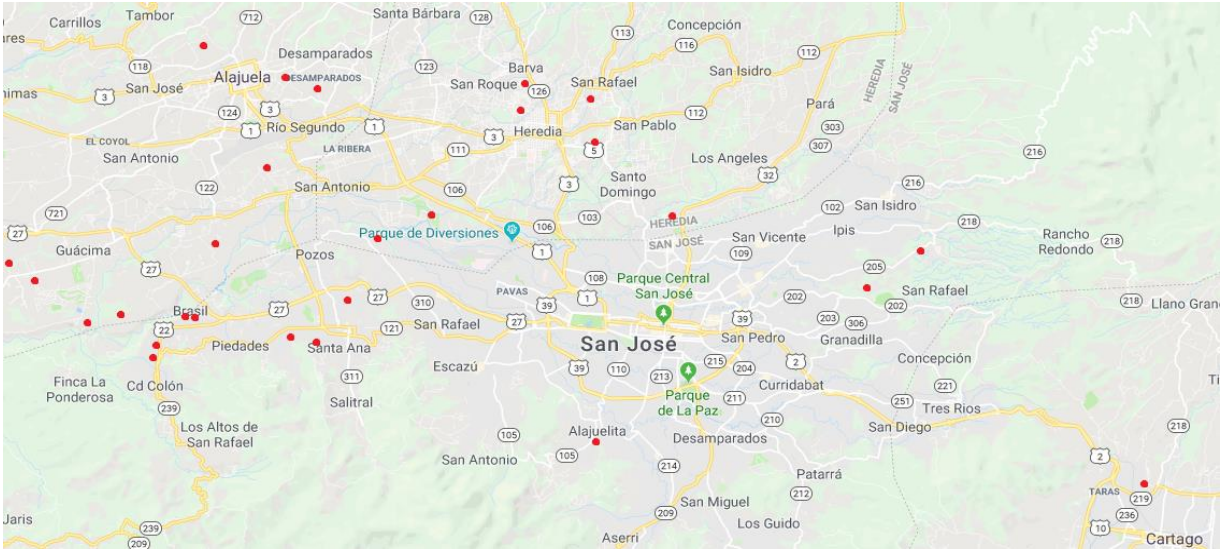


Figura 4. Proyectos con la casa típica de clase media analizada.

Fuente: Google Maps, modificado por Caro, 2019.

El primer paso para cuantificar los materiales es identificarlos, realizando un análisis de los planos y especificaciones técnicas, enlistando las actividades según el sistema de codificación elegido y considerando toda la información contenida en cada lámina.

En cuanto a los elementos estructurales se tienen placas corridas, contrapiso, columnas y vigas de concreto reforzado, hechas in situ, paredes de bloques de concreto, entrepiso de viguetas prefabricadas de concreto pretensado, escaleras en concreto reforzado, estructura metálica de techo. Estos elementos se agrupan en los códigos A y B de UNIFORMAT. (Ver Cuadro 1)

En acabados se tienen repellos, láminas de zinc y hojalatería, pasta, pintura, puertas en madera, ventanas con marcos de aluminio, enchapes en cerámica, cielos en gypsum, losa sanitaria, pila de concreto, mueble de cocina, closets, muebles de baños. Estos elementos se agrupan en los códigos B, C Y D de UNIFORMAT. (Ver Cuadro 1)

Se cuenta con un sistema electromecánico, compuesto por tuberías, cableado, accesorios eléctricos, no se cuenta con equipos especiales. Estos elementos se agrupan en el código D de UNIFORMAT. (Ver Cuadro 1).

Para construir la casa es necesario realizar las siguientes actividades indirectas de la obra, incluidas en el código Z de Unifomat (ver Cuadro 1) y etiquetadas como actividades generales: control de calidad, almacenamiento de herramientas, uso de herramientas eléctricas y equipos, cerramientos provisionales, sistemas sanitarios temporales, personal de supervisión, equipo de seguridad ocupacional, limpieza y bote de basura.

Una vez enlistados los materiales, se identifican los sistemas constructivos incluidos en el diseño, a los cuales se les asocia una unidad de medición general, la cual está relacionada con tablas de rendimientos o son usadas como unidad de medición final.

Con base en lo anterior, se procede a cuantificar de los planos las cantidades de cada material, según la unidad de medición que rija para cada uno y llevando un control o etiquetado de los elementos medidos, de forma tal que no se dupliquen o excluyan elementos al realizar las mediciones.

En la mayoría de los casos, la cuantificación de materiales se realiza para estimar el costo de la obra y conocer cuál será la inversión económica para construirla, por lo que es posible que las tablas de rendimiento y unidades de medición utilizadas habitualmente se usen para este fin.

Al tener las cantidades de materiales con sus respectivas unidades identificadas se procede a aplicar la metodología de cálculo de emisiones de dióxido de carbono según la PAS 2050, norma elegida en el capítulo anterior.

Para construir la casa en seis meses, como se indica en el cronograma de la Figura 5 es necesario invertir 13.128 horas hombre, lo que corresponde a una planilla promedio de 8,29 personas en el proyecto, (recordar que la cantidad de personal en el proyecto es variable en el tiempo).

En el Cuadro 1 se presenta la lista de materiales y equipos necesarios para construir la casa, con las respectivas cantidades de cada recurso, obtenidas tras realizar los pasos indicados en los párrafos anteriores.

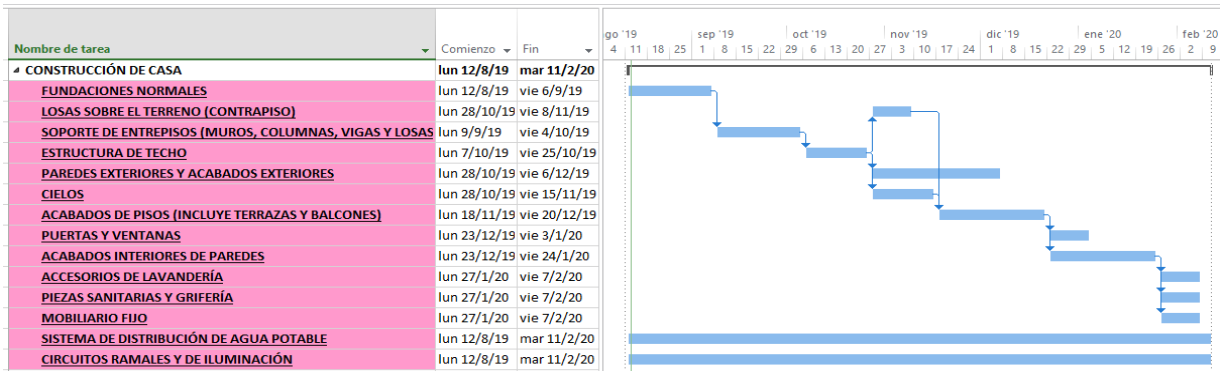


Figura 5. Cronograma de la construcción de la casa, actividades en UNIFORMAT nivel 3.

Fuente: Caro, 2019.

Cuadro 1. Cantidad de recursos para construir la casa.

DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	TOTAL	DURACIÓN	Cantidad de personas	Horas Hombre	
			(días)			
<b>COSTOS DIRECTOS TOTALES DEL PROYECTO</b>						
					<b>13 127,85</b>	
<b>A SUBESTRUCTURA</b>						
<b>A1 FUNDACIONES Y LOSAS DE CONTRAPISO</b>						
<b>A11 FUNDACIONES NORMALES</b>						
<b>A1105 TRAZADO</b>						
	Trazado	m2	78,00	1,00	2,00	22,00
<b>A1110 PLACAS CORRIDAS</b>						
02.302	Excavación estructural	m3	11,78	5,00	5,00	275,00
02.303	Relleno	m3	4,76	4,00	5,00	220,00
03.202	Varilla # 3 de 6m, grado 40	un	39,02			
03.203	Varilla # 4 de 6m, grado 40	un	43,67			
03.051	Armadura	kg	355,97	12,00	4,00	528,00
03.101	Alambre negro 3 % del peso varilla	kg	10,68			
03.102	Formaleta	m2	18,84	4,00	4,00	176,00
03.302	Sello de Concreto f'c 105 kg/cm2	m3	1,30	1,00	3,00	33,00
03.401	Concreto f'c 280 kg/cm2	m3	4,71			
03.401	Bomba Telescopica	m3	4,71	0,75	3,00	24,75
<b>A13 LOSAS SOBRE EL TERRENO</b>						
<b>A1301 CONTRAPISO</b>						
02.302	Excavación estructural	m3	22,56	4,00	5,00	220,00
02.303	Relleno	m3	14,10	6,00	5,00	330,00
03.218	Malla electrosoldada #2	un	6,60			
03.051	Armadura	kg	210,18	2,00	5,00	110,00
03.101	Alambre negro 10 % del peso varilla	kg	21,02			
03.102	Formaleta	m2	50,38	2,00	4,00	88,00
03.401	Concreto f'c 280 kg/cm2	m3	8,46	0,70	3,00	23,10
<b>A14 PROTECCIÓN A LA HUMEDAD E IMPERMEABILIZACIÓN</b>						
<b>A1410 PROTECCIÓN A LA HUMEDAD DE LOSAS DE CONTRAPISO</b>						
06.501	Poliuretano (Plástico negro)	m2	70,50	0,50	2,00	11,00

Cuadro 1. Cantidad de recursos para construir la casa (Continuación).

DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS		UNID.	TOTAL	DURACIÓN (días)	Cantidad de personas	Horas Hombre
<b>B SUPER ESTRUCTURA &amp; CERRAMIENTO EXTERIOR</b>						
<b>B1 SUPER ESTRUCTURA</b>						
<b>B11 SOPORTE DE ENTREPIOS (MUROS, COLUMNAS, VIGAS Y LOSAS)</b>						
<b>B1110 ESTRUCTURA PRIMARIA SOPORTE ENTREPIOS (columnas y vigas)</b>						
<b>Columnas</b>						
03.202	Varilla # 3 de 6m, grado 40	un	100,74			
03.051	Armadura	kg	307,72	12,00	4,00	528,00
03.101	Alambre negro 3 ½ del peso varilla	kg	9,23			
03.102	Formaleta	m2	57,60	6,00	4,00	264,00
03.401	Concreto f'c 280 kg/cm2	m3	4,00	4,00	5,00	220,00
<b>Vigas</b>						
03.201	Varilla # 2 de 6 m grado 40	un	68,75			
03.202	Varilla # 3 de 6m, grado 40	un	205,48			
03.203	Varilla # 4 de 6m, grado 40	un	72,89			
03.204	Varilla # 5 de 6m, grado 60	un	17,78			
03.051	Armadura	kg	1277,02	12,00	4,00	528,00
03.101	Alambre negro 10 ½ del peso varilla	kg	127,70			
03.102	Formaleta	m2	214,86	5,00	4,00	220,00
03.401	Concreto f'c 210 kg/cm2	m3	11,67	4,00	5,00	220,00
<b>B1115 PAREDES DE BLOQUES</b>						
03.202	Varilla # 3 de 6m, grado 40	un	291,70			
03.051	Armadura	kg	891,00	12,00	3,00	396,00
03.101	Alambre negro 3 ½ del peso varilla	kg	26,73			
04.201	Bloques de concreto 12x20x40 cm	un	2 084,04	15,00	5,00	825,00
03.303	Mortero de pega de bloques	m3	2,86			
03.301	Concreto relleno de celdas f'c 175 kg cm2	m3	3,06			
04.051	Codales 1" x 4" (1,5 vrs / m2)	vrs	238,18			
<b>B1120 ENTREPIOS Y LOSAS</b>						
<b>Prefabricado</b>						
03.218	Malla electrosoldada #2	un	5,04			
03.051	Armadura	kg	160,55	2,00	5,00	110,00
03.101	Alambre negro 3 ½ del peso varilla	kg	4,82			
	Entrepiso Pretensado 20 cms	m2	55,00			
	Instalación Entrepiso Pretensado 20 cms	m2	55,00	4,00	4,00	176,00
03.401	Concreto f'c 210 kg/cm2	m3	2,75	0,70	5,00	38,50
<b>Losa colada en sitio</b>						
03.202	Varilla # 3 de 6m, grado 40	un	2,20			
03.203	Varilla # 4 de 6m, grado 40	un	2,93			
03.051	Armadura	kg	22,62	4,00	3,00	132,00
03.101	Alambre negro 3 ½ del peso varilla	kg	0,68			
03.104	Formaleta piloteada	m2	2,40	3,00	4,00	132,00
03.401	Concreto f'c 210 kg/cm2	m3	0,36			
Se cuele con la el entrepiso de prefa						
<b>B1125 ESCALERAS Y RAMPAS</b>						
<b>Escaleras y rampas</b>						
03.202	Varilla # 3 de 6m, grado 40	un	34,52			
03.051	Armadura	kg	105,43	6,00	3,00	198,00
03.101	Alambre negro 3 ½ del peso varilla	kg	3,16			
03.102	Formaleta	m2	3,50			
03.104	Formaleta apuntalada	m2	6,61	2,00	2,00	44,00
03.401	Concreto f'c 210 kg/cm2	m3	0,55			
Se cuele con el entrepiso						
<b>B1175 REPELLOS</b>						
	Repellos	m2	557,13	16,00	5,00	880,00



Cuadro 1. Cantidad de recursos para construir la casa (Continuación).

DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	TOTAL	DURACIÓN	Cantidad de personas	Horas Hombre	
			(días)			
<b>C CONSTRUCCIÓN INTERIOR Y ACABADOS</b>						
x						
<b>C1 CONSTRUCCIÓN INTERIOR</b>						
x						
<b>C12 PUERTAS INTERIORES</b>						
x						
<b>C1210 PUERTAS</b>						
	Puertas	und	9,00	2,00	2,00	44,00
x						
<b>C1220 YENTANAS</b>						
	Ventanería	Glo	1,00	2,00	3,00	66,00
x						
x						
x						
<b>C3 ACABADOS INTERIORES</b>						
x						
<b>C31 ACABADOS INTERIORES DE PAREDES</b>						
x						
<b>C3130 ACABADOS EN CERÁMICA</b> 1,00 2,00 22,00						
	Porcelanato 60x60 baños	m2	20,84			
	Mortero Laticrete 307 plus 20kg + Fragua Laticrete	m2	20,84			
	Separadores 2mm	m2	2,10			
x						
<b>C3155 PINTURA INTERIOR EN PAREDES</b> 4,00 3,00 132,00						
	Pasta, maxiempaste liso, saco de 25 kg	Saco de 25 kg	16,82			
<b>GENERAL</b>						
	Lija #100	Pliego	29,40			
	Sellador blanco	cubeta	2,10			
	Pintura para cielo	cubeta	3,15			
	Masking azul 3M	un	4,20			
	Rodillo	un	2,10			
	Felpa	un	5,25			
	Extensión rodillo	un	3,15			
	Brocha	un	3,15			
	Plástico negro	kg	31,50			
x						
<b>C302 ACABADOS DE PISOS (INCLUYE TERRAZAS Y BALCONES)</b>						
x						
<b>C3021 ACABADO DE PISOS EN CERÁMICA</b> 8,00 4,00 352,00						
<b>NIVEL 1</b>						
	Piso cerámico	m2	126,11			
	Mortero de pega y fragua sala	m2	126,11			
	Flejes	m2	6,30			
x						
<b>C32022 RODAPIÉ</b> 0,00						
	Rodapié de madera pintada de 75mm x 13mm	m	85,13	1,00	1,00	11,00
	x		0,00			
x						

Cuadro 1. Cantidad de recursos para construir la casa (Continuación).

DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	TOTAL	DURACIÓN	Cantidad de personas	Horas Hombre
			(días)		
<b>C33</b>	<b>CIELOS</b>		<b>11,00</b>	<b>3,00</b>	<b>363,00</b>
x					
<b>C3325</b>	<b>CIELOS DE GYPSUM</b>				
	Lamina blanca 1/2" REG	un	40,95		
	Lamina verde 1/2" MR	un	26,25		
	Lamina Dengliss	un	7,35		
	Canal cielo	un	24,15		
	Track 2 1/2" x 3,05mm	un	6,30		
	Stud 2 1/2" de 3,05mm	un	9,45		
	Esquinero metal 3,05m	un	13,65		
	Perfil J 10 ft	un	13,65		
	Base coat imperza	un	6,30		
	Cinta permabase 4x150 ft	un	1,05		
	Cinta papel (50mmx76,25mm)	un	8,40		
	Pasta Easy finish	cubeta	11,55		
	Lija #120	un	31,50		
	Tornillo 7/16" pta broca (100uds)	caja	42,00		
	Tornillo 1 1/4" pta broca (100uds)	un	10,50		
	Perno o Clavo de impacto de 1 1/2 (100 unidades)	un	14,70		
	Tiro calibre 22 / EXP verde cal 22 (100 unidades)	un	13,65		
	T principal de ciclo suspendido / boral	un	1,05		
	Angular para ciclo suspendido / angular boral	un	10,50		
	Angular para ciclo	un	152,25		
	Furring channel 0,40*3,66mm	un	131,25		
	Tornillo de 1 1/4" "C"	un	52,50		
x					
<b>C3340</b>	<b>PINTURA DE CIELOS INTERIORES</b>				
	2 manos de pintura	m2	628,95		
x					
<b>C35</b>	<b>ACCESORIOS SANITARIOS Y DE CLOSET</b>				
x					
<b>C3510</b>	<b>ACCESORIOS DE BAÑO Y LAVANDERÍA</b>				
	Pila	und	1,00	0,25	2,75
x					
<b>D</b>	<b>SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS</b>				
x					
<b>D2</b>	<b>SISTEMAS MECÁNICOS - FONTANERÍA</b>				
x					
<b>D21</b>	<b>PIEZAS SANITARIAS Y GRIFERÍA</b>				
x					
<b>D2115</b>	<b>INODOROS, ORINALES, BIDET</b>				
	Inodoro	und	3,00	0,25	2,75
x					
<b>D2135</b>	<b>LAYAMANOS</b>				
	Lavamanos Domus, Dormitorio principal	und	1,00	0,25	2,75
	Lavamanos domus de pie, medio baño	und	2,00	0,25	2,75
					0,00
<b>D2145</b>	<b>FREGADEROS DE COCINA</b>				
	Fregadero	und	1,00	0,25	2,75
					0,00
<b>D2190</b>	<b>GRIFERÍA EN GENERAL</b>				
	Grifo pila	und	2,00		0,00
	Grifo lavatorios	und	3,00	0,25	2,75
	Grifo fregadero	und	1,00	0,25	2,75
	Ducha, rejillas	und	1,00	0,25	2,75

Cuadro 1. Cantidad de recursos para construir la casa (Continuación).

DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	TOTAL	DURACIÓN	Cantidad de personas	Horas Hombre
			(días)		
<b>D22 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE</b>					
<b>x</b>					
<b>D2290</b>	<b>SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN GEI</b>		31,00	2,00	682,00
Acetona	lt	1,00			
Adaptador con centro metálico para cpvc	un	6,00			
Adaptador hembra de 4"	un	3,00			
Adaptador macho de CPVC	m	20,00			
Adaptador macho de PVC 1/2" (12mm)	m	20,00			
Caja de lavadora	un	1,00			
Codo 90° CPVC de 1/2" (12mm)	m	9,00			
Codo 90° PVC de 3/4" (19mm)	un	8,00			
Codo 90° PVC S32,5 de 3" (75mm)	un	6,00			
Codo de 1 1/4" 90° presión	un	38,00			
Codo de 45° PVC S32,5 de 4"	un	5,00			
Codo de 90° PVC S32,5 de 4"	un	5,00			
Codo PVC SCH40 de 2 1/2" (61mm)	un	2,00			
Codos con centro metálico de 90°	un	4,00			
Desagües de baño	un	2,00			
Flanger cromado de 1/2"	un	12,00			
Flanger de 3"	un	2,00			
Llave de chorro de 1/2	m	4,00			
Llave de control de 1/2 "	un	12,00			
Manguera de 1/2 x 1/2	m	6,00			
Manguera para inodoro	un	3,00			
Mecha	kg	1,50			
Niples de 2 1/2 H6	m	24,00			
Pegamento de PVC 350ML 1/4GL c/broc	un	2,00			
Pegamento solvente CPVC 240ML 1/16GL	un	1,00			
Reducción de 1 1/2" a 1 1/4" (31mm)	un	3,00			
Reducción de 1 1/2" a 3"	un	2,00			
Reducción de 1/2" a 2"	un	3,00			
Reducción de 2" a 1 1/4" (31mm)	un	6,00			
Reducción de 2" a 1/2"	un	6,00			
Reducción de 3" a 2"	un	4,00			
Segueta	un	5,00			
Sifón de 2"	un	7,00			
Sifón de fregadero	m	1,00			
Sifón de lavatorio	m	4,00			
T de 1/2 con centro roscado	m	13,00			
Tanque de agua caliente TITAN	un	1,00			
Tapón CPVC liso de 1/2" (12mm)	un	25,00			
Tapón de 1/2 con rosca	m	24,00			
Tapón PVC liso de 1/2 " (12mm)	un	25,00			
TE CPVC 1/2" (12mm)	m	25,00			
TE de PVC S32,5 de 4"	un	5,00			
TE PVC de 1/2" (12mm)	m	25,00			
TE PVC S40 de 1 1/2" (38mm)	un	6,00			
TE PVC S40 de 2" (50mm)	un	10,00			
TE PVC S40 de 3" (75mm)	un	5,00			
TE PVC S40 de 1 1/4" (31mm)	un	10,00			
Tubo CPCV 1/2"	un	3,00			
Tubo PVC 19mm SCH40	un	6,00			
Tubo PVC sanitario de 2" (50mm)	un	5,00			
Tubo PVC sanitario de 4" (100mm)	un	3,00			
Tubo PVC SDR41 de 2 1/2" (61mm)	un	1,00			
YE de PVC S32,5 de 4"	un	3,00			
YE PVC S32,5 de 2"	un	2,00			
YE PVC S40 de 1 1/4" (31mm)	un	3,00			

Cuadro 1. Cantidad de recursos para construir la casa (Continuación).

DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	TOTAL	DURACIÓN	Cantidad de personas	Horas Hombre
			(días)		
<b>D5 SISTEMAS ELÉCTRICOS</b>					
x					
<b>D52 CIRCUITOS RAMALES Y DE ILUMINACIÓN</b>					
x					
<b>D5210 CIRCUITOS RAMALES</b>			31,00	2,00	682,00
Apagador doble blanco	un	2,00			
Apagador sencillo	un	16,00			
Aros de repello	un	10,00			
Barra tierra BT24	un	1,00			
THQ breaker 1" termomag 1x20amp falla t	und	1,00			
THQ breaker 1" termomag 2x125amp g e	und	2,00			
THQ breaker 1/2" termomag 2x20amp g e	und	1,00			
THQ breaker 1/2" termomag 2x30amp g e	und	1,00			
THQ breaker 1" termomag 2x20amp g e	und	3,00			
THQ breaker 1/2 termomag 1x20amp g e	und	8,00			
Cable #10 blanco	m	25,00			
Cable #10 negro	m	33,00			
Cable #10 rojo	m	33,00			
Cable #10 verde	m	25,00			
Cable #12 blanco	m	161,92			
Cable #12 negro	m	161,92			
Cable #12 rojo	m	147,20			
Cable #6 blanco	m	12,00			
Cable #6 negro	m	18,00			
Cable #6 rojo	m	18,00			
Cable #8 verde	m	18,00			
Caja cuadrada EMT	un	5,00			
Caja de 4" de doble fondo	un	10,00			
Caja de breaker de 24 espacios	un	1,00			
Caja de registro de paso de 12x8"	un	1,00			
Caja octagonal EMT	un	47,00			
Caja rectangular EMT	un	57,00			
Conduflex 1/2" (12mm)	m	50,00			
Conector conduflex 1/2" (12mm)	un	36,99			
Conector de 3/4" (61mm)	un	20,00			
Conector de de 1/2" (12mm) caja de registro UL	un	28,00			
Conector M UL S40/TIPO A de 1/2" (12mm)	un	28,00			
Conector PVC CONDUIT de 1/2" (12mm)	un	261,00			
Conector UL S40/TIPOA 1 1/2" (38mm)	un	1,00			
Conector UL S40/TIPOA 1 1/4" (31mm)	un	1,00			
Curva CONDUIT UL TIPO A 90° de 1 1/2" (38mm)	un	2,00			
Curva de 1 1/4" (31mm)	un	2,00			
Curva de 1"	un	4,00			
Curvas de conduit UL tipo A 90° 3/4" (19mm)	un	45,00			

Cuadro 1. Cantidad de recursos para construir la casa (Continuación).

DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS		UNID.	TOTAL	DURACIÓN	Cantidad de personas	Horas Hombre
				(días)		
<b>D5210</b>	<b>CIRCUITOS RAMALES</b>			31,00	2,00	682,00
	Curvas de conduit UL tipo A 90' 1/2" (12mm)	un	155,00			
	Gasa de 1/2" (12mm) 1 oreja	un	50,00			
	Gasa de 3/4 1 oreja	un	50,00			
	Pegamento de pvc	cuartos	2,00			
	Placa ciega	un	2,00			
	Placa sencilla decor UL	un	3,00			
	Spot	un	29,00			
	Tapa cuadrada	un	5,00			
	Tapa octagonal	un	47,00			
	Tapa rectangular	un	57,00			
	Tape super 33	un	2,00			
	Tape tenflex	un	3,00			
	Terminales de ojo presislada anaranjado	un	200,00			
	Terminales de ojo presislada café	un	110,00			
	Terminales de ojo presislada rojo	un	210,00			
	Terminales horquillas	un	120,00			
	Toma duplex	un	28,00			
	Toma falla tierra UL 220 o especial	un	2,00			
	Toma TV	un	4,00			
	Tornillo 1/2" k-alk	un	500,00			
	Tubo de 1"	un	1,00			
	Tubo PVC CONDUIT de 1 1/4" (31mm)	un	1,00			
	Tubo PVC CONDUIT de 1/2" (12mm)	un	26,99			
	Tubo PVC CONDUIT TIPO A de 1 1/2" (38mm)	un	1,00			
	Tubo PVC CONDUIT TIPO A de 3/4" (61mm)	un	5,00			
	Unión CONDUIT UL SCH 40 TIPO A de 3/4" (61mm)	un	7,00			
	Unión CONDUIT UL SCH 40/TIPO A de 1 1/2" (38mm)	un	2,00			
	Unión de cond UL SCH 40 tipo A de 1/2" (12mm)	un	36,99			
	Toma Telefónico	und	5,00			
	SUBCONTRATO	Glo	1,00			
<b>E</b>	<b>EQUIPO Y MOBILIARIO</b>					
	z					
	z					
<b>E2</b>	<b>MOBILIARIO</b>					
	z					
<b>E21</b>	<b>MOBILIARIO FIJO</b>					
	z					
<b>E2110</b>	<b>GABINETES DE COCINA Y ESTACIONES DE SERVICIO</b>					
	Mueble de cocina	m	6,70	12,00	2,00	264,00
	Closets	m	7,40	12,00	2,00	264,00
	Muebles de baños	und	2,01	12,00	2,00	264,00
	Sobre cocina	m2	3,60	0,50	2,00	11,00
	Sobre baños	m2	0,82	0,50	2,00	11,00

Cuadro 1. Cantidad de recursos para construir la casa (Continuación).

DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	TOTAL	DURACIÓN	Cantidad de personas	Horas Hombre
			(días)		
<b>Z GENERAL</b>					
x					
<b>Z1 REQUISITOS GENERALES</b>					
x					
<b>Z12 REQUISITOS DE CALIDAD</b>					
x					
<b>Z1220 CONTROL DE CALIDAD</b>					
Pruebas de Cilindros de concreto (4 cilindros)	Und	3,00	1,50	2,00	33,00
x					
<b>Z13 FACILIDADES TEMPORALES</b>					
x					
<b>Z1310 FACILIDADES TEMPORALES</b>					
Cajón de herramientas	und	1,00	0,50	1,00	5,50
x					
x					
<b>Z3 GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS DE CONSTRUCCIÓN</b>					
x					
<b>Z34 EQUIPO &amp; HERRAMIENTAS</b>					
x					
<b>Z3410 HERRAMIENTA MANUAL Y CONSUMIBLES</b>					
Taladro	horas	49,60			
Metabo	horas	49,60			
Compactador manual	horas	110,00			
x					
<b>Z3430 EQUIPO DE ALQUILER</b>					
Batidoras eléctricas (3 un)	horas	148,80			
Vibradores para concreto	horas	111,60			
x					
x					
x					
<b>Z4 COSTOS INDIRECTOS DE CONSTRUCCIÓN</b>					
x					
<b>Z42 FACILIDADES TEMPORALES DE CONSTRUCCIÓN</b>					
x					
<b>Z4210 FACILIDADES TEMPORALES</b>					
Cerramiento con sarán	m	50,46	1,00	5,00	55,00
Regla de 1" x 2" de madera para estructura de	varas	0,00			
Kilo de clavos de 2" para madera	kg	3,00			
x					
<b>Z4220 SERVICIOS TEMPORALES</b>					
Alquiler de cabaña sanitaria	viajes	28,00			
x					
<b>Z43 SUPERVISIÓN EN SITIO</b>					
x					
<b>Z4310 SALARIOS SUPERVISIÓN EN SITIO</b>					
Maestro de obras	mes	7,00	196,00	1,00	2 156,00
x					
<b>Z45 SEGURIDAD OCUPACIONAL</b>					
x					
<b>Z45200 EQUIPO DE SEGURIDAD</b>					
Casco	un	10,00			
Anteojos	un	10,00			
Chaleco	un	10,00			
Guantes	un	5,00			
Pollo cinta peligro	un	3,00			
Extintores	un	1,00			
x					
x					
<b>Z48 BOTE DE BASURA</b>					
x					
<b>Z4810 BOTE DE BASURA</b>					
Viajes para botar basura	viajes	28,00	5,09	1,00	56,00

Ya que se cuenta con las cantidades de recursos necesarios para construir la casa, se usan los factores de emisión de cada recurso para obtener la huella de carbono de cada actividad codificada, usando la metodología de la PAS 2050.

## CAPÍTULO 4. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO APLICANDO LA NORMA PAS 2050

En el proceso de construcción de la casa se identificaron las siguientes fuentes de emisiones de dióxido de carbono: transporte de materiales desde el lugar de fabricación o desde el puerto de importación, transporte del personal del proyecto, uso de electricidad o combustible en herramientas o maquinaria, emisiones realizadas por el personal de la obra; las dos últimas están relacionadas directamente con la instalación de los productos o su transformación en nuevos materiales a usar en la casa. También se analiza el proceso de instalación de los materiales, identificando la existencia de algún proceso químico que genere como residuo CO<sub>2</sub>.

El cálculo se realiza hasta el momento en que la casa se construye totalmente, según lo indicado en planos. Las emisiones de dióxido de carbono generadas durante la vida útil de la casa, el mantenimiento o el uso de los sistemas electromecánicos de la vivienda quedan fuera del alcance del cálculo.

### 4.1 Transporte

El cálculo de emisiones de dióxido de carbono durante el transporte se basa en la cantidad de combustible usado por los automotores que realizan esta tarea, para ello es necesario determinar la distancia recorrida en los viajes, así como el consumo de combustible por kilómetro recorrido.

Al ser una casa tipo, no se tiene una ubicación específica del proyecto, por lo que se propone un lugar dentro de la GAM, con el fin de realizar el estudio de transportes a este punto. Todos los cálculos realizados suponen que el proyecto se realiza en la esquina noroeste del Parque Metropolitano La Sabana, ver pin rojo en la Figura 6.

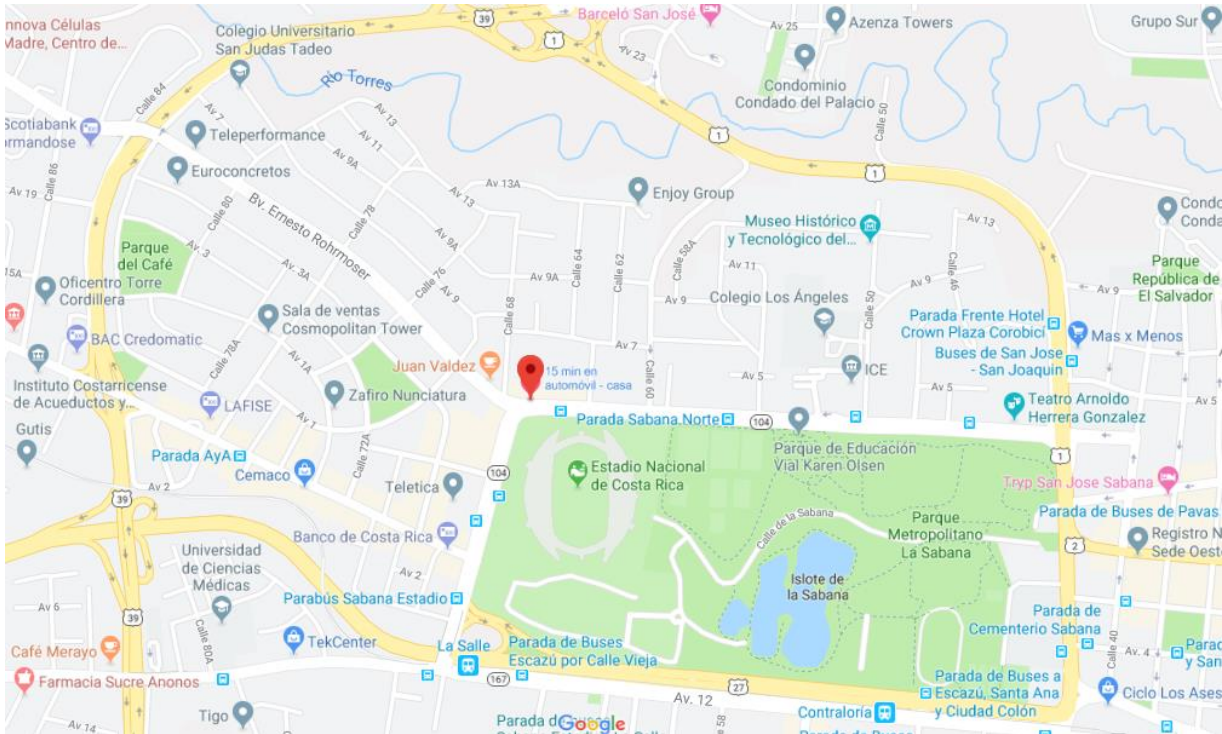


Figura 6. Ubicación propuesta de la casa.  
Fuente: <https://www.google.com/maps>

#### 4.1.1 Transporte de materiales

Se dividen los materiales en dos grupos: importados y fabricados en el país. Considerando las cantidades de materiales para el proyecto, el transporte se realiza en trailletas tándem, los camiones de este tipo de Eurobau tienen un rendimiento de 3,1 km por litro de combustible. (Sáenz, 2015, p.46).

Para Costa Rica, el ENCC, Estrategia Nacional de Cambio Climático, ha determinado que el factor de emisión para el consumo de diesel es 0,00268 tonCO<sub>2</sub>/litro, (Castro, 2012, p.44). Con lo que se tiene que por cada kilómetro recorrido, el camión tándem emite 0,000865 tonCO<sub>2</sub>.

El camión tándem Freifhtliner M2 25k, como el de la Figura 7, tiene una capacidad de carga de ocho toneladas, como indica el fabricante en su página web. Calculando el peso de todos los materiales que se transportan, se obtiene la cantidad de viajes necesarios para tener todos los materiales en el proyecto.





*Figura 7. camión tándem Freightliner M2 25k.*  
Fuente: <http://www.freightliner.com.mx/productos/m2/>

Para el cálculo del peso de los materiales se consultan las fichas técnicas de los fabricantes, así como densidades teóricas. Usando estos datos como factores de conversión de las unidades de medición del material a toneladas.

Cabe destacar que la flotilla vehicular de entrega de materiales es variada, por ejemplo, un camión KIA 2500 de la empresa Petra Soluciones Inmobiliarias tiene un rendimiento de 9.92 km por litro de combustible, ya que recorre 645 km con un tanque de 65 litros. La capacidad de carga del KIA es de 2.5 toneladas, por lo que se selecciona un solo tipo camión para el cálculo de transporte de materiales.

Para para transportar 8 toneladas en 1 km, el camión Freightliner M2 25k necesita 0,32 litros de Diesel, mientras que el KIA 2500 necesita 0.322 litros de combustible, por lo que para efectos de cálculo se unifica y se usa un valor de 0.32 litros, equivalente a usar el camión Freightliner M2 25k o un KIA 2500.

#### **4.1.1.1 Materiales Importados**

Se dividen los materiales en dos grupos, los que ingresan al país por Puerto Limón y los que ingresan al país por Caldera; la distancia recorrida por los camiones de los transportistas desde cada puerto hasta el proyecto es de 160 km desde Limón y de 79 km desde Caldera. (Ver Figura 8). Estos materiales son transportados hasta el proyecto en un camión tándem, como el de la Figura 8.

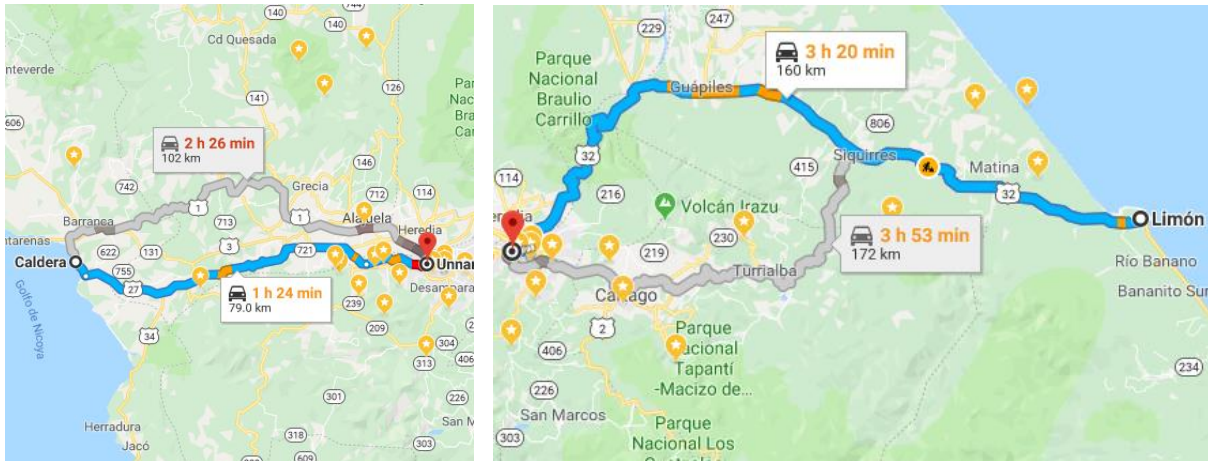


Figura 8. Distancia desde los puertos al proyecto.

Fuente: <https://www.google.es/maps>

Cada viaje de la traileta tándem desde Caldera emite 0,0683 tonCO<sub>2</sub> al ambiente y cada viaje desde Puerto Limón emite 0,138 tonCO<sub>2</sub> al ambiente. Al multiplicar las cantidades de viajes realizadas desde cada puerto y sumar los resultados, se obtiene que por transporte de materiales importados al proyecto se emiten 4,96 tonCO<sub>2</sub>.

#### 4.1.1.2 Materiales fabricados en el país

Se considera el transporte de los materiales desde el lugar de su fabricación hasta el proyecto, se identifica el lugar de fabricación, la distancia de la ruta y la cantidad de viajes desde cada punto a la obra, obteniendo una emisión de 2,11 tonCO<sub>2</sub>.

#### 4.1.2 Transporte de personal

El transporte del recurso humano desde su lugar de habitación al sitio del proyecto, genera emisiones de dióxido de carbono directamente relacionadas al medio de transporte utilizado y a la distancia recorrida.

#### **4.1.2.1 Transporte de personal de campo**

Se considera que el personal de campo del proyecto viaja en bus desde dos puntos diferentes, La Carpio, ubicada a 7,1 km del proyecto, Pavas a 6,9 km del proyecto. De la tesis de Castro. J, (2012) P.47, se tiene que, al realizar un viaje en bus por la mañana y otro en la noche, se emiten 0,000421 TonCO<sub>2</sub>/persona por 20 km recorridos, por lo que se tiene una emisión diaria por persona de 0,0002947 TonCO<sub>2</sub>.

Multiplicando la cantidad de días efectivos que dura cada actividad por la cantidad de personas que la ejecutan, se tiene la cantidad de viajes realizados por el personal de campo para llegar al proyecto, esta cantidad de viajes se multiplica por 0,0002947 TonCO<sub>2</sub>/viaje y se obtiene un total de 1,2 TonCO<sub>2</sub> emitida para el proyecto en transporte de personal de campo.

#### **4.1.2.2 Transporte de inspección**

El inspector realiza una visita por día al proyecto en un vehículo particular, del cual se necesita conocer el rendimiento del combustible, por ejemplo, si usa un Toyota Etios 2017, el rendimiento promedio indicado por estos vehículos es de 14,5 km/L, lo cual señala que, por cada kilómetro recorrido, se consumen 0,070 litros de gasolina.

Para Costa Rica, el ENCC, Estrategia Nacional de Cambio Climático, ha determinado que el factor de emisión para el consumo de gasolina es 0,00222 tonCO<sub>2</sub>/litro, (Castro, 2012, p.44). Con lo que se tiene que por cada kilómetro recorrido, el automovil emite 0,000155 tonCO<sub>2</sub>.

Para realizar la visita diaria el inspector debe desplazarse 11,4 km de ida y 7,7 km de vuelta, recorriendo 19,1 km en total, con lo que se obtiene que por visita se emiten 0,00296 tonCO<sub>2</sub> para un total de 0,50 tonCO<sub>2</sub> para el proyecto.

## **4.2 Uso de maquinaria y equipo**

El uso de maquinaria y equipo de trabajo genera emisiones de dióxido de carbono dependiendo de la fuente de energía utilizada, por lo que se divide la lista en dos grupos, las que funcionan con electricidad y las que funcionan con gasolina.

#### **4.2.1 Consumo eléctrico**

El Centro Nacional de Planificación Eléctrica, indica que, para el 2010 las emisiones por consumo eléctrico en Costa Rica fueron de 0,0096 TonCO<sub>2</sub>/KWh. Para el 2015, en el Vigésimo Segundo Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible, se indica que las emisiones de CO<sub>2</sub> para la producción de 38.922 Tj fueron de 557,6 Gg, al realizar la conversión de unidades de medición de Joules a Kilowatt hora se obtienen emisiones de 5,15E-05 TonCO<sub>2</sub>/KWh.

A continuación, se presenta una reseña de las herramientas eléctricas a usar en el proyecto, indicando sus características principales y el uso que se les da, así como el consumo energético, factor al considerar al calcular las emisiones de dióxido de carbono, consultado de Saenz S., 2012 p. 49.

##### **4.2.1.1 Batidora de concreto de 1,5 sacos:**

Este equipo está compuesto por un tanque en donde se mezclan los agregados del concreto: arena, piedra, cemento y agua, en dosificaciones específicas para cada tipo de concreto, según su resistencia.

El tanque de la batidora propuesta para este proyecto es de 1,5 sacos, lo que implica que para generar todo el concreto usado en el proyecto, esta máquina se usa por 792 horas o tres meses que dura la construcción de la obra gris.

Los materiales son mezclados mediante un movimiento giratorio del tanque sobre su propio eje, generado por un motor eléctrico y transmitido por una polea o cadena, ver partes de la batidora en la Figura 9.

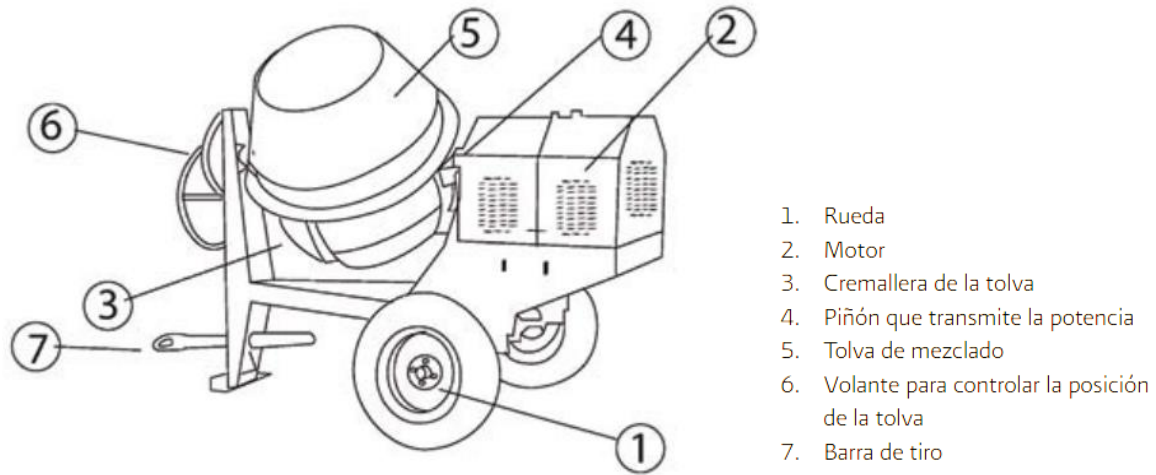


Figura 9. Partes de la batidora.

Fuente: Secretaría de Trabajo y Previsión Social, México, consultado el 16 de julio de 2019 de [http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/publicaciones/prac\\_seg/prac\\_chap/PS%20invernaderos.pdf](http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/publicaciones/prac_seg/prac_chap/PS%20invernaderos.pdf)

El motor de este equipo tiene un consumo eléctrico de 22,5 kWh/h, siendo conectado a la red de 120 V del proyecto, lo que genera versatilidad ya que para su instalación sólo se necesitan cables #8 ó #6.

#### 4.2.1.2 Esmeril

El esmeril se usa en el proyecto para cortar materiales de gran resistencia como varillas, bloques de concreto, concreto, entre otros; consta de un cuerpo y un disco, cuyo tamaño y material puede variar según el material a cortar, en la Figura 10 se indican las partes del esmeril.

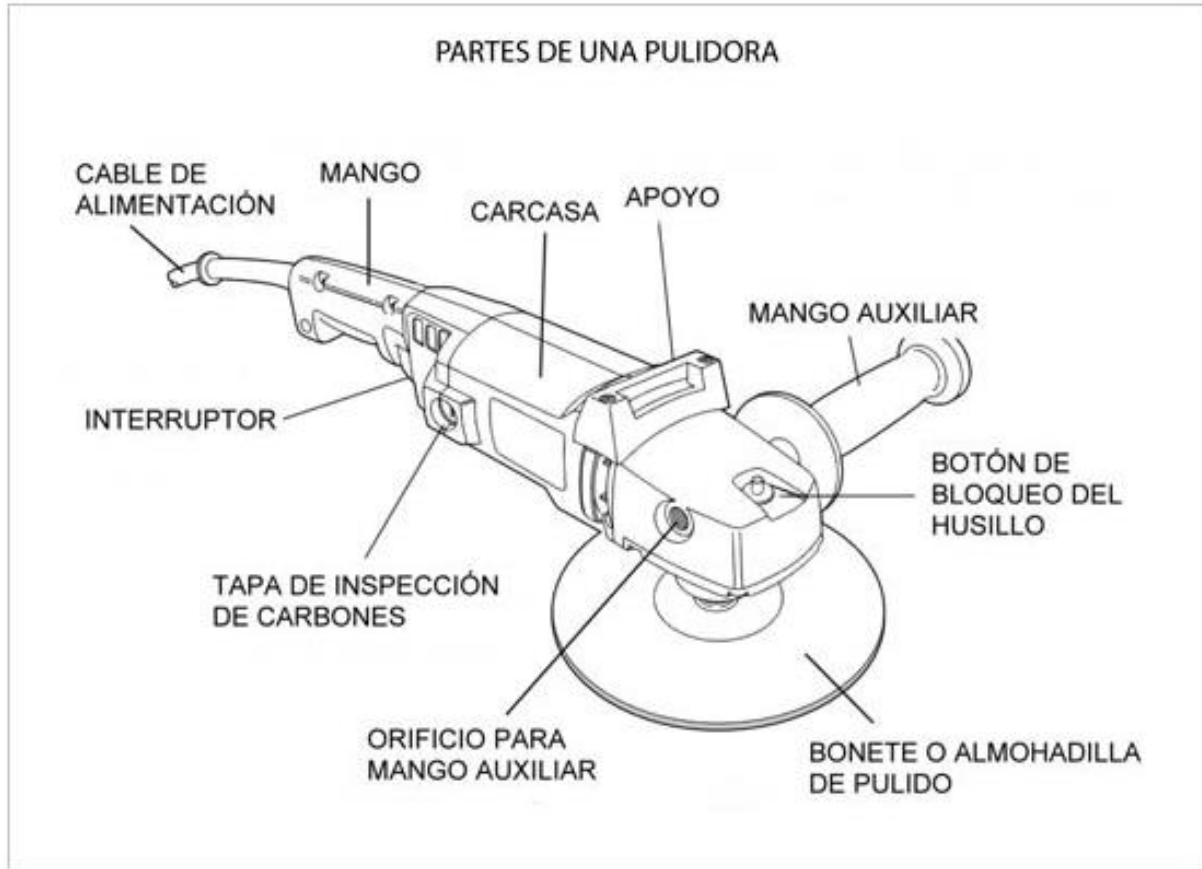


Figura 10. Partes del esmeril.

Fuente: consultado el 16 de julio de 2019 de <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/pulidoras-tipos-y-usos>.

El disco gira sobre su propio eje, impulsado por un motor eléctrico, el cual se acciona con la corriente eléctrica de la red de 120 V del proyecto. El consumo eléctrico de esta herramienta es de 1 kWh/h. Se estima que, para construir la casa, el esmeril se usa 924 horas, lo que corresponde a un uso efectivo de 3,5 meses.

#### **4.2.1.3 Vibrador de concreto**

Con el fin de generar una distribución homogénea de los componentes del concreto dentro del encofrado, se usan varias técnicas que permiten el movimiento de los agregados dentro de la mezcla y la expulsión de las partículas de aire.

El equipo usado para esta tarea es el vibrador de concreto, el cual consta de una aguja, que se introduce en el concreto fresco, la transmisión y un cuerpo con el motor, ver Figura 11.



*Figura 11. Vibrador de concreto.*

Fuente: Mapsa, consultado el 16 de julio de 2019 de [https://www.mapsacatalogo.com/productos-vimesa\\_vibrador\\_electrico\\_construccion.html](https://www.mapsacatalogo.com/productos-vimesa_vibrador_electrico_construccion.html).

El motor es accionado por corriente eléctrica, tomada de la red de 120 V del proyecto, su consumo energético es de 1,6 kWh/h, se estima que se usa en el proyecto por 792 horas, correspondiente al tiempo de uso de la batidora.

#### **4.2.1.4 Taladro manual**

Esta herramienta se usa para hacer huecos en distintos materiales como madera y concreto por medio de una broca, ver Figura 12; también se usa para poner tornillos; su rotación es aprovechada en las construcciones en otras tareas como enrollar alambre, es una herramienta básica para una construcción para la elaboración de las formaletas.

El motor del taladro es accionado por la red eléctrica de 120 V del proyecto y tiene una eficiencia de 12,75 kWh/h. Se estima que se usará en el proyecto por 924 horas, correspondiente a un uso efectivo de 3,5 meses.



Figura 12. Taladro

Fuente: consultado el 16 de julio de 2019 de <https://i1.wp.com/www.ingmecafenix.com/wp-content/uploads/2018/10/Partes-taladro.jpg?ssl=1>.

Multiplicando el consumo eléctrico de cada equipo por la cantidad de horas usadas por  $5,15E-05$  TonCO<sub>2</sub>/KWh se tiene que la emisión total por el consumo eléctrico en el proyecto es de 0,29 TonCO<sub>2</sub>.

#### 4.2.2 Uso de combustibles

En el proyecto es necesario rellenar con lastre el terreno para conformar terrazas o para garantizar que las fundaciones se apoyan sobre suelo con la resistencia adecuada para soportar las cargas requeridas.

La colocación de este material se hace en capas, usando un compactador de bota, como el de la Figura 13, conocido popularmente como brincón, ya que su motor, impulsado por gasolina, genera un movimiento vertical del equipo, el cual cae por gravedad y comprime el suelo.



El compactador manual tiene un consumo de combustible de 1,2 litros por hora, tal como lo indica equipaloc en su página web, por lo que, multiplicando este rendimiento por 198 horas de uso, por 0,00222 tonCO<sub>2</sub>/litro, se obtiene que se emite 0,53 tonCO<sub>2</sub>.



*Figura 13. Compactador manual.*

Fuente: Terraequipos, consultado el 16 de julio de 2019 de <https://terraequipos.com/producto/brincon/>.

#### 4.3 Emisiones humanas

Los seres humanos con sus procesos biológicos inherentes a la vida, generan emisiones de CO<sub>2</sub>; existen herramientas gratuitas para el cálculo de estas emisiones, que dependen del tipo de alimentación de cada persona.

La empresa de consultorías ambientales *Myclimate* cuenta con una calculadora web gratuita de emisiones de dióxido de carbono para eventos. Al suministrarle la duración del proyecto, obtenida del cronograma de la Figura 5 y cantidad de personas involucradas, se tiene que por la actividad fisiológica de la mano de obra se emiten 0,029 tonCO<sub>2</sub>.

#### 4.4 Resumen

En el Cuadro 3 se presentan las emisiones de dióxido de carbono para cada actividad, totalizándolas por fuente de emisión. Los porcentajes de los totales se reflejan en la Figura 14, observando que el 65% de emisiones de dióxido de carbono corresponden al transporte de materiales.

El uso de herramientas eléctricas y maquinaria que trabaja con combustible genera un 14% de emisiones de CO<sub>2</sub> al construir la casa.

### FUENTES DE EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO AL CONSTRUIR LA CASA

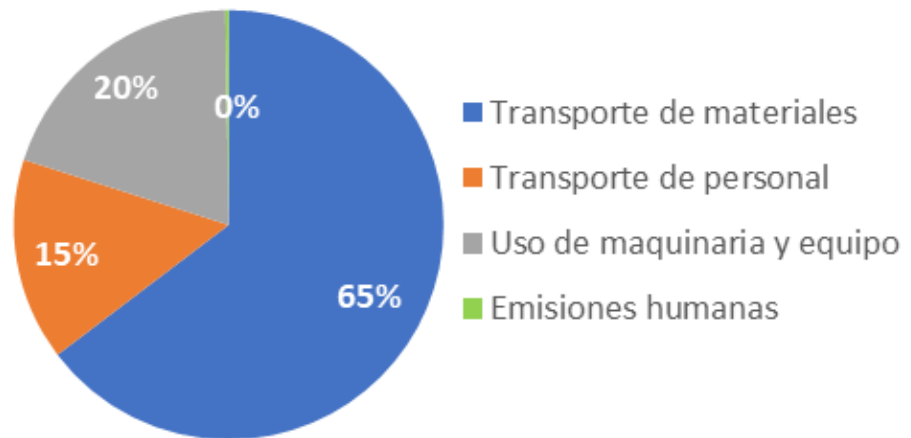


Figura 14. Porcentaje de emisiones de CO<sub>2</sub> por tipo de fuente.

Cabe destacar que, dentro del transporte de materiales, los viajes que más liberan gases de efecto invernadero son los provenientes de Puerto Limón, esto debido a la distancia recorrida.

Las emisiones humanas representan menos de un 1% y son directamente proporcionales a la cantidad de horas hombre necesarias para construir el proyecto, es necesario considerar que en este proyecto el transporte de la mano de obra es proporcional a la cantidad de personas que construyen la casa.

Cuadro 2. Emisiones de dióxido de carbono en la construcción de la casa por fuente de emisión.

EMISIONES DE DIOXIDO DE CARBONO POR TIPO DE FUENTE		Transporte de materiales (TonCO2)	Transporte de empleados (TonCO2)	Consumo eléctrico (TonCO2)	Consumo de combustible (TonCO2)	Emisiones humanas (KGCO2)
		<b>7,058</b>	<b>1,664</b>	<b>1,637</b>	<b>0,527</b>	<b>29,000</b>
<b>A</b>	<b>SUBESTRUCTURA</b>	0,145	0,262	0,000	0,000	4,553
<b>A1</b>	<b>FUNDACIONES Y LOSAS DE CONTRAPISO</b>	0,145	0,262	0,000	0,000	4,553
<b>A11</b>	<b>FUNDACIONES NORMALES</b>	0,069	0,155	0,000	0,000	2,825
<b>A1105</b>	<b>TRAZADO</b>	0,000	0,002	0,000	0,000	0,049
<b>A1110</b>	<b>PLACAS CORRIDAS</b>	0,069	0,153	0,000	0,000	2,776
<b>A13</b>	<b>LOSAS SOBRE EL TERRENO (CONTRAPISO)</b>	0,073	0,106	0,000	0,000	1,703
<b>A1301</b>	<b>CONTRAPISO</b>	0,073	0,106	0,000	0,000	1,703
<b>A14</b>	<b>PROTECCIÓN A LA HUMEDAD E IMPERMEABILIZACIÓN</b>	0,003	0,001	0,000	0,000	0,024
<b>A1410</b>	<b>PROTECCIÓN A LA HUMEDAD DE LOSAS DE CONTRAPISO</b>	0,003	0,001	0,000	0,000	0,024
<b>B</b>	<b>SUPER ESTRUCTURA &amp; CERRAMIENTO EXTERIOR</b>	0,811	0,654	0,000	0,000	12,308
<b>B1</b>	<b>SUPER ESTRUCTURA</b>	0,503	0,642	0,000	0,000	12,016
<b>B11</b>	<b>SOPORTE DE ENTREPIOS (MUROS, COLUMNAS, VIGAS Y LOSAS)</b>	0,354	0,584	0,000	0,000	10,850
<b>B1110</b>	<b>COLUMNAS Y VIGAS</b>	0,098	0,232	0,000	0,000	4,374
<b>B1115</b>	<b>PAREDES DE BLOQUES</b>	0,109	0,145	0,000	0,000	2,697
<b>B1120</b>	<b>ENTREPIOS Y LOSAS</b>	0,084	0,069	0,000	0,000	1,300
<b>B1125</b>	<b>ESCALERAS Y RAMPAS</b>	0,032	0,020	0,000	0,000	0,535
<b>B1175</b>	<b>REPELLOS</b>	0,031	0,119	0,000	0,000	1,944
<b>B12</b>	<b>ESTRUCTURA DE TECHO</b>	0,149	0,058	0,000	0,000	1,166
<b>B1210</b>	<b>TECHOS</b>	0,149	0,058	0,000	0,000	1,166
<b>B2</b>	<b>CERRAMIENTOS EXTERIORES</b>	0,308	0,011	0,000	0,000	0,292
<b>B21</b>	<b>PAREDES EXTERIORES Y ACABADOS EXTERIORES</b>	0,308	0,011	0,000	0,000	0,292
<b>B2110</b>	<b>ACABADO SUPERFICIE PAREDES EXTERIORES</b>	0,308	0,011	0,000	0,000	0,292
<b>C</b>	<b>CONSTRUCCIÓN INTERIOR Y ACABADOS</b>	1,870	0,053	0,000	0,000	2,193
<b>C1</b>	<b>CONSTRUCCIÓN INTERIOR</b>	0,020	0,009	0,000	0,000	0,243
<b>C12</b>	<b>PUERTAS Y VENTANAS</b>	0,020	0,009	0,000	0,000	0,243
<b>C1210</b>	<b>PUERTAS</b>	0,016	0,003	0,000	0,000	0,097
<b>C1220</b>	<b>VENTANAS</b>	0,005	0,006	0,000	0,000	0,146
<b>C3</b>	<b>ACABADOS INTERIORES</b>	1,850	0,044	0,000	0,000	1,950
<b>C31</b>	<b>ACABADOS INTERIORES DE PAREDES</b>	0,932	0,013	0,000	0,000	0,340
<b>C3130</b>	<b>ACABADOS EN PORCELANATO</b>	0,084	0,002	0,000	0,000	0,049
<b>C3155</b>	<b>PINTURA INTERIOR</b>	0,848	0,011	0,000	0,000	0,292
<b>C302</b>	<b>ACABADOS DE PISOS</b>	0,084	0,001	0,000	0,000	0,802
<b>C3021</b>	<b>ACABADO DE PISOS EN CERÁMICA</b>	0,084	0,000	0,000	0,000	0,778
<b>C32022</b>	<b>RODAPÍE</b>	0,000	0,001	0,000	0,000	0,024
<b>C33</b>	<b>CIELOS</b>	0,826	0,030	0,000	0,000	0,802
<b>C3325</b>	<b>CIELOS DE GYPSUM</b>	0,826	0,030	0,000	0,000	0,802
<b>C35</b>	<b>ACCESORIOS SANITARIOS Y DE CLOSET</b>	0,008	0,000	0,000	0,000	0,006
<b>C3510</b>	<b>ACCESORIOS DE BAÑO Y LAVANDERÍA</b>	0,008	0,000	0,000	0,000	0,006
<b>D</b>	<b>SISTEMAS ELECTROMECÁNICOS</b>	0,864	0,077	0,000	0,000	3,056
<b>D2</b>	<b>SISTEMAS MECÁNICOS - FONTANERÍA</b>	0,715	0,039	0,000	0,000	1,549
<b>D21</b>	<b>PIEZAS SANITARIAS Y GRIFERÍA</b>	0,547	0,002	0,000	0,000	0,043
<b>D2115</b>	<b>INODOROS, ORINALES, BIDET</b>	0,068	0,000	0,000	0,000	0,006
<b>D2135</b>	<b>LAVAMANOS</b>	0,137	0,001	0,000	0,000	0,012
<b>D2145</b>	<b>FREGADEROS DE COCINA</b>	0,068	0,000	0,000	0,000	0,006
<b>D2190</b>	<b>GRIFERÍA EN GENERAL</b>	0,273	0,001	0,000	0,000	0,018
<b>D22</b>	<b>SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE</b>	0,169	0,037	0,000	0,000	1,507
<b>D2290</b>	<b>SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN GENERAL</b>	0,169	0,037	0,000	0,000	1,507
<b>D5</b>	<b>SISTEMAS ELÉCTRICOS</b>	0,149	0,037	0,000	0,000	1,507
<b>D52</b>	<b>CIRCUITOS RAMALES Y DE ILUMINACIÓN</b>	0,149	0,037	0,000	0,000	1,507
<b>D5210</b>	<b>CIRCUITOS RAMALES</b>	0,149	0,037	0,000	0,000	1,507
<b>E</b>	<b>EQUIPO Y MOBILIARIO</b>	0,692	0,047	0,000	0,000	1,798
<b>E2</b>	<b>MOBILIARIO</b>	0,692	0,047	0,000	0,000	1,798
<b>E21</b>	<b>MOBILIARIO FIJO</b>	0,692	0,047	0,000	0,000	1,798
	<b>GABINETES DE COCINA Y ESTACIONES DE SERVICIO</b>	0,692	0,047	0,000	0,000	1,798

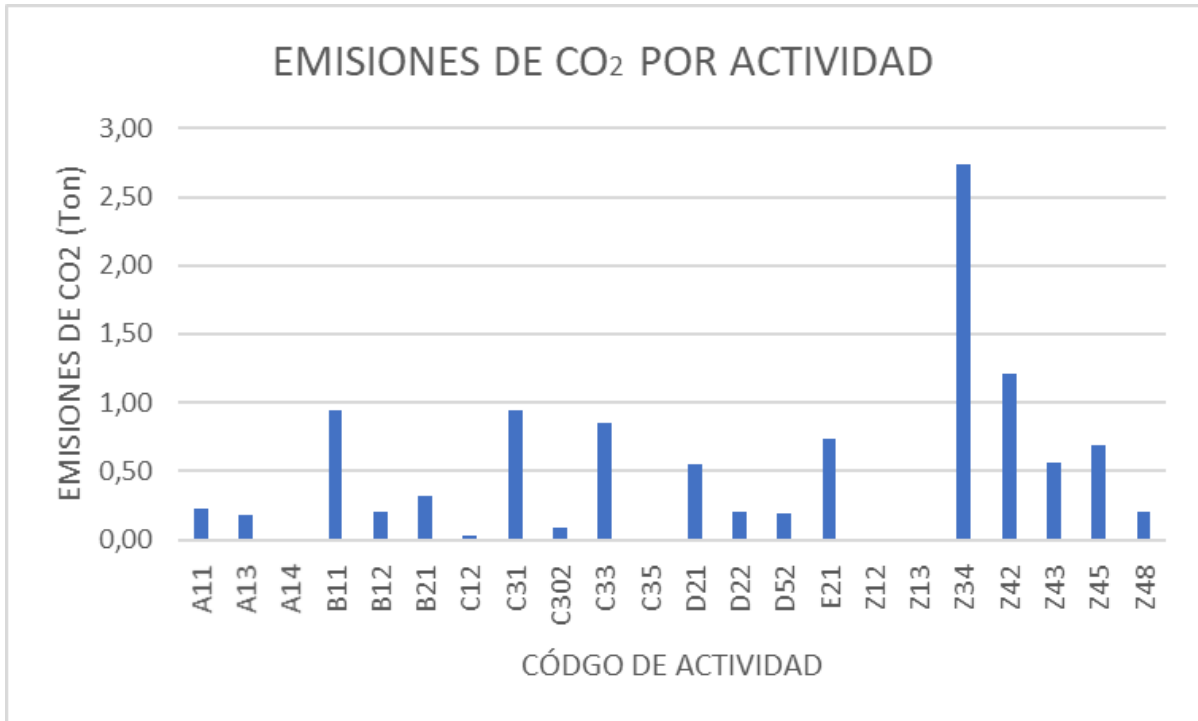
EMISIONES DE DIOXIDO DE CARBONO POR TIPO DE FUENTE	Transporte de materiales (TonCO2)	Transporte de empleados (TonCO2)	Consumo eléctrico (TonCO2)	Consumo de combustible (TonCO2)	Emisiones humanas (KGCO2)
	<b>7,058</b>	<b>1,664</b>	<b>1,637</b>	<b>0,527</b>	<b>29,000</b>
<b>Z GENERAL</b>	2,676	0,571	1,637	0,527	5,093
<b>Z1 REQUISITOS GENERALES</b>	0,009	0,003	0,000	0,000	0,085
<b>Z12 REQUISITOS DE CALIDAD</b>	0,003	0,002	0,000	0,000	0,073
<b>Z1220 CONTROL DE CALIDAD</b>	0,003	0,002	0,000	0,000	0,073
<b>Z13 FACILIDADES TEMPORALES</b>	0,006	0,000	0,000	0,000	0,012
<b>Z1310 FACILIDADES TEMPORALES</b>	0,006	0,000	0,000	0,000	0,012
<b>Z3 GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS DE CONSTRUCCIÓN</b>	0,571	0,000	1,637	0,527	0,000
<b>Z34 EQUIPO &amp; HERRAMIENTAS</b>	0,571	0,000	1,637	0,527	0,000
<b>Z3410 HERRAMIENTA MANUAL Y CONSUMIBLES</b>	0,415	0,000	0,654	0,527	0,000
<b>Z3430 EQUIPO DE ALQUILER</b>	0,155	0,000	0,983	0,000	0,000
<b>Z4 COSTOS INDIRECTOS DE CONSTRUCCIÓN</b>	2,096	0,569	0,000	0,000	5,008
<b>Z42 FACILIDADES TEMPORALES DE CONSTRUCCIÓN</b>	1,203	0,009	0,000	0,000	0,121
<b>Z4210 FACILIDADES TEMPORALES</b>	0,745	0,009	0,000	0,000	0,121
<b>Z4220 SERVICIOS TEMPORALES</b>	0,458	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Z43 SUPERVISIÓN EN SITIO</b>	0,000	0,558	0,000	0,000	4,763
<b>Z4310 SALARIOS SUPERVISIÓN EN SITIO</b>	0,000	0,558	0,000	0,000	4,763
<b>Z45 SEGURIDAD OCUPACIONAL</b>	0,692	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Z45200 EQUIPO DE SEGURIDAD</b>	0,692	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Z48 BOTE DE BASURA</b>	0,201	0,002	0,000	0,000	0,124
<b>Z4810 BOTE DE BASURA</b>	0,201	0,002	0,000	0,000	0,124

Al conocer la huella de carbono de una actividad se toman decisiones de cómo usar estos valores, se propone que las emisiones cuantificadas en algún proyecto sean compensadas o reducidas, por lo que es necesario reconocer las herramientas existentes para lograrlo.

## CÁPITULO 5. COMPENSACIÓN DE LAS EMISIONES

Para disminuir el impacto al ambiente por la emisión de gases de efecto invernadero en alguna actividad económica se pueden tomar varias medidas, enfocadas en dos líneas de acción: reducir o compensar.

Al reconocer las actividades que generan grandes cantidades de gases contaminantes, estas se pueden eliminar, optimizar o cambiar por otras que generen menos emisiones, para la construcción de la casa, la actividad que más emisiones genera es el uso de equipos y herramientas, como se indica en la Figura 15.



*Figura 15. Emisiones de CO<sub>2</sub> por actividad, Nivel 3 de UNIFORMAT*

Una medida para reducir las emisiones en proyectos similares a la construcción de la casa es comprar menos materiales importados, apoyando la industria local. Es necesario considerar que en Costa Rica no se producen ciertos materiales, por lo que es necesario realizar importaciones, en el Cuadro 3 se indica el origen de los materiales importados y el puerto por donde ingresan al país.

Cuadro 3. Origen de materiales importados

Disco metabo de 9" para metal	Metabo, Alemania, Puerto Limón
rodillo 80% poliéster 20% nylon marca	España, Puerto Limón
Porcelanato 60x60 baños	China, Puerto Caldera
Lija #100	Minnesota, Puerto Limón
Masking azul 3M	Minnesota, Puerto Limón
Rodillo	España, Puerto Limón
Felpa	España, Puerto Limón
Extensión rodillo	España, Puerto Limón
Brocha	España, Puerto Limón
Porcelanato 60x60	China, Puerto Caldera
Lamina blanca 1/2" REG	México, Puerto Caldera
Lamina verde 1/2" MR	México, Puerto Caldera
Lamina Denglass	México, Puerto Caldera
Track 2 1/2" x 3,05mm x 10'	México, Puerto Caldera
Stud 2 1/2" de 3,05mm x 10'	México, Puerto Caldera
Cinta permabase 4x150 ft	Minnesota, Puerto Limón
Pasta Easy finish	México, Puerto Caldera
Lija #120	Minnesota, Puerto Limón
Tiro calibre 22 / EXP verde cal 22 (100 unidades)	Illinois, Puerto Limón
Inodoro dos piezas doble descarga bla	Colombia, Puerto Caldera
Lavamanos Domus, Dormitorio princ	Colombia, Puerto Caldera
Lavamanos Ref 1900537	Colombia, Puerto Caldera
Fregadero	Colombia, Puerto Caldera
Grifo pila	Colombia, Puerto Caldera
Grifo lavatorios	Colombia, Puerto Caldera
Grifo fregadero	Colombia, Puerto Caldera
Ducha, rejillas	Colombia, Puerto Caldera
Tanque de agua caliente	Monterrey, Puerto Limón
Tape super 33	Minnesota, Puerto Limón
Mueble de cocina	Italia, Puerto Limón
Closets	Italia, Puerto Limón
Muebles de baños	Italia, Puerto Limón
Sobre cocina	Italia, Puerto Limón
Sobre baños	Italia, Puerto Limón
Taladro	Metabo, Alemania, Puerto Limón
Esmeril	Metabo, Alemania, Puerto Limón
Compactador manual	Metabo, Alemania, Puerto Limón
Vibradores para concreto	Metabo, Alemania, Puerto Limón
Casco	Minnesota, Puerto Limón
Anteojos	Minnesota, Puerto Limón
Chaleco	Minnesota, Puerto Limón
Guantes	Minnesota, Puerto Limón
Rollo cinta peligro	Minnesota, Puerto Limón

Es importante tener en cuenta que reducir las emisiones con las propuestas anteriores influye en el alcance del proyecto, tanto en calidad de los materiales como en su planificación, factores que afectan el presupuesto o el cronograma; para no incurrir en estas afecciones, se toman medidas externas a la ejecución y diseño del proyecto orientadas a compensar el impacto ambiental generado por las emisiones de dióxido de carbono.

La compensación de emisiones de CO<sub>2</sub> se orienta a fijar la misma cantidad de carbono que se emitió en cierta actividad, proceso que realizan los árboles durante su vida, tomando el dióxido de carbono y liberando oxígeno a la atmósfera. En este caso en particular, el proyecto emite a la atmósfera 15,9 toneladas de dióxido de carbono en los procesos constructivos, con lo cual para compensar esas emisiones es necesario conservar árboles que fijen 15,9 toneladas de CO<sub>2</sub> durante cierto periodo de tiempo.

Es necesario conocer cuánto carbono fijan las especies de árboles en cierto periodo de tiempo para estimar la cantidad de árboles a sembrar o conservar, de forma tal que se compensen las emisiones realizadas, en el Cuadro 4, Cubero indica este dato para la Melina, Teca y Pochote en Costa Rica.

*Cuadro 4. Fijación de dióxido de carbono por hectárea y por año en Costa Rica.*

Especie	Área total (ha)	Carbono fijado (tm/ha/año)	Carbono total fijado (tm/año)
<i>Gmelina arborea</i>	49 274.9	8.2	387 604.0
<i>Tectona grandis</i>	14 622.9	4.9	71 798.2
<i>Bombacopsis quinata</i>	20 328.1	3.3	67 286.1

Fuente: Cubero J., Rojas S., 1999. Fijación de carbono en plantaciones de Melina, Teca y Pochote en los cantones de Hojancha y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.

Por ejemplo, para compensar las 15,9 tonCO<sub>2</sub> emitidas al construir la casa es necesario conservar una plantación de una hectárea de Melina por un año y cuatro meses; o de Teca por dos años y tres meses; o de Pochote por tres años y cuatro meses en Hojancha o Nicoya.

Una vez conocido el número de árboles necesarios para fijar las emisiones realizadas, es imprescindible contar con el terreno, plantas, conocimiento y técnicas de siembra y conservación; acciones que no son naturales de una empresa constructora.

Al no contar con los medios para sembrar directamente los árboles, se puede pagar a un tercero que lo haga, de forma que indirectamente se compensen las emisiones de gases de efecto invernadero realizadas al construir la casa.

La persona o entidad encargada de la siembra y conservación de los árboles debe garantizar que el dinero pagado sea invertido en lo convenido, por lo que debe respaldar los términos de la negociación con un documento.

En Costa Rica existen los créditos de carbono, vendidos por Fonafifo (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal), certificando que al comprar uno, se fija una tonelada de dióxido de carbono equivalente.

Para compensar la huella de carbono emitida en Costa Rica al construir una casa típica de clase media en condominio horizontal en el Gran Área Metropolitana se recomienda que el constructor o dueño de la vivienda adquiera 11 Créditos de Carbono de Fonafifo.

## CÁPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es necesario conocer cómo se ha realizado el cálculo de la huella de carbono de distintos tipos de elementos y proyectos, esto permite plantear objetivos para el cálculo y definir una metodología para cumplirlos, además proporciona herramientas de cálculo o factores a usar.

En el país se ha realizado el cálculo de la huella de carbono de elementos de una construcción, generando una base de datos con la información recopilada y con los resultados obtenidos para cada elemento de estudio. Esta información puede ser usada como parte del cálculo de la huella de carbono de la construcción de una estructura que contenga esos elementos. Algunos de estos elementos son las paredes analizadas por Saenz, 2012, la infraestructura de una urbanización usada Valerín, 2015.

Los materiales de construcción son producidos por industrias con actividades económicas específicas, por ejemplo, los objetivos y procesos de una cementera son diferentes a los de una productora pintura; por esta razón cada proveedor tiene intereses comerciales diferentes; algunos, como Intaco, han calculado el impacto ambiental de sus productos, por lo que, para un tercero, la obtención de la huella de carbono de sus productos se delimita a un proceso de recopilación de información.



Si se calculan las emisiones del ciclo de vida completo de la casa, desde la etapa de diseño, hasta el manejo de sus escombros, es necesario considerar las emisiones de fabricación de los materiales y analizar si se pueden usar los que han sido declarados carbono neutrales o bien aquellos que en su proceso de fabricación emiten menos CO<sub>2</sub>.

Para la construcción de la delegación de Policía de León XIII, Castro, 2012, indica que se tiene que la fabricación de los materiales representa un 95% del total de las emisiones de la construcción del proyecto. Sin considerar el dióxido de carbono emitido durante la fabricación de los materiales, se tiene que, se generan 16.2 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> al construir la delegación.

Con el fin de generar información nueva, se calcula la huella de carbono para la construcción de una casa, considerando las actividades propias de la construcción, de forma tal que los resultados pueden ser usados como valor absoluto para el elemento en estudio. Por ejemplo, si se usan los resultados obtenidos por Valerín, 2015 y se suman a los de la casa, se obtiene la huella de carbono para una urbanización; o si se suman los valores obtenidos por los proveedores, como los proporcionados por Intaco, y las emisiones de la casa en funcionamiento a los de su construcción, se obtiene la huella de carbono de la casa durante su ciclo de vida.

Se buscó una muestra representativa de las viviendas de clase media en el país, aunque la elección no está basada en un cálculo estadístico, se realiza al comparar el mercado, asistiendo a la expoconstrucción de agosto de 2017 y analizando las páginas web de los condominios y desarrolladores.

30 condominios en Costa Rica, han ofrecido a la venta, casas de 120 m<sup>2</sup> de construcción en dos niveles, en el primer nivel estas casas constan de parqueo, sala, cocina, comedor, patio de pilas, terraza y medio baño; en el segundo nivel constan de dormitorio principal, baño principal, walking closet, dos dormitorios secundarios y un baño.

La cuantificación de materiales, horas hombre y maquinaria para construir la casa es una tarea del presupuesto del proyecto; esta tarea depende de la planificación planteada, por lo que, al haber usado un sistema de codificación, las cantidades de recursos calculadas pueden ser usadas con diferentes fines, por ejemplo, para calcular la huella de carbono y para calcular el costo directo de la obra.

Se recomienda que la cantidad de recursos para construir la casa sea estimada por un presupuestista con experiencia, que conozca los procesos constructivos de la casa, con el fin de que no se repitan o se deje de contar materiales y de que pueda organizarlos según las actividades propuestas al planificar la obra.

Conocer la cantidad de materiales permite cuantificar la cantidad de viajes de camiones al proyecto, las emisiones de CO<sub>2</sub> son directamente proporcionales a la cantidad de viajes. Se recomienda planificar los proyectos de construcción con la menor cantidad de viajes, aprovechando las rutas y usando la máxima capacidad de carga de los camiones en cada entrega de materiales.

Se insta a determinar un procedimiento de cálculo alternativo para las emisiones de la mano de obra al realizado con la herramienta ofrecida por *Myclimate*, de forma tal que los resultados obtenidos sean más representativos a la realidad de la mano de obra costarricense.

Inglaterra y Nueva Zelanda han sido pioneros en el desarrollo de normas de cálculo de huella de carbono, algunas de estas son el grupo de Normas ISO y la PAS 2050. En Costa Rica se aplican procedimientos de estimaciones de impacto ambiental, como LEED y Reset, que no tienen un enfoque específico en el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero.

La norma PAS 2050 es de acceso público y gratuito, está orientada al cálculo de la huella de carbono de productos o actividades, se ha usado en Costa Rica anteriormente y es aplicable a los ciclos de vida de un producto; por estas razones se puede usar para calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> de un proyecto completo o de alguna de sus etapas, como la etapa constructiva y sus actividades.

La actividad que más genera emisiones de CO<sub>2</sub> es el uso de herramientas y maquinaria con código Z34, esto debido al consumo eléctrico por largos periodos de tiempo; si se logra producir energía eléctrica con menor huella de carbono, el total de emisiones disminuirá.

El transporte de materiales desde Puertos es la fuente que genera la mayor cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> en Costa Rica, lo que se ve reflejado en actividades como instalación de pisos y cielos, cuyos materiales son importados. Para reducirlas se recomienda buscar otras

fuentes de materiales, especialmente comprarlos a productores locales, con lo cual el transporte de estos materiales se hará desde puntos más cercanos al proyecto.

A pesar de que en el mundo existen normas y procedimientos que certifican el cálculo de la huella de carbono, En Costa Rica sólo el Fonafifo acredita las compensaciones de emisiones de CO<sub>2</sub>, aunque es posible compensarlas sin contar con una acreditación, por ejemplo, manteniendo viva una plantación de una hectárea de melina por un año y cuatro meses en Guanacaste.

Se considera como una utopía poder compensar el CO<sub>2</sub> en el lugar de emisión, pues para fijar el dióxido de carbono emitido construir la casa se necesitan extensiones de terreno cercanas a la hectárea, lo que ubicaría la vivienda en una zona boscosa y no en la GAM.

Otra medida para reducir las emisiones de dióxido de carbono es optimizar el transporte de los recursos, procurando que cada viaje utilice la capacidad máxima de los camiones, de tal forma que se reduzca la cantidad de viajes al proyecto.

Si se usan medios de transporte con fuentes de energía alternativas a los combustibles, como un tren eléctrico de carga, posiblemente disminuya la huella de carbono de la casa, considerando que en Costa Rica emiten 5,15E-05 TonCO<sub>2</sub> por cada KWh producido.

Se insta a que en cada proyecto de construcción se siembre en las zonas verdes árboles que fijan carbono, con el fin de compensar parte de las emisiones de CO<sub>2</sub> realizadas durante la construcción.

Se recomienda que el Gobierno de Costa Rica, dentro de su meta de carbono neutralidad, implemente en los trámites de permisos de construcción la presentación de un procedimiento de compensación de un porcentaje del CO<sub>2</sub> emitido al construir una obra, cuya ejecución debe ser demostrada al cerrar la bitácora del proyecto.

Se invita a los desarrolladores de condominios a invertir en la compensación de las emisiones de sus proyectos y en mercadeo que fomente la compra de casas o apartamentos carbono neutrales o que hayan compensado parte de las emisiones. El cálculo de la huella de carbono de un proyecto representa una carga de trabajo similar a la de realizar el presupuesto o el control de costos, parámetro a usar para estimar la inversión económica del cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Se recomienda usar los factores de emisión de CO<sub>2</sub> por unidad de medición de cada actividad, indicados en el Cuadro 5, considerando las similitudes de las características propias de cada actividad planteada para construir la casa con las de las actividades del proyecto de quien considere usar estos factores.

Los resultados se obtienen de un análisis previo a la construcción de la casa, por lo cual se suponen factores como el estado normal de herramienta, equipo, camiones y vehículos para su vida útil promedio; la ubicación del proyecto para estimar distancias, cantidades de presupuesto, cronograma y plazos de la planificación inicial, lugar de habitación de la mano de obra. Se insta a realizar el cálculo con los datos recopilados durante la construcción de la casa.

Cuadro 5. Emisiones totales y factores de emisión

EMISIONES DE DIOXIDO DE CARBONO POR TIPO DE FUENTE	CANTIDAD	UNID.	TOTAL DE EMISIONES (TonCO2)	PESO	EMISIONES UNITARIAS (kgCO2)
	126,3	m2	10,915	100%	86,42
<b>A SUBESTRUCTURA</b>	13,2	m3	0,412	4%	31,27
<b>A1 FUNDACIONES Y LOSAS DE CONTRAPISO</b>	13,2	m3	0,412	4%	31,27
<b>A11 FUNDACIONES NORMALES</b>	4,7	m3	0,227	2%	48,12
A1105 TRAZADO	78,0	m2	0,002	0%	0,02
A1110 PLACAS CORRIDAS	4,7	m3	0,225	2%	47,74
<b>A13 LOSAS SOBRE EL TERRENO (CONTRAPISO)</b>	8,5	m3	0,181	2%	21,41
A1301 CONTRAPISO	8,5	m3	0,181	2%	21,41
A14 PROTECCIÓN A LA HUMEDAD E IMPERMEABILIZACIÓN	78,0	m2	0,004	0%	0,05
A1410 PROTECCIÓN A LA HUMEDAD DE LOSAS DE CONTRAPISO	78,0	m2	0,004	0%	0,05
<b>B SUPER ESTRUCTURA &amp; CERRAMIENTO EXTERIOR</b>	126,3	m2	1,477	14%	11,70
<b>B1 SUPER ESTRUCTURA</b>	126,3	m2	1,157	11%	9,16
<b>B11 SOPORTE DE ENTREPISOS (MUROS, COLUMNAS, VIGAS Y LOSAS)</b>	38,0	m3	0,949	9%	24,96
B1110 ESTRUCTURA PRIMARIA SOPORTE ENTREPISOS (columnas y vigas)	15,7	m3	0,334	3%	21,34
B1115 PAREDES DE BLOQUES	19,1	m3	0,257	2%	13,47
B1120 ENTREPISOS Y LOSAS	2,8	m3	0,154	1%	55,96
B1125 ESCALERAS Y RAMPAS	0,5	m3	0,052	0%	94,92
B1175 REPELLOS	40,1	m2	0,152	1%	3,80
<b>B12 ESTRUCTURA DE TECHO</b>	89,0	m2	0,208	2%	2,34
B1210 TECHOS	89,0	m2	0,208	2%	2,34
<b>B2 CERRAMIENTOS EXTERIORES</b>	126,3	m2	0,320	3%	2,54
B21 PAREDES EXTERIORES Y ACABADOS EXTERIORES	126,3	m2	0,320	3%	2,54
B2110 ACABADO SUPERFICIE PAREDES EXTERIORES	126,3	m2	0,320	3%	2,54
<b>C CONSTRUCCIÓN INTERIOR Y ACABADOS</b>	31,6	m2	1,926	18%	60,99
<b>C1 CONSTRUCCIÓN INTERIOR</b>	31,6	m2	0,030	0%	0,94
<b>C12 PUERTAS Y VENTANAS</b>	31,6	m2	0,030	0%	0,94
C1210 PUERTAS	9,0	und	0,019	0%	2,08
C1220 VENTANAS	14,6	m2	0,011	0%	0,76
<b>C3 ACABADOS INTERIORES</b>	126,3	m2	1,896	17%	15,01
<b>C31 ACABADOS INTERIORES DE PAREDES</b>	126,3	m2	0,945	9%	7,49
C3130 ACABADOS EN PORCELANATO	19,9	m2	0,086	1%	4,31
C3155 PINTURA INTERIOR	126,3	m2	0,860	8%	6,81
<b>C302 ACABADOS DE PISOS</b>	120,1	m2	0,085	1%	0,71
C3021 ACABADO DE PISOS EN CERÁMICA	120,1	m2	0,085	1%	0,70
C32022 RODAPIÉ	81,1	m	0,001	0%	0,01
<b>C33 CIELOS</b>	120,1	m2	0,856	8%	7,13
C3325 CIELOS DE GYPSUM	120,1	m2	0,856	8%	7,13
<b>C35 ACCESORIOS SANITARIOS Y DE CLOSET</b>	126,3	m2	0,009	0%	0,07
<b>C3510 ACCESORIOS DE BAÑO Y LAVANDERÍA</b>	126,3	m2	0,009	0%	0,07
<b>D SISTEMAS ELECTROMECÁNICOS</b>	126,3	m2	0,944	9%	7,47
<b>D2 SISTEMAS MECÁNICOS - FONTANERÍA</b>	126,3	m2	0,756	7%	5,99
<b>D21 PIEZAS SANITARIAS Y GRIFERÍA</b>	7,0	und	0,549	5%	78,44
D2115 INODOROS, ORINALES, BIDET	3,0	und	0,069	1%	22,88
D2135 LAVAMANOS	3,0	und	0,137	1%	45,76
D2145 FREGADEROS DE COCINA	1,0	und	0,069	1%	68,64
D2190 GRIFERÍA EN GENERAL	7,0	und	0,275	3%	39,22
<b>D22 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE</b>	126,3	m2	0,207	2%	1,64
D2290 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN GENERAL	126,3	m2	0,207	2%	1,64
<b>D5 SISTEMAS ELÉCTRICOS</b>	126,3	m2	0,187	2%	1,48
<b>D52 CIRCUITOS RAMALES Y DE ILUMINACIÓN</b>	126,3	m2	0,187	2%	1,48
D5210 CIRCUITOS RAMALES	126,3	m2	0,187	2%	1,48
<b>E EQUIPO Y MOBILIARIO</b>	16,1	m	0,740	7%	45,96
<b>E2 MOBILIARIO</b>	16,1	m	0,740	7%	45,96
<b>E21 MOBILIARIO FIJO</b>	16,1	m	0,740	7%	45,96
GABINETES DE COCINA Y ESTACIONES DE SERVICIO	16,1	m	0,740	7%	45,96

EMISIONES DE DIOXIDO DE CARBONO POR TIPO DE FUENTE		CANTIDAD	UNID.	TOTAL DE EMISIONES (TonCO2)	PESO	EMISIONES UNITARIAS (kgCO2)
<b>Z</b>	<b>GENERAL</b>	126,3	m2	<b>5,416</b>	<b>50%</b>	<b>42,88</b>
<b>Z1</b>	<b>REQUISITOS GENERALES</b>	126,3	m2	<b>0,012</b>	<b>0%</b>	<b>0,10</b>
<b>Z12</b>	<b>REQUISITOS DE CALIDAD</b>	126,3	m2	<b>0,005</b>	<b>0%</b>	<b>0,04</b>
<b>Z1220</b>	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	126,3	m2	<b>0,005</b>	<b>0%</b>	<b>0,04</b>
<b>Z13</b>	<b>FACILIDADES TEMPORALES</b>	126,3	m2	<b>0,007</b>	<b>0%</b>	<b>0,05</b>
<b>Z1310</b>	<b>FACILIDADES TEMPORALES</b>	126,3	m2	<b>0,007</b>	<b>0%</b>	<b>0,05</b>
<b>Z3</b>	<b>GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS DE CONSTRUCCIÓN</b>	126,3	m2	<b>2,735</b>	<b>25%</b>	<b>21,65</b>
<b>Z34</b>	<b>EQUIPO &amp; HERRAMIENTAS</b>	126,3	m2	<b>2,735</b>	<b>25%</b>	<b>21,65</b>
<b>Z3410</b>	<b>HERRAMIENTA MANUAL Y CONSUMIBLES</b>	126,3	m2	<b>1,597</b>	<b>15%</b>	<b>12,64</b>
<b>Z3430</b>	<b>EQUIPO DE ALQUILER</b>	126,3	m2	<b>1,138</b>	<b>10%</b>	<b>9,01</b>
<b>Z4</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS DE CONSTRUCCIÓN</b>	126,3	m2	<b>2,669</b>	<b>24%</b>	<b>21,13</b>
<b>Z42</b>	<b>FACILIDADES TEMPORALES DE CONSTRUCCIÓN</b>	126,3	m2	<b>1,211</b>	<b>11%</b>	<b>9,59</b>
<b>Z4210</b>	<b>FACILIDADES TEMPORALES</b>	126,3	m2	<b>0,754</b>	<b>7%</b>	<b>5,97</b>
<b>Z4220</b>	<b>SERVICIOS TEMPORALES</b>	126,3	m2	<b>0,458</b>	<b>4%</b>	<b>3,62</b>
<b>Z43</b>	<b>SUPERVISIÓN EN SITIO</b>	126,3	m2	<b>0,563</b>	<b>5%</b>	<b>4,46</b>
<b>Z4310</b>	<b>SALARIOS SUPERVISIÓN EN SITIO</b>	126,3	m2	<b>0,563</b>	<b>5%</b>	<b>4,46</b>
<b>Z45</b>	<b>SEGURIDAD OCUPACIONAL</b>	126,3	m2	<b>0,692</b>	<b>6%</b>	<b>5,48</b>
<b>Z45200</b>	<b>EQUIPO DE SEGURIDAD</b>	126,3	m2	<b>0,692</b>	<b>6%</b>	<b>5,48</b>
<b>Z48</b>	<b>BOTE DE BASURA</b>	126,3	m2	<b>0,203</b>	<b>2%</b>	<b>1,61</b>
<b>Z4810</b>	<b>BOTE DE BASURA</b>	126,3	m2	<b>0,203</b>	<b>2%</b>	<b>1,61</b>

## Referencias Bibliográficas

3M, catálogo de productos, consultado el 9 de marzo de 2019 de, <http://multimedia.3m.com/mws/media/311651O/pliegos-de-lija-papel-235u-215n.pdf>.

Arcelor Mital, catálogo de productos, consultado el 2 de marzo de 2019 de, <https://arcelormittalca.com/>.

Amazon, peso de productos, consultado el 7 de abril de 2019 de, <https://www.amazon.com/>.

American Standard, catálogo de productos, consultado el 13 de abril de 2019 de, <https://www.americanstandardca.com/wp-content/uploads/2016/06/Catalogo-AS-Centro-America-V-17-octubre-2017-Web.pdf>.

Asociación Española para la Calidad, consultado el 29 de noviembre de 2018 de, <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/norma-pas-2050>.

Bernal Ponce, J. (2001). **Comentario del libro "Historia de la arquitectura en Costa Rica"**. Revista De Historia, (41). Recuperado a partir de <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/historia/article/view/1909>.

Borrás C. (2018). Principales fuentes de emisión de CO<sub>2</sub>, consultado el 8 de febrero de 2019 de, <https://www.ecologiaverde.com/principales-fuentes-de-emision-de-co2-404.html>.

Capris, pero productos, consultado el 17 de marzo de 2019 de, <https://capris.cr/nova-xtrf-02038-rodillo-9-con-extension-aluminio-para-pintar-53cm-96cm.html>.

Certificaciones de sostenibilidad para edificios en Costa Rica, Acabados Elmec, consultado el 7 de enero de 2019 de, <http://blog.elmeccr.com/certificaciones-de-sostenibilidad-para-edificios-en-costa-rica/>.

Cisneros M. F. (23 de julio de 2018). Banco Central. Producción crecería 3,2% en 2018, menos de lo estimado a inicio de año, y déficit sería más alto. Al Financiero. Recuperado de <https://www.elfinancierocr.com/finanzas/banco-central-produccion-creceria-32-en-2018/VZLXU3VNH3FCSKPRPUDVAIHQ/story/>.

Compactadores, rendimiento de equipo, consultado el 15 de julio de 2019 de [http://equipaloc.com.br/equipamentos\\_compactadores.html](http://equipaloc.com.br/equipamentos_compactadores.html)

Condumex, catálogo de productos, consultado el 2 de marzo de 2019 de, [http://catalogo.condumex.com.mx/ficha/admin/ficha\\_vista.aspx?tipo=1&id=12](http://catalogo.condumex.com.mx/ficha/admin/ficha_vista.aspx?tipo=1&id=12).

Construplaza, peso de productos, consultado el 6 de abril de 2019 de, <https://www.construplaza.com/Construplaza/Pedidos?busqueda=>.

Cubero J., Rojas S., 1999. Fijación de carbono en plantaciones de Melina, Teca y Pochote en los cantones de Hojanca y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.

De máquinas y Herramientas, consultado el 16 de julio de 2019 de <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/pulidoras-tipos-y-usos>.

Durman, manual de productos, consultado el 6 de abril de 2019 de, [https://coval.com.co/pdfs/manuales/man\\_durman\\_conduit.pdf](https://coval.com.co/pdfs/manuales/man_durman_conduit.pdf).

Easy, consultado el 14 de abril de 2019 de, <https://www.easy.com.co/p/adaptador-1~2%22-hembra-cpvc/>.

Esquivel M. B. (2018). El diseño arquitectónico costarricense: El caso del adobe y el bahareque en Santo Domingo de Heredia, siglos XVIII al XX. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica.

Freightliner. Camión M2 25k, consultado el 12 de febrero de 2019 de, <http://www.freightliner.com.mx/productos/m2/>.

Árboles de Costa Rica, aliados contra el cambio climático, Grupo Nación GN S.A., 2017, consultado el 18 de julio de 2019 de [https://www.nacion.com/gnfactory/LNC/GNF/2017/03/29/0013/arboles-cambio\\_climatico-Fonafifo-carbono\\_neutralidad\\_19\\_1624627534.html#](https://www.nacion.com/gnfactory/LNC/GNF/2017/03/29/0013/arboles-cambio_climatico-Fonafifo-carbono_neutralidad_19_1624627534.html#).

García, L. (2016). Huella de Carbono, consultado el 3 de enero de 2018, de <http://agencyzeroapplus.org/wp-content/uploads/2016/02/El-efecto-invernadero.jpg>.

Goya, catálogo de productos, consultado el 23 de marzo de 2019 de, <http://www.goyaincol.com/es/productos/rodillos/repuestos>.



Herrera, J. (2015). Situación energética de Costa Rica Vigésimo Segundo Informe de Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible, consultado el 15 de julio de 2019 de [https://estadonacion.or.cr/files/biblioteca\\_virtual/022/Ambiente/Herrera\\_2016.pdf](https://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/022/Ambiente/Herrera_2016.pdf).

Hopsa, catálogo de productos, consultado el 10 de marzo de 2019 de, <http://www.hopsa.com/wp-content/uploads/2015/06/STUD-Y-TRACK.pdf>.

Infocalidad, consultado el 7 de enero de 2019 de, <http://www.infocalidad.net/archives/opinion/huella-de-carbono-normas-para-el-calculo-pas-2050-y-la-declaracion-de-neutralidad-pas-2060>.

Intaco, catálogo de productos, consultado el 6 de abril de 2019 de, <https://www.intaco.com/nuestros-productos/costa-rica>.

*International Finance Corporation. World Bank Group. Edge Methodology.* Versión 2.0, consultado el 10 de febrero de 2019 de <https://www.edgebuildings.com/wp-content/uploads/2018/10/181003-EDGE-Methodology-Version-2.pdf>.

*International Finance Corporation. World Bank Group. Edge in Costa Rica,* consultado el 10 de febrero de 2019 de <https://www.edgebuildings.com/certify/costa-rica/>.

ISO 14064:2006 (es) Especificación con Orientación, a Nivel de Organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero, consultado el 8 de enero de 2019 de, <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:ts:14067:ed-1:v1:es>.

ISO 14067:2013 (es) Gases de Efecto Invernadero, Huella de Carbono de Productos, Requisitos y Directrices para cuantificación y comunicación, consultado el 8 de enero de 2019 de, <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:ts:14067:ed-1:v1:es>.

ISO 14001, ISOTools, consultado el 7 de enero de 2019 de, <https://www.isotools.org/normas/medio-ambiente/iso-14001>.

Laticrete, consultado el 6 de abril de 2019 de, <https://laticrete.com/es-mx/support-and-downloads/marketing-support/catalogs-and-brochures>.

Lloyd's Register Quality Assurance (LRQA), consultado el 29 de noviembre de 2018, de <http://www.lrqa.es/certificaciones/pas-2050-huella-de-carbono/>.

Macopa, catálogo de productos, consultado el 10 de marzo de 2019 de, [http://www.macopa.com/sites/default/files/adjuntos-productos/\\_file\\_09\\_29\\_00-42.pdf](http://www.macopa.com/sites/default/files/adjuntos-productos/_file_09_29_00-42.pdf).

Mapsa, consultado el 16 de julio de 2019 de [https://www.mapsacatalogo.com/productos-vimesa\\_vibrador\\_electrico\\_construccion.html](https://www.mapsacatalogo.com/productos-vimesa_vibrador_electrico_construccion.html).

Metalco, catálogo de productos, consultado el 3 de marzo de 2019 de, <http://www.metalco.net/productos/lamina-lisa/>.

Montenegro Ripoll, densidad del mármol, consultado el 17 de marzo de 2019 de, [http://www.montenegroripoll.com/practicas/densidade\\_arquimedes.pdf](http://www.montenegroripoll.com/practicas/densidade_arquimedes.pdf).

Morales I. (2019), peso de mueble de cocina, baños y closet.

Myclimate, calculadora de emisiones de dióxido de carbono para eventos, consultado el 16 de julio de 2019 de [https://co2.myclimate.org/en/portfolios?calculation\\_id=2180316](https://co2.myclimate.org/en/portfolios?calculation_id=2180316).

Nexans, propiedades de cables, , consultado el 24 de marzo de 2019 de, [http://www.montenegroripoll.com/practicas/densidade\\_arquimedes.pdf](http://www.montenegroripoll.com/practicas/densidade_arquimedes.pdf)[http://www.nexans.com.br/eservice/Brazil-es\\_BR/navigate\\_238822/Cables\\_Conduflex\\_BT\\_300\\_500\\_V.html](http://www.nexans.com.br/eservice/Brazil-es_BR/navigate_238822/Cables_Conduflex_BT_300_500_V.html).

Norma para demostrar la carbono neutralidad, consultado el 14 de enero de 2019, de <https://www.inteco.org/shop/product/inte-b5-2016-norma-para-demostrar-la-carbono-neutralidad-requisitos-163>.

Productos de concreto (2016), cotización número 25271.

Protocolo GHC, consultado el 14 de enero de 2019 de, <https://ghgprotocol.org/about-us>.

Proyectos de Casa Max, consultado el 17 de enero de 2018, de <http://www.casamaxcr.com/>

Proyectos de Casa Premier, consultado el 15 de enero de 2018, de <http://www.casapremiercr.com/>

Proyectos de Casas Vita, consultado el 15 de enero de 2018, de [http://www.casasvita.cr/proyectos\\_inmobiliarios.php](http://www.casasvita.cr/proyectos_inmobiliarios.php)

Proyectos de Condomio, consultado el 15 de enero de 2018, de <http://condomio.cr/portfolio-4-columns-2>.

Proyectos de Desarrollos Metro, consultado el 17 de enero de 2018, de <http://www.desarrollosmetro.com/proyectos.html>

Proyectos de Eurohogar, consultado el 15 de enero de 2018, de <http://www.eurohogar.co.cr/>

Proyectos de Grupo Faro, consultado el 15 de enero de 2018, de <http://grupofarocr.com/es/>

Proyectos de Kirebe Promotores Inmobiliarios, consultado el 15 de enero de 2018, de <http://www.kirebe.com/inicio#proyectos>

Proyectos de Vivicon, consultado el 17 de enero de 2018, de <http://www.vivicon.cr/>

Quesada, L. (2012). Huella de carbono, para la construcción de una nueva delegación policial, en León XII. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Sáenz, S. (2014). Cálculo de la Huella de Carbono Generada al Construir las Paredes de una Vivienda Unifamiliar de 45m<sup>2</sup> en Obra Gris, comparando las emisiones al usar losas prefabricadas de Concreto y al usar Teca. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Secretaría de Trabajo y Previsión Social, México, consultado el 16 de julio de 2019 de [http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/publicaciones/prac\\_seg/prac\\_chap/PS%20invernaderos.pdf](http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/publicaciones/prac_seg/prac_chap/PS%20invernaderos.pdf).

Sheetrock, catálogo de productos, consultado el 10 de marzo de 2019 de, <http://gypsum.com.ni/wp-content/uploads/2014/05/Mold-Tough-Tipo-C.pdf>

Sikla, catálogo de productos, consultado el 20 de abril de 2019 de, [https://www.sikla.es/fast/600/17%20Tubos%20medidas%20y%20pesos\\_.pdf](https://www.sikla.es/fast/600/17%20Tubos%20medidas%20y%20pesos_.pdf).

Solano, J. (2010). La huella de carbono en los pavimentos de concreto para calles, caminos y carreteras. Congreso CIC. San José: Colegio de Ingenieros Civiles de Costa Rica.

Sur, catálogo de productos, consultado el 16 de marzo de 2019 de, [http://www.gruposur.com/download/hojas\\_tecnicas](http://www.gruposur.com/download/hojas_tecnicas).

Taladro, consultado el 16 de julio de 2019 de <https://i1.wp.com/www.ingmecafenix.com/wp-content/uploads/2018/10/Partes-taladro.jpg?ssl=1>.

Tecnigypsum, catálogo de productos, consultado el 10 de marzo de 2019 de, [https://www.tecnigypsum.com/files/Producto/files/26\\_ftdensglass.pdf](https://www.tecnigypsum.com/files/Producto/files/26_ftdensglass.pdf).

Terraequipos, consultado el 16 de julio de 2019 de <https://terraequipos.com/producto/brincon/>.

Tknika, catálogo de productos, consultado el 16 de marzo de 2019 de, <http://normadera.tknika.net/es/content/densidad>.

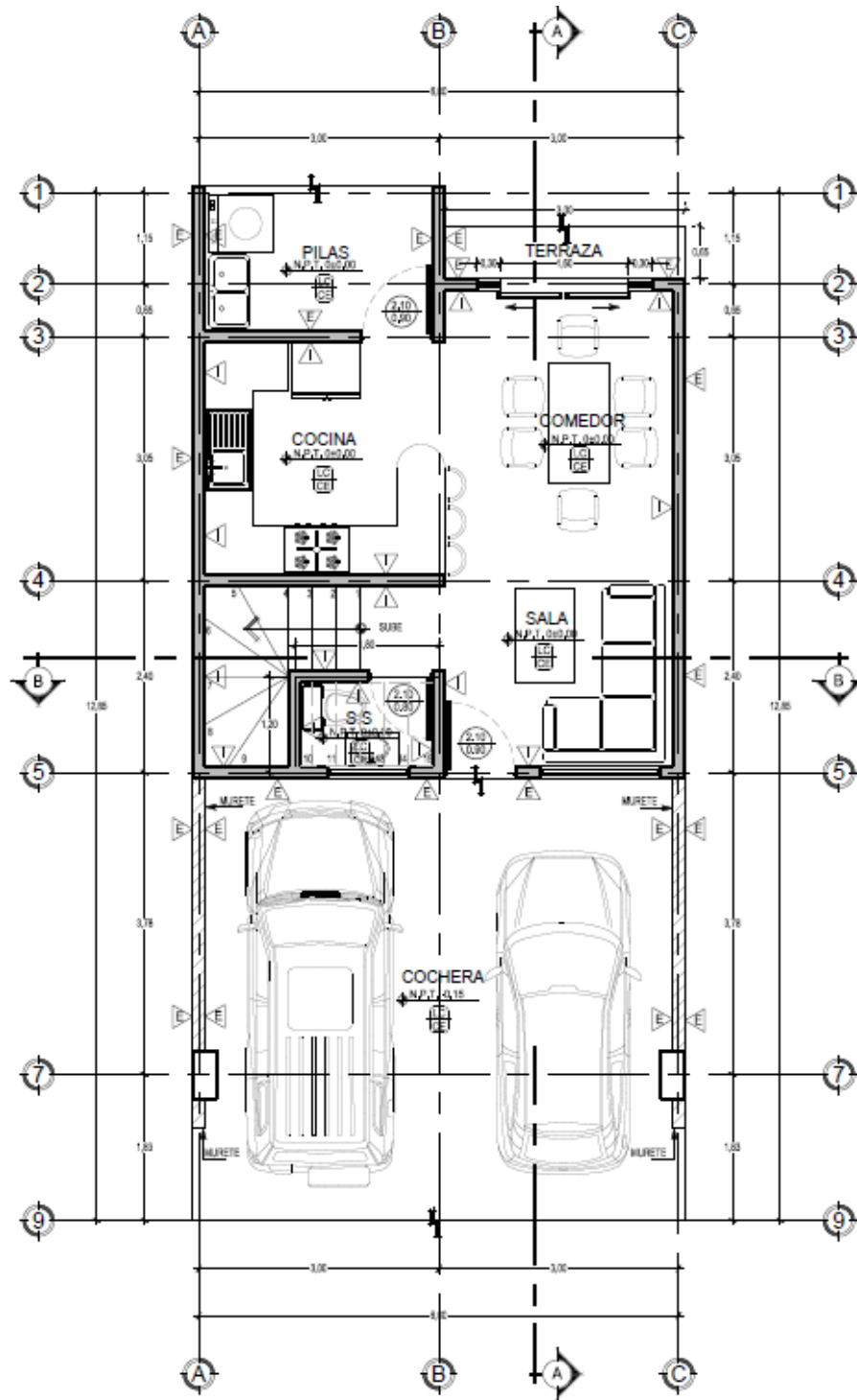
Torotrac, propiedades del sarán consultado el 24 de marzo de 2019 de, <http://www.torotrac.com/product/INTER-Telasombra-1>.

Unifomat, consultado el 4 de febrero de 2019 de, <https://www.csiresources.org/practice/standards/unifomat>.

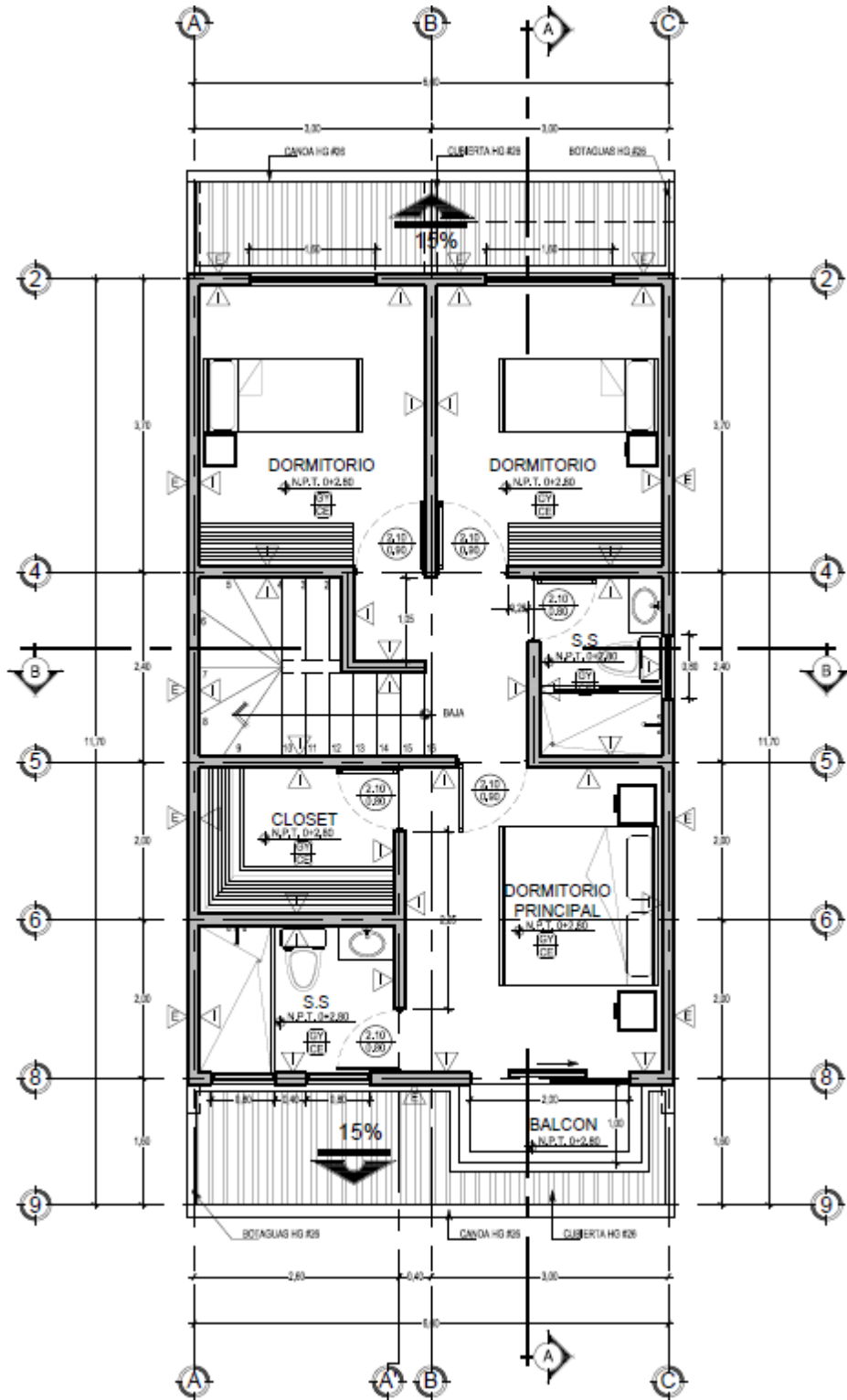
*U.S. Green Building Council (USGBC)*, consultado el 7 de enero de 2019 de, <https://new.usgbc.org/leed>.

Valerín, C. (2015). Cálculo y medidas de mitigación de la huella de carbono de la infraestructura urbana de un proyecto de vivienda de interés social. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

## Anexo 1. Distribución arquitectónica de casa a analizar



PLANTA DE DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA  
PRIMER NIVEL



PLANTA DE DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA  
SEGUNDO NIVEL

## Anexo 2. Lista de condominios que ofrecen casas similares a la del anexo 1.

- a. Condomio Doña Elsie: Ofrecido por Condomio en La Guácima.
- b. Condomio Natura Viva: Ofrecido por Condomio en La Guácima.
- c. Condomio los Espaveles: Ofrecido por Condomio en La Guácima.
- d. Condomio la Riviera: Ofrecido por Condomio en La Guácima.
- e. Condomio Don Carlo: Ofrecido por Condomio en La Guácima.
- f. Condomio Golden River: Ofrecido por Condomio en Santa Ana.
- g. Condomio El Trapiche I: Ofrecido por Condomio en Alajuela centro.
- h. Condomio San Ignacio: Ofrecido por Condomio en Taras de Cartago.
- i. Distrito Vita, casas tipo 3: Ofrecido por Casas Vita en Belén Heredia.
- j. Sole Condominio, casas tipo 3: Ofrecido por Casas Vita en San Rafael de Alajuela.
- k. Distrito Vita, casas tipo 3: Ofrecido por Casas Vita en Belén Heredia.
- l. SolPark I: Ofrecido por Casa Premier Inmobiliaria en Santa Ana.
- m. SolPark II: Ofrecido por Casa Premier Inmobiliaria en Santa Ana.
- n. Natura Park: Ofrecido por Casa Premier Inmobiliaria en Santa Ana.
- o. Parque del Sol: Ofrecido por Kirebe Promotores Inmobiliarios en Santa Ana.
- p. La Estefana: Ofrecido por Kirebe Promotores Inmobiliarios en Tres Ríos.
- q. Condominio Altavista: Ofrecido por Eurohogar en Ciudad Colón.
- r. Condominio Valle Alto: Ofrecido por Eurohogar en Goicochea.
- s. Condominio Solem: Ofrecido por Vivicon en Santa Ana.
- t. Condominio Cedro Real: Ofrecido por Vivicon en Heredia.
- u. Residencial Miraloma: Ofrecido por Grupo Faro en Alajuela.
- v. Residencial del Viento: Ofrecido por Grupo Faro en Alajuela.
- w. Condominio Mar de Plata: Ofrecido por Grupo Faro en Heredia.
- x. Condominio Valeria: Ofrecido por Grupo Faro en Heredia.
- y. Condominio Alexa: Ofrecido por Grupo Faro en Heredia.
- z. Condominio Fenicia: Ofrecido por Desarrollos Metro en Alajuelita.
- aa. Condominio Vista Catedral: Ofrecido por Desarrollos Metro en Heredia.
- bb. Condominio Vista Catedral: Ofrecido por Desarrollos Metro en Heredia.
- cc. Condominio Río Palma: Ofrecido por Casa Max en Escazú.
- dd. Condominio Santa Ana Hills: Ofrecido por Casa Max en Santa Ana.

## Anexo 3. Distancia desde fuente y emisiones de transporte.

DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	TOTAL	FACTOR DE CONVERSIÓN	TONELADAS	Viajes de 8 toneladas	Ubicación	Distancia al proyecto	EMISIONES DE DIOXIDO DE CARBONO
<b>COSTOS DIRECTOS TOTALES DEL PROYECTO</b>								<b>7,07 tonCO2</b>
x								
<b>A SUBESTRUCTURA</b>								
x								
<b>A1 FUNDACIONES Y LOSAS DE CONTRAPISO</b>								
x								
<b>A11 FUNDACIONES NORMALES</b>								
x								
<b>A1105 TRAZADO</b>								
Trazado	m2	78,00						
x								
<b>A1110 PLACAS CORRIDAS</b>								
Excavación estructural	m3	11,78						0,00 tonCO2
Relleno	m3	4,76	3,00000	14,2713	1,000	Tajo Comag	5,80 km	0,01 tonCO2
Varilla # 3 de 6m, grado 40	un	39,02	0,00336	0,1311	0,036	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Varilla # 4 de 6m, grado 40	un	43,67	0,00596	0,2605	0,072	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Armadura	kg	355,97			1,000			0,00 tonCO2
Alambre negro 3 % del peso varilla	kg	10,68	0,00100	0,0107	0,003	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Formaleta	m2	18,84	0,00076	0,0144	0,003	Aserradero Vjoso Alajuela	18,10 km	0,00 tonCO2
Sello de Concreto f'c 105 kg/cm2	m3	1,30	2,40000	3,1086	1,000	Holcim	36,30 km	0,03 tonCO2
Concreto f'c 280 kg/cm2	m3	4,71	2,50000	11,7750	1,000	Holcim	36,30 km	0,03 tonCO2
Bomba Telescopica	m3	4,71			1,000			0,00 tonCO2
x								
x								
<b>A13 LOSAS SOBRE EL TERRENO</b>								
x								
<b>A1301 CONTRAPISO</b>								
Excavación estructural	m3	22,56						0,00 tonCO2
Relleno	m3	14,10	3,00000	42,3000	2,000	Tajo Comag	5,80 km	0,01 tonCO2
Malla electrosoldada #2	un	6,60	0,02700	0,1782	0,049	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Armadura	kg	210,18			1,000	Arcelor Mital		0,00 tonCO2
Alambre negro 10 % del peso varilla	kg	21,02	0,00100	0,0210	0,006	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Formaleta	m2	50,38	0,00076	0,0384	0,008	Aserradero Vjoso Alajuela	18,10 km	0,00 tonCO2
Concreto f'c 280 kg/cm2	m3	8,46	2,50000	21,1500	2,000	Holcim	36,30 km	0,06 tonCO2
x								
<b>A14 PROTECCIÓN A LA HUMEDAD E IMPERMEABILIZACIÓN</b>								
x								
<b>A1410 PROTECCIÓN A LA HUMEDAD DE LOSAS DE CONTRAPISO</b>								
Poliuretano (Plástico negro)	m2	70,50	0,00014	0,0098	1,000	inyco	3,30 km	0,00 tonCO2
x								
x								
x								
x								
<b>B SUPER ESTRUCTURA &amp; CERRAMIENTO EXTERIOR</b>								
x								
<b>B1 SUPER ESTRUCTURA</b>								
x								
<b>B11 SOPORTE DE ENTREPISOS (MUROS, COLUMNAS, VIGAS Y LOSAS)</b>								
x								
<b>B1110 ESTRUCTURA PRIMARIA SOPORTE ENTREPISOS (columnas y vigas)</b>								
<b>Columnas</b>								
Varilla # 3 de 6m, grado 40	un	100,74	0,00336	0,3385	0,093	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Armadura	kg	307,72			0,000	Arcelor Mital		0,00 tonCO2
Alambre negro 3 % del peso varilla	kg	9,23	0,00100	0,0092	0,003	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Formaleta	m2	57,60	0,00076	0,0439	0,009	Aserradero Vjoso Alajuela	18,10 km	0,00 tonCO2
Concreto f'c 280 kg/cm2	m3	4,00	2,50000	9,9900	1,000	Holcim	36,30 km	0,03 tonCO2
<b>Vigas</b>								
Varilla # 2 de 6 m grado 40	un	68,75	0,00149	0,1023	0,028	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Varilla # 3 de 6m, grado 40	un	205,48	0,00336	0,6904	0,190	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Varilla # 4 de 6m, grado 40	un	72,89	0,00596	0,4347	0,120	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Varilla # 5 de 6m, grado 60	un	17,78	0,00931	0,1656	0,046	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Armadura	kg	1 277,02			0,000	Arcelor Mital		0,00 tonCO2
Alambre negro 10 % del peso varilla	kg	127,70	0,00100	0,1277	0,035	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Formaleta	m2	214,86	0,00076	0,1637	0,035	Aserradero Vjoso Alajuela	18,10 km	0,00 tonCO2
Concreto f'c 210 kg/cm2	m3	11,67	2,50000	29,1758	2,000	Holcim	36,30 km	0,06 tonCO2
x								
<b>B1115 PAREDES DE BLOQUES</b>								
Varilla # 3 de 6m, grado 40	un	291,70	0,00336	0,9801	0,269	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Armadura	kg	891,00			0,000	Arcelor Mital		0,00 tonCO2
Alambre negro 3 % del peso varilla	kg	26,73	0,00100	0,0267	0,007	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Bloques de concreto 12x20x40 cm	un	2 084,04	0,01070	22,3049	3,000	Productos de concreto	17,20 km	0,04 tonCO2
Mortero de pega de bloques	m3	2,86	4,90362	14,0151	2,000	Intaco	17,90 km	0,03 tonCO2
Concreto relleno de celdas f'c 175 kg c	m3	3,06	5,87575	17,9815	1,000	Holcim	36,30 km	0,03 tonCO2
Codales 1" x 4" (1,5 vrs / m2)	vrs	238,18	0,00566	1,3489	0,288	Aserradero Vjoso Alajuela	18,10 km	0,00 tonCO2
x								



DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	TOTAL	FACTOR DE CONVERSIÓN	TONELADAS	Viajes de 8 toneladas	Ubicación	Distancia al proyecto	EMISIONES DE DIOXIDO DE CARBONO
<b>B1120 ENTREPISOS Y LOSAS</b>								
<b>Prefabricado</b>								
Malla electrosoldada #2	un	5,04	0,02700	0,0270	0,007	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Armadura	kg	160,55			1,000			0,00 tonCO2
Alambre negro 3 % del peso varilla	kg	4,82	0,00100	0,0010	0,000	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Entrepiso Pretensado 20 cms	m2	55,00	0,06244	0,0624	1,000	Productos de concreto	17,20 km	0,01 tonCO2
Instalación Entrepiso Pretensado 20 cm	m2	55,00						0,00 tonCO2
Concreto f'c 210 kg/cm2	m3	2,75			1,000	Holcim	36,30 km	0,03 tonCO2
<b>Losa colada en sitio</b>								
Varilla # 3 de 6m, grado 40	un	2,20	0,00336	0,0034	0,001	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Varilla # 4 de 6m, grado 40	un	2,93	0,00596	0,0060	0,002	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Armadura	kg	22,62			1,000			0,00 tonCO2
Alambre negro 3 % del peso varilla	kg	0,68	0,00100	0,0010	0,000	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Formaleta piloteada	m2	2,40	0,00076	3,0008	0,641	Aserradero Vijoso Alajuela	18,10 km	0,01 tonCO2
Concreto f'c 210 kg/cm2	m3	0,36			1,000	Holcim	36,30 km	0,03 tonCO2
x								
<b>B1125 ESCALERAS Y RAMPAS</b>								
<b>Escaleras y rampas</b>								
Varilla # 3 de 6m, grado 40	un	34,52	0,00336	0,1160	0,032	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Armadura	kg	105,43			1,000			0,00 tonCO2
Alambre negro 3 % del peso varilla	kg	3,16	0,00100	0,0032	0,001	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Formaleta	m2	3,50	0,00076	0,0027	0,001	Aserradero Vijoso Alajuela	18,10 km	0,00 tonCO2
Formaleta apuntalada	m2	6,61	0,00076	0,0050	0,001	Aserradero Vijoso Alajuela	18,10 km	0,00 tonCO2
Concreto f'c 210 kg/cm2	m3	0,55			1,000	Holcim	36,30 km	0,03 tonCO2
x								
x								
<b>B1175 REPELOS</b>								
Repellos	m2	557,13	0,02000	11,1425	2,000	Intaco	17,90 km	0,03 tonCO2
x								
<b>B12 ESTRUCTURA DE TECHO</b>								
x								
<b>B1210 TECHOS</b>								
Lámina de zinc galvanizado #28, de 3,6	un	44,00	0,00902	0,3969	0,318	Metalco	6,00 km	0,00 tonCO2
Lámina ondulada acrílica	un	2,00	0,00010	0,0002	1,000	Sluminy Systems	3,20 km	0,00 tonCO2
Clavadores de 2x5 en 1.5	un	28,00	0,02045	0,5726	0,459	Metalco	6,00 km	0,00 tonCO2
Tornillos pta broca de 2" para techo	un	525,00	0,00108	0,5670	0,890	La casa del tornillo	3,20 km	0,00 tonCO2
Soldadura 6013 2,5 (3,32)	cajas	3,15	0,00100	0,0032	0,001	Arcelor Mital	8,20 km	0,00 tonCO2
Tubo de 4x4 en 1.5	un	4,00	0,02742	0,1097	0,088	Metalco	6,00 km	0,00 tonCO2
Canoa pecho paloma HG #18, ld= 60 cr	yd	13,00	0,00335	0,0696	0,056	Metalco	6,00 km	0,00 tonCO2
Botagua de pared con corte de sello en	ml	8,00	0,00722	0,0577	0,046	Metalco	6,00 km	0,00 tonCO2
Botagua lateral en Z en HG #26 EN 24"	yd	13,00	0,00111	0,0144	0,012	Metalco	6,00 km	0,00 tonCO2
Botagua lateral en HG #26 en 15"	yd	20,00	0,00069	0,0139	0,011	Metalco	6,00 km	0,00 tonCO2
Botagua lateral en Hg #26 en 12"	yd	4,00	0,00056	0,0022	0,002	Metalco	6,00 km	0,00 tonCO2
Bajante de HG #26 DE 2 1/2 X 5	yd	15,00	0,00069	0,0104	0,008	Metalco	6,00 km	0,00 tonCO2
Pintura de botaguas y canoas	gal	1,00	0,00540	0,0054	0,050	Sur	3,70 km	0,00 tonCO2
Disco metabo de 9" para metal	und	3,00	0,00010	0,0003	1,000	Metabo, Alemania, Puerto Limón	160,00 km	0,14 tonCO2
Pintura minio rojo	gal	1,00	0,00540	0,0054	0,050	Sur	3,70 km	0,00 tonCO2
x								
x								
<b>B2 CERRAMIENTOS EXTERIORES</b>								
x								
<b>B21 PAREDES EXTERIORES Y ACABADOS EXTERIORES</b>								
x								
<b>B2110 ACABADO SUPERFICIE PAREDES EXTERIORES</b>								
Pasta	saco de 25 kg	15,75	0,02500	0,3938	1,000	Intaco	17,90 km	0,02 tonCO2
Lija #100	und	21,00	0,00006	0,0013	1,000	Minnesota, Puerto Limón	160,00 km	0,14 tonCO2
pintura fachada izquierda	cubeta	2,63	0,00485	0,0127	0,117	Sur	3,70 km	0,00 tonCO2
pintura fachada principal	cubeta	0,74	0,00485	0,0036	0,033	Sur	3,70 km	0,00 tonCO2
pintura fachada posterior	cubeta	0,74	0,00485	0,0036	0,033	Sur	3,70 km	0,00 tonCO2
pintura Patio	cubeta	0,53	0,00485	0,0025	0,023	Sur	3,70 km	0,00 tonCO2
rodillo 80% poliéster 20% nylon marca	und	3,15	0,00006	0,0002	1,000	España, Puerto Limón	160,00 km	0,14 tonCO2
Pasta patio	saco de 25 kg	3,15	0,02500	0,0788	1,000	Intaco	17,90 km	0,02 tonCO2
x								
x								
x								
x								
<b>C CONSTRUCCIÓN INTERIOR Y ACABADOS</b>								
x								
<b>C1 CONSTRUCCIÓN INTERIOR</b>								
x								
<b>C12 PUERTAS INTERIORES</b>								
x								
<b>C1210 PUERTAS</b>								
Puertas	und	9,00	0,02200	0,1980	1,000	Aserradero - mueblera	18,10 km	0,02 tonCO2
x								
<b>C1220 VENTANAS</b>								
Ventanería	m2	14,56	0,01668	0,2429	1,000	extralum	5,50 km	0,00 tonCO2
x								

DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	TOTAL	FACTOR DE CONVERSIÓN	TONELADAS	Viajes de 8 toneladas	Ubicación	Distancia al proyecto	EMISIONES DE DIOXIDO DE CARBONO
<b>C3 ACABADOS INTERIORES</b>								
x								
<b>C31 ACABADOS INTERIORES DE PAREDES</b>								
x								
<b>C3130 ACABADOS EN PORCELANATO</b>								
Porcelanato 60x60 baños	m2	20,84	0,02150	0,4482	1,000	China, Puerto Caldera	79,00 km	0,07 tonCO2
Mortero de pega	m2	20,84	0,00033	0,0069	1,000	Intaco	17,90 km	0,02 tonCO2
x								
<b>C3155 PINTURA INTERIOR</b>								
Pasta, maxiempaste liso, saco de 25 kg	Saco de 25 kg	16,82	0,02500	0,4204	1,000	Intaco	17,90 km	0,02 tonCO2
Lija #100	Pliego	29,40	0,00006	0,0018	1,000	Minnesota, Puerto Limón	160,00 km	0,14 tonCO2
Sellador blanco	cubeta	2,10	0,02725	0,0572	0,527	Sur	3,70 km	0,00 tonCO2
Pintura para cielo	cubeta	3,15	0,00485	0,0153	0,141	Sur	3,70 km	0,00 tonCO2
Masking azul 3M	un	4,20	0,00013	0,0005	1,000	Minnesota, Puerto Limón	160,00 km	0,14 tonCO2
Rodillo	un	2,10	0,00020	0,0004	1,000	España, Puerto Limón	160,00 km	0,14 tonCO2
Felpa	un	5,25	0,00006	0,0003	1,000	España, Puerto Limón	160,00 km	0,14 tonCO2
Extensión rodillo	un	3,15	0,00040	0,0013	1,000	España, Puerto Limón	160,00 km	0,14 tonCO2
Brocha	un	3,15	0,00025	0,0008	1,000	España, Puerto Limón	160,00 km	0,14 tonCO2
x								
<b>C302 ACABADOS DE PISOS (INCLUYE TERRAZAS Y BALCONES)</b>								
x								
<b>C3021 ACABADO DE PISOS EN CERÁMICA</b>								
NIVEL 1								
Porcelanato 60x60	m2	126,11	0,02150	2,7114	1,000	China, Puerto Caldera	79,00 km	0,00 tonCO2
Mortero de pega y fragua sala	m2	126,11	0,00033	0,0420	1,000	Intaco	17,90 km	0,02 tonCO2
x								
<b>C32022 RODAPIÉ</b>								
Rodapié de madera	m	85,13	0,00075	0,0638	0,014	Aserradero Vijoso Alajuela	18,10 km	0,00 tonCO2
x								
0,00 tonCO2								
x								
<b>C33 CIELOS</b>								
x								
<b>C3325 CIELOS DE GYPSUM</b>								
Lamina blanca 1/2" REG	un	40,95	0,04499	1,8425	1,000	México, Puerto Caldera	79,00 km	0,07 tonCO2
Lamina verde 1/2" MR	un	26,25	0,02767	0,7264	1,000	México, Puerto Caldera	79,00 km	0,07 tonCO2
Lamina Denglass	un	7,35	0,02679	0,1969	1,000	México, Puerto Caldera	79,00 km	0,07 tonCO2
Track 2 1/2" x 3,05mm x 10'	un	6,30	0,00015	0,0009	1,000	México, Puerto Caldera	79,00 km	0,07 tonCO2
Stud 2 1/2" de 3,05mm x 10'	un	9,45	0,00017	0,0016	1,000	México, Puerto Caldera	79,00 km	0,07 tonCO2
Cinta permabase 4x150 ft	un	1,05	0,00010	0,0001	1,000	Minnesota, Puerto Limón	160,00 km	0,14 tonCO2
Cinta papel (50mmx76,25mm)	un	8,40	0,00010	0,0008	0,008	Sur	3,70 km	0,00 tonCO2
Pasta Easy finish	cubeta	11,55	0,02630	0,3038	1,000	México, Puerto Caldera	79,00 km	0,07 tonCO2
Lija #120	un	31,50	0,00006	0,0019	1,000	Minnesota, Puerto Limón	160,00 km	0,14 tonCO2
Tornillo 7/16" pta broca (100usd)	caja	42,00	0,00100	0,0420	0,066	La casa del tornillo	3,20 km	0,00 tonCO2
Tornillo 1 1/4" pta broca (100usd)	un	10,50	0,00026	0,0027	0,004	La casa del tornillo	3,20 km	0,00 tonCO2
Perno o Clavo de impacto de 1 1/2 (100 unidades)	un	14,70	0,00100	0,0147	0,023	La casa del tornillo	3,20 km	0,00 tonCO2
Tiro calibre 22 / EXP verde cal 22 (100 unidades)	un	13,65	0,00000	0,0001	1,000	Illinois, Puerto Limón	160,00 km	0,14 tonCO2
Tornillo de 1 1/4" 6"	un	52,50	0,00014	0,0074	0,012	La casa del tornillo	3,20 km	0,00 tonCO2
x								
x								
x								
<b>C35 ACCESORIOS SANITARIOS Y DE CLOSET</b>								
x								
<b>C3510 ACCESORIOS DE BAÑO Y LAVANDERÍA</b>								
Pila	und	1,00	0,08000	0,0800	1,000	la casa del tanque	9,50 km	0,01 tonCO2
x								
x								
x								
x								
<b>D SISTEMAS ELECTROMEQUÍNICOS</b>								
x								
x								
<b>D2 SISTEMAS MECÁNICOS - FONTANERÍA</b>								
x								
<b>D21 PIEZAS SANITARIAS Y GRIFERÍA</b>								
x								
<b>D2115 INODOROS, ORINALES, BIDET</b>								
Inodoro dos piezas doble descarga blan	und	3,00	0,04072	0,1222	1,000	Colombia, Puerto Caldera	79,00 km	0,07 tonCO2
x								
<b>D2135 LAVAMANOS</b>								
Lavamanos Domus, Dormitorio principi	und	1,00	0,01630	0,0163	1,000	Colombia, Puerto Caldera	79,00 km	0,07 tonCO2
Lavamanos Ref 1900537	und	2,00	0,01630	0,0326	1,000	Colombia, Puerto Caldera	79,00 km	0,07 tonCO2

DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	TOTAL	FACTOR DE CONVERSIÓN	TONELADAS	Viajes de 8 toneladas	Ubicación	Distancia al proyecto	EMISIONES DE DIOXIDO DE CARBONO
<b>D2145 FREGADEROS DE COCINA</b>								
Fregadero	und	1,00	0,01870	0,0187	1,000	Colombia, Puerto Caldera	79,00 km	0,07 tonCO2
x								
<b>D2190 GRIFERÍA EN GENERAL</b>								
Grifo pila	und	2,00	0,00350	0,0070	1,000	Colombia, Puerto Caldera	79,00 km	0,07 tonCO2
Grifo lavatorios	und	3,00	0,00220	0,0061	1,000	Colombia, Puerto Caldera	79,00 km	0,07 tonCO2
Grifo fregadero	und	1,00	0,00118	0,0012	1,000	Colombia, Puerto Caldera	79,00 km	0,07 tonCO2
Ducha, rejillas	und	1,00	0,00050	0,0005	1,000	Colombia, Puerto Caldera	79,00 km	0,07 tonCO2
x								
<b>D22 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE</b>								
x								
x								
<b>D2290 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN GENERAL</b>								
Acetona	lt	1,00	0,0007	0,0007	1,000	rebiosol	29,00 km	0,03 tonCO2
Adaptador cpvc	un	6,00	0,00001	0,0001	0,000	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Adaptador hembra de 4"	un	3,00	0,00003	0,0001	0,000	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Adaptador macho de CPVC	m	20,00	0,00003	0,0005	0,002	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Adaptador macho de PVC 1/2" (12mm)	m	20,00	0,00003	0,0005	0,002	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Caja de lavadora	un	1,00	0,00003	0,0000	0,000	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Codo 90° CPVC de 1/2" (12mm)	m	9,00	0,00003	0,0002	0,001	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Codo 90° PVC de 3/4" (19mm)	un	8,00	0,00003	0,0002	0,001	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Codo 90° PVC S32,5 de 3" (75mm)	un	6,00	0,00003	0,0002	0,001	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Codo de 1 1/4" 90° presión	un	38,00	0,00003	0,0010	0,005	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Codo de 45° PVC S32,5 de 4"	un	5,00	0,00003	0,0001	0,001	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Codo de 90° PVC S32,5 de 4"	un	5,00	0,00003	0,0001	0,001	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Pegamento de PVC 950ML 1/4GL c/broc	un	2,00	0,00087	0,0017	0,016	Sur	3,70 km	0,00 tonCO2
Pegamento solvente CPVC 240ML 1/16GL	un	1,00	0,00022	0,0002	0,002	Sur	3,70 km	0,00 tonCO2
Reducción de 1 1/2" a 1 1/4" (31mm)	un	3,00	0,00003	0,0001	0,000	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Reducción de 1 1/2" a 3"	un	2,00	0,00003	0,0001	0,000	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Reducción de 1/2" a 2"	un	3,00	0,00003	0,0001	0,000	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Sifón de 2"	un	7,00	0,00020	0,0014	0,007	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Sifón de fregadero	m	1,00	0,00020	0,0002	0,001	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Sifón de lavatorio	m	4,00	0,00020	0,0008	0,004	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
T de 1/2 con centro roscado	m	13,00	0,00003	0,0003	0,002	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Tanque de agua caliente	un	1,00	0,02773	0,0277	1,000	Monterrey, Puerto Limón	160,00 km	0,14 tonCO2
TE CPVC 1/2" (12mm)	m	25,00	0,00003	0,0006	0,003	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
TE de PVC S32,5 de 4"	un	5,00	0,00003	0,0001	0,001	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
TE PVC de 1/2" (12mm)	m	25,00	0,00003	0,0006	0,003	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
TE PVC S40 de 1 1/2" (38mm)	un	6,00	0,00003	0,0002	0,001	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
TE PVC S40 de 2" (50mm)	un	10,00	0,00003	0,0003	0,001	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
TE PVC S40 de 3" (75mm)	un	5,00	0,00003	0,0001	0,001	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
TE PVC S40de 1 1/4" (31mm)	un	10,00	0,00003	0,0003	0,001	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Tubo CPCV 1/2"	un	3,00	0,00048	0,0014	0,007	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Tubo PVC 19mm SCH40	un	6,00	0,00120	0,0072	0,035	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Tubo PVC sanitario de 2" (50mm)	un	5,00	0,00756	0,0378	0,183	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Tubo PVC sanitario de 4" (100mm)	un	3,00	0,02298	0,0689	0,334	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Tubo PVC SDR41 de 2 1/2" (61mm)	un	1,00	0,01068	0,0107	0,052	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
YE de PVC S32,5 de 4"	un	3,00	0,00003	0,0001	0,000	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
YE PVC S32,5 de 2"	un	2,00	0,00003	0,0001	0,000	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
YE PVC S40 de 1 1/4" (31mm)	un	3,00	0,00003	0,0001	0,000	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
x								

DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	TOTAL	FACTOR DE CONVERSIÓN	TONELADAS	Viajes de 8 toneladas	Ubicación	Distancia al proyecto	EMISIONES DE DIOXIDO DE CARBONO
<b>D5 SISTEMAS ELÉCTRICOS</b>								
x								
<b>D52 CIRCUITOS RAMALES Y DE ILUMINACIÓN</b>								
x								
<b>D5210 CIRCUITOS RAMALES</b>								
Apagador doble blanco	un	2,00	0,00023	0,0005	0,007	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Apagador sencillo	un	16,00	0,00023	0,0036	0,059	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Barra tierra BT24	un	1,00	0,00014	0,0001	0,002	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
THQ breaker 1" termomag 1x20amp falla t	und	1,00	0,00016	0,0002	0,003	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
THQ breaker 1" termomag 2x125amp g e	und	2,00	0,00016	0,0003	0,005	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
THQ breaker 1/2" termomag 2x20amp g e	und	1,00	0,00016	0,0002	0,003	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
THQ breaker 1/2" termomag 2x30amp g e	und	1,00	0,00016	0,0002	0,003	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
THQ breaker 1" termomag 2x20amp g e	und	3,00	0,00016	0,0005	0,008	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
THQ breaker 1/2 termomag 1x20amp g e	und	8,00	0,00016	0,0013	0,021	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Cable #10 blanco	m	25,00	0,00005	0,0012	0,019	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Cable #10 negro	m	33,00	0,00005	0,0016	0,025	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Cable #10 rojo	m	33,00	0,00005	0,0016	0,025	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Cable #10 verde	m	25,00	0,00005	0,0012	0,019	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Cable #12 blanco	m	161,92	0,00003	0,0049	0,079	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Cable #12 negro	m	161,92	0,00003	0,0049	0,079	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Cable #12 rojo	m	147,20	0,00003	0,0044	0,072	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Cable #6 blanco	m	12,00	0,00012	0,0014	0,023	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Cable #6 negro	m	18,00	0,00012	0,0022	0,035	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Cable #6 rojo	m	18,00	0,00012	0,0022	0,035	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Cable #8 verde	m	18,00	0,00008	0,0014	0,022	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Caja cuadrada EMT	un	5,00	0,00001	0,0001	0,001	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Caja de 4" de doble fondo	un	10,00	0,00001	0,0001	0,002	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Caja de breaker de 24 espacios	un	1,00	0,00725	0,0073	0,118	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Caja de registro de paso de 12x8"	un	1,00	0,00001	0,0000	0,000	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Caja octagonal EMT	un	47,00	0,00009	0,0043	0,070	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Caja rectangular EMT	un	57,00	0,00009	0,0052	0,085	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Conduflex 1/2" (12mm)	m	50,00	0,00008	0,0038	0,062	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Conector de 3/4" (61mm)	un	20,00	0,00003	0,0005	0,002	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Conector de de 1/2" (12mm) caja de registro UL	un	28,00	0,00003	0,0007	0,003	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Conector M UL S40/TIPO A de 1/2" (12mm)	un	28,00	0,00003	0,0007	0,003	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Conector PVC CONDUIT de 1/2" (12mm)	un	261,00	0,00003	0,0065	0,032	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Conector UL S40/TIPOA 1 1/2" (38mm)	un	1,00	0,00003	0,0000	0,000	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Conector UL S40/TIPOA 1 1/4" (31mm)	un	1,00	0,00003	0,0000	0,000	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Curva CONDUIT UL TIPO A 90° de 1 1/2" (38mm)	un	2,00	0,00003	0,0001	0,000	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Curva de 1 1/4" (31mm)	un	2,00	0,00003	0,0001	0,000	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Curva de 1"	un	4,00	0,00003	0,0001	0,000	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Curvas de conduit UL tipo A 90° 3/4" (19mm)	un	45,00	0,00003	0,0011	0,005	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Curvas de conduit UL tipo A 90° 1/2" (12mm)	un	155,00	0,00003	0,0039	0,019	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Gaza de 1/2" (12mm) 1 oreja	un	50,00	0,00003	0,0013	0,006	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Gaza de 3/4 1 oreja	un	50,00	0,00003	0,0013	0,006	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Pegamento de pvc	cuartos	2,00	0,00087	0,0017	0,008	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Spot	un	29,00	0,00001	0,0002	1,000	Sylvania	3,60 km	0,00 tonCO2
Tape super 33	un	2,00	0,00041	0,0008	1,000	Minnesota, Puerto Limón	160,00 km	0,14 tonCO2
Toma dúplex	un	28,00	0,00018	0,0051	0,083	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Toma falla tierra UL 220 o especial	un	2,00	0,00018	0,0004	0,006	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Toma TV	un	4,00	0,00018	0,0007	0,012	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
Tubo de 1"	un	1,00	0,00300	0,0030	0,015	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Tubo PVC CONDUIT de 1 1/4" (31mm)	un	1,00	0,00420	0,0042	0,020	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Tubo PVC CONDUIT de 1/2" (12mm)	un	26,99	0,00120	0,0324	0,157	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Tubo PVC CONDUIT TIPO A de 1 1/2" (38mm)	un	1,00	0,00480	0,0048	0,023	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Tubo PVC CONDUIT TIPO A de 3/4" (61mm)	un	5,00	0,00180	0,0090	0,044	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Unión CONDUIT UL SCH 40 TIPO A de 3/4" (61mm)	un	7,00	0,00003	0,0002	0,001	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Unión CONDUIT UL SCH 40/TIPO A de 1 1/2" (38mm)	un	2,00	0,00003	0,0001	0,000	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Unión de cond UL SCH 40 tipo A de 1/2" (12mm)	un	36,99	0,00003	0,0009	0,004	Amanco	8,90 km	0,00 tonCO2
Toma Telefónico	und	5,00	0,00018	0,0009	0,015	Eagle	5,30 km	0,00 tonCO2
SUBCONTRATO	Glo	1,00	0,00000	0,0000	0,000			0,00 tonCO2
x								
x								
x								

