

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

**ESTIMACION DE LA HUELLA DE CARBONO DEL
HORMIGON ARMADO COMO MATERIAL DE
CONSTRUCCION EN UN HOGAR DE SAN CRISTOBAL**

William Styven Pincay Grefa

Licenciatura en Gestión Ambiental

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
licenciado en Gestión Ambiental.

Puerto Baquerizo Moreno, 21 de Abril de 2022

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**ESTIMACION DE LA HUELLA DE CARBONO DEL HORMIGON ARMADO
COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION EN UN HOGAR DE SAN CRISTOBAL**

William Styven Pincay Grefa

EDUARDO ANDRES PAZMIÑO JARAMILLO, CANDIDATO A PhD

Puerto Baquerizo Moreno, 21 de Abril de 2022

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: William Styven Pincay Grefa

Código: 00202716

Cédula de identidad: 200013467-2

Lugar y fecha: San Cristóbal, Galápagos, 21 de abril de 2022

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

El crecimiento de la población humana a lo largo de los últimos cincuenta años ha traído consigo varios retos en el mundo entero. Esto no excluye a las islas Galápagos. Como resultado, el número de viviendas y otras edificaciones también se ha disparado, y con ello, la necesidad de explotar más y más recursos. No obstante, los impactos ambientales de este crecimiento urbano en lugares como Galápagos aún deben ser entendidos y estudiados. Este estudio ha seleccionado la estimación de la huella de carbono del hormigón armado como un criterio válido para cuantificar el impacto ambiental de las tecnologías constructivas utilizadas en Galápagos. Una revisión bibliográfica mostró que no existen investigaciones previas relacionadas a la huella de carbono de las estructuras de hormigón armado en Galápagos. Adicionalmente, se usó un método cuantitativo para estimar el CO₂ de un hogar de San Cristóbal. Se pudo observar que el hormigón armado tiene una huella de carbono de 79 kilogramos de dióxido de carbono lo cual es extremadamente alto. Por lo cual, podemos decir que el hormigón armado es extremadamente contaminante para la flora y fauna de las islas. La información presentada en este proyecto es un primer paso para entender el impacto de las estructuras de hormigón armado en relación a su construcción en las islas y abre paso para que investigaciones futuras puedan enfocarse en buscar soluciones o alternativas ante este problema ambiental.

Palabras clave: huella de carbono, hormigón armado, Galápagos.

ABSTRACT

The growth of the human population over the last fifty years has brought with it several challenges worldwide. The Galapagos Islands are not the exception. As a result, the number of houses and other buildings has also increased, and with it, the need to exploit more and more resources. The environmental impacts of this urban growth in places like Galapagos still need to be understood. This study has selected the estimation of the carbon footprint of reinforced concrete as a valid criterion to quantify the environmental impact of construction technologies used in Galapagos. A literature review showed that there are no previous investigations related to the carbon footprint of reinforced concrete structures in Galapagos. Additionally, a quantitative method was used to estimate the carbon footprint of a home in San Cristóbal. We were able to observe that reinforced concrete has an extremely high carbon footprint 79 kilograms. Therefore, we can say that reinforced concrete is extremely polluting for the flora and fauna of the islands. The information presented in this project is a first step to understand the impact of reinforced concrete structures in relation to the construction activities on the islands and leads the way for future research to focus on finding solutions or alternatives to this environmental problem.

Keywords: carbon footprint, reinforced concrete, Galápagos.

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
DESARROLLO DEL TEMA	12
Metodología	12
Resultados	15
DISCUSIÓN	19
Conclusiones.....	20
Referencias bibliográficas	21
Anexo A: Título.....	23
Anexo B: Título.....	23
Anexo C: Título.....	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparación de estudios del hormigón Armado realizados en Estados Unidos (2016), Colombia (2019, y 2021).....	12
Tabla 2. Volumen estructural en metros cuadrados de la columna de cerramiento del primer piso Columnas: A1, B1, C1, D1, E1, F1. & Columnas del segundo piso: A2, B2, C2, D2, E2 F2.....	15
Tabla 3. Volumen estructural del primer piso: Cadena de amarre; Viga: a1, b1, c1. Segundo piso: Viga; a2, b2, c2.....	16
Tabla 4. Volumen Estructural del contrapiso, losa del segundo piso y losa del tercer piso.	16
Tabla 5. Resultados del Volumen total del Hormigón armado. Densidad del Hormigón Armado. Peso total de la estructura del Hormigón Armado de la vivienda.....	17

INTRODUCCIÓN

Las islas Galápagos son conocidas por su fauna única y ecosistemas prístinos. Es por esta razón que en el año de 1959 se llevan a cabo los primeros pasos hacia su conservación con la creación de la Fundación Charles Darwin y el Parque Nacional Galápagos. Más adelante, en el año 1978 son declaradas Patrimonio Natural de la Humanidad debido a su gran biodiversidad. Finalmente, en 1998 se establece el Régimen Especial de Galápagos para planificar y controlar las actividades humanas dentro del archipiélago. Este régimen está normado por la Ley Orgánica de Régimen Especial de Galápagos, la cual fue actualizada en el 2015 para hacer frente a nuevos desafíos en la conservación de Galápagos, considerando que las islas fueron enlistadas como uno de los Patrimonios en Peligro del 2007 al 2010 (Parque Nacional Galápagos, 2019).

En la provincia de Galápagos existe la necesidad de implementar políticas y reglamentos que contribuyan a mitigar muchas de las actividades humanas que se realizan dentro del archipiélago. Actualmente, las actividades antropogénicas ligadas al crecimiento demográfico y desarrollo económico de la población insular son las de mayor impacto para los frágiles ecosistemas y especies de las islas (Galapagos Conservation Trust, 2019). Dentro de las principales amenazas se encuentra la introducción de especies, contaminación del aire, contaminación marina y acústica, así como deterioro de ecosistemas y la reducción de espacios para el desarrollo del medio natural (Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos, 2016).

Según información demográfica levantada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010) en el cantón San Cristóbal existía un área habitable de 94 km², lo que arroja una densidad poblacional de 80 personas por km². Pese a no tener datos más recientes, se evidencia un crecimiento urbano dentro de las Islas Galápagos en

general, así como, en la Isla San Cristóbal. Cabe recalcar que el aumento en el número de habitantes induce la expansión de los centros poblados y una mayor demanda en construcciones de viviendas. Este crecimiento dentro del área urbana sigue, en su mayoría la dirección de las carreteras. (Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos, 2016).

De manera inicial, las construcciones en San Cristóbal, se elaboraron de madera y rocas volcánicas. Sin embargo, las edificaciones han sido reemplazadas principalmente por hormigón armado y otros materiales importados desde el continente. Esto representa una problemática debido al impacto de estas construcciones.

La construcción de residencias y edificaciones de hormigón armado impactan en el ambiente y generan una huella de carbono a lo largo de todas las etapas de su ciclo de vida desde su producción hasta su disposición final. Es decir, desde la extracción de materia prima hasta la culminación de la obra y disposición final de los residuos. Además, debemos considerar que el impacto del hormigón armado en su primer uso difícilmente puede atenuarse con procesos posteriores de reciclaje (Karakiewicz, 2018, 118). Actualmente no existe información respecto a la huella de carbono generada por el hormigón armado en Galápagos. Sin embargo, esta información es necesaria para identificar técnicas y métodos constructivos más eficientes e incluso medidas adicionales que puedan disminuir la huella de carbono de las construcciones en las islas.

El concepto de la huella de carbono según El Ministerio para la Transición Ecológica de España (2021) se entiende como “la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por efecto directo o indirecto por un individuo, organización, evento o producto”. Diferencia la noción de huella de carbono de un producto y la de una organización. Por un lado, la huella de carbono de una organización mide la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por efecto directo o indirecto provenientes del

desarrollo de la actividad de dicha organización. Por otro lado, la huella de carbono de producto mide los gases de efecto invernadero emitidos durante todo el ciclo de vida de un producto: desde la extracción de las materias primas, pasando por el procesado y fabricación y distribución, hasta la etapa de uso final de la vida útil.

El presente estudio tiene como finalidad estimar la huella de carbono de los materiales de construcción tradicionales como el hormigón armado y comparar estos datos con la potencial huella de carbono de materiales alternativos como la madera o el acero. Esta comparación permitirá identificar de mejor manera qué tecnologías constructivas contribuyen a los esfuerzos de conservación del delicado socio-ecosistema de Galápagos.

DESARROLLO DEL TEMA

Este proyecto se centra en la estimación de la huella de carbono de una estructura de hormigón armado cuyas medidas fueron tomadas en febrero del 2022 en la isla San Cristóbal. En este sentido es necesario aclarar que se ha escogido el concepto de huella de carbono de un producto.

Con este análisis esperamos estimar la huella de carbono del hormigón armado de los elementos estructurales como: pisos, losas, columnas y vigas.

METODOLOGÍA

El presente es un estudio cuantitativo descriptivo que ha sido dividido en dos fases: revisión bibliográfica, y cuantificación de huella de carbono

Primera Fase: Revisión Bibliográfica

En esta primera etapa el estudio se enfoca en hacer una revisión bibliográfica de tres estudios diferentes. Estos estudios están enfocados en la estimación de la huella de carbono del hormigón armado usando diferentes metodologías y consideraciones (Tabla 1). Esto nos permitió ver diferentes resultados en diferentes tipos de unidades.

Tabla 1 Comparación de estudios del hormigón Armado realizados en Estados Unidos (2016), Colombia (2019, y 2021)

Estudio	Fuente	Año	Lugar	Material	Huella de carbono (kg CO2/Ton)
A	Tait & Cheung (2016).	2016	Portland (USA)	Mix 1: CEM I	170,23
				Mix 2: CEM II / B-V	127,92
				Mix 3: CEM II / B	92,50

B	López, Algara, & Bedoya (2019).	2019	Colombia	Adobe mecanizado	1,85
				Ladrillo (Horno común)	68,90
C	Pardo, López, & Rico (2021).	2021	Colombia	Concreto básico	260,16
				Concreto y modificación de RCD (Residuos de construcción y demolición)	157,05
El peso en volumen del hormigón armado				2,40 Ton/m ³	

En el estudio de Tait & Cheung (2016) se puede ver que para Estados Unidos el Mix 1: CEM I usa únicamente cemento Portland, el mismo que es usado en Galápagos, y su huella de carbono se estima en 170,23 KgCO₂ / Ton.

El estudio de López, Algara, & Bedoya (2019) usa Adobe mecanizado junto al ladrillo de horno como alternativas para reemplazar al hormigón armado, y reporta que su huella de carbono es de 68,90 KgCO₂ / Ton.

El estudio Pardo, López & Rico (2021) se desarrolla en Colombia en el 2021. Este estudio reporta que el concreto básico o hormigón armado genera 260,16 KgCO₂/Ton.

Aunque los estudios de Tait & Cheung (2016) y López, Algara, & Bedoya contemplan la huella de carbono en el tramo hasta la puerta, es decir desde la extracción de la materia prima hasta la venta del producto, el estudio hecho en Colombia es más apegado al contexto de Galápagos debido a su cercanía geográfica y similitudes socio-económicas. El peso estructural del hormigón armado en los tres estudios es de 2,40 Ton/m³.

LIMITACIONES

A lo largo de la investigación realizada tuvimos varias limitaciones, entre ellas las más importantes fueron.

- La gran mayoría de construcciones en la isla San Cristóbal son irregulares. Es decir, no había información disponible (planos estructurales) en el municipio. Los propietarios tampoco tienen esta información. Como resultado, el levantamiento de datos para la estimación de huella de carbono de casa se realizó in situ.
- Los análisis se realizaron en base a un único hogar debido a que los propietarios de los demás hogares no autorizaron el acceso a su propiedad. Por lo tanto, la muestra no es representativa. Además, el estudio se limita a los componentes estructurales de la vivienda medida.
- La línea base utilizada para la estimación de la huella de carbono en este estudio (Pardo, López, & Rico 2021) la cual no es propia del Ecuador ni de Galápagos. La distancia recorrida del material desde su extracción hasta su producto final es diferente para Colombia y Galápagos, donde el material debe transportarse por vía marítima aproximadamente 1000km. Por lo tanto, consideramos que los resultados son un estimado general, pero muy útil para tomar decisiones y hacer comparaciones objetivas con otras tecnologías constructivas y/o materiales.

Segunda Fase: cuantificación de la huella de carbono

Las mediciones de la vivienda fueron realizadas con tres instrumentos: Cinta métrica, aplicación de teléfono con lidar (iPhone) y medidor láser. Por falta de planos estructurales se realizó un bosquejo a mano de su estructura enfocándonos en los elementos estructurales.

RESULTADOS

La estructura de las tablas está organizada de la siguiente manera: Columna 1: Piso; Columna 2: Elemento Estructural; Columna 3: Cantidad; Columna 4: Ancho; Columna 5: Largo; Columna 6: Alto; y Columna 7: Volumen. En el elemento estructural columna 2 cada medida fue distribuida de la siguiente manera: Columna de cerramiento; Cadena de amarre; Contrapiso; Losa, Columna A1, B1, C1, D1, E1, F1 para enumerar las columnas del primer piso; para enumerar las columnas del segundo Columna A2, B2, C2, D2, E2, F2; las vigas del primer piso A1, B1, C1; y las vigas del segundo piso A2, B2, C3.

En la Tabla 2, el resultado del volumen estructural en metros cúbicos de las columnas de cerramiento del primer piso, y las columnas del primer y segundo piso de la vivienda es de $14,85\text{m}^3$. En la Tabla 3, el resultado del volumen estructural en metros cúbicos de las cadenas de amarre y vigas es de $22,95\text{m}^3$. Tabla 4, volumen estructural en metros cúbicos del contrapiso y losa del primer y segundo piso igual a $89,28\text{m}^3$.

Tabla 2. Volumen estructural en metros cuadrados de la columna de cerramiento del primer piso Columnas: A1, B1, C1, D1, E1, F1. & Columnas del segundo piso: A2, B2, C2, D2, E2 F2.

Piso	Elemento Estructural	Cantidad	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Volumen (m3)
1ro	Columna de Cerramiento	2,00	0,30	0,30	2,50	0,45
	Columna de Cerramiento	1,00	0,15	0,15	2,06	0,05

	Columna de Cerramiento	21,00	0,20	0,20	2,05	1,72
	Columna A1	2,00	0,35	0,35	2,70	0,66
	Columna B1	3,00	0,25	0,25	2,70	0,51
	Columna C1	2,00	0,25	0,40	2,70	0,54
	Columna D1	6,00	0,30	0,30	2,70	1,46
	Columna E1	3,00	0,35	0,50	2,70	1,42
	Columna F1	5,00	0,40	0,40	2,70	2,16
2do	Columna A2	2,00	0,35	0,35	2,70	0,66
	Columna B2	1,00	0,25	0,25	2,70	0,17
	Columna C2	1,00	0,25	0,40	2,70	0,27
	Columna D2	5,00	0,30	0,30	2,70	1,22
	Columna E2	3,00	0,35	0,50	2,70	1,42
	Columna F2	5,00	0,40	0,40	2,70	2,16
Subtotal						14,85

Tabla 3. Volumen estructural del primer piso: Cadena de amarre; Viga: a1, b1, c1. Segundo piso: Viga; a2, b2, c2.

Piso	Elemento Estructural	Cantidad	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Volumen (m3)
1ro	Cadena de Amarre	12,00	0,25	2,50	0,25	1,88
	Cadena de Amarre	12,00	0,25	2,40	0,25	1,80
	Cadena de Amarre	14,00	0,25	3,00	0,25	2,63
	Cadena de Amarre	3,00	0,25	3,70	0,25	0,69
	Cadena de Amarre	7,00	0,25	2,80	0,25	1,23
	Viga a1	8,00	0,30	3,00	0,40	2,88
	Viga b1	3,00	0,30	3,70	0,40	1,33
	Viga c1	11,00	0,30	2,80	0,40	3,70
2do	Viga a2	5,00	0,30	3,00	0,40	1,80
	Viga b2	3,00	0,30	3,70	0,40	1,33
	Viga c2	11,00	0,30	2,80	0,40	3,70
Subtotal						22,95

Tabla 4. Volumen Estructural del contrapiso, losa del segundo piso y losa del tercer piso.

Piso	Elemento Estructural	Cantidad	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Volumen (m3)
1ro	Contrapiso		14,00	10,40	0,20	29,12

2do	Losa		12,80	9,40	0,25	30,08
3ro	Losa		12,80	9,40	0,25	30,08
Subtotal						89,28

La casa en la cual realizamos las mediciones tiene un peso total estructural de 305,01 Ton (Tabla 5). Este resultado lo obtuvimos multiplicando el volumen total del hormigón armado por la densidad específica del hormigón armado utilizada en los tres estudios anteriores (2,4 Ton/m³, Tabla 1).

Tabla 5. Resultados del Volumen total del Hormigón armado. Densidad del Hormigón Armado. Peso total de la estructura del Hormigón Armado de la vivienda

Resultados	
Volumen total de hormigón armado (m3)	127,09
Densidad del Hormigón Armado (ton/m3)	2,40
Peso total de la estructura de Hormigón Armado (ton)	305,01

Posteriormente, multiplicamos este valor del peso total estructural de la casa (305, 01) por 260,16 KgCO₂ / Ton, que corresponde a la huella de carbono del estudio de Pardo, López, & Rico (2021). Usamos este, dado que, de los tres estudios analizados en la revisión bibliográfica, el de Pardo, López y Rico (2021) es el que evalúa el material que más se asemeja al material utilizado en Galápagos. Se obtuvo que la huella de carbono de la vivienda es de 79 351, 4 Kg de CO₂ o 79,35 Ton de CO₂.

$$\begin{array}{ccc}
 \frac{260,16 \text{ Kg CO}_2}{\text{Ton}} & \times & 305,01 \text{ Ton} & & 79\ 351,4 \text{ Kg CO}_2 \\
 \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\
 \text{Pardo, López, \& Rico} & & \text{Peso total de la estructura} & & \text{Total, de la huella de} \\
 (2022) & & \text{de Hormigón Armado} & & \text{carbono de la vivienda.}
 \end{array}$$

De esta manera podemos decir que la estructura de hormigón armado ubicada en la Isla San Cristóbal, Galápagos consume o genera una huella de carbono igual de alta o incluso más alta a comparación de los otros países como en Estados Unidos o Colombia.

DISCUSION

En este estudio el impacto de la huella de carbono de un hogar con elementos estructurales de hormigón armado de 305 toneladas, genera 79 toneladas de CO₂. Para poner esta cifra en contexto, según Climate Selectra, una tonelada de CO₂ al año es capturada de la atmosfera por 6 árboles maduros. (Garrett, 2021). Esto significa que para cubrir las 79 toneladas de CO₂ generadas en la construcción de la vivienda analizada en este estudio necesitamos 474 árboles maduros

Podemos inferir que el crecimiento exponencial de las construcciones de hormigón armado sobre el delicado ecosistema de las islas se convertirá en un gran problema para la conservación y preservación del medio ambiente. A pesar de que, el área destinada para los asentamientos humanos es del 3,3% del área terrestre del Parque Nacional Galápagos, las estructuras de hormigón armado en su proceso de construcción utilizan materias primas como el agua y los agregados pétreos en su producción.

En la isla Santa Cruz por ser la isla más poblada aumenta el riesgo para proteger la flora y fauna del ambiente debido que las construcciones duplican la cantidad de casas en comparación a la isla San Cristóbal.

Este estudio no incluye el transporte marítimo ni el transporte de la carga hasta llegar al portacontenedores. Un buque marino o portacontenedores al año emite 11 896,55 toneladas de CO₂. Y un tráiler genera alrededor de 158 gramos de CO₂ por km recorrido. Tomando en cuenta estas medidas de transporte, la huella de carbono de las construcciones en las islas aumentaría aun más.

Esta es la primera investigación sobre estimación de la huella de carbono de las estructuras de hormigón armado en las Islas Galápagos. Este estudio puede ser utilizado como referencia para próximas investigaciones. De igual manera las autoridades pueden utilizar esta información como una línea base para sus estudios y también se busca

impulsar a las personas de la comunidad a pensar en alternativas que ayuden a cuidar la flora y fauna de las islas.

CONCLUSIONES

Las islas Galápagos únicas por su flora y fauna requieren ser protegidas del crecimiento geográfico de las construcciones y el crecimiento de la población. Las viviendas en su gran mayoría involucran la utilización de materia prima. Y esto a su vez se convierte en una problemática y amenaza para el entorno de las islas dado que es un recurso limitado.

El material de construcción de hormigón armado en Galápagos genera una huella de carbono igual de alta que la huella de carbono en otros países. Esto generara un riesgo en un futuro cercano. De tal manera, se debe implementar medidas de construcción, normativas, límites de utilización de ciertos materiales y de igual forma impulsar a utilizar materiales alternativos como solución a este problema actual.

Al ser un estudio exploratorio, se usaron estimaciones de la huella de carbono calculados en otros contextos socio-ecológicos. Para obtener resultados más apegado a la realidad es necesario estimar cuál es la huella de carbono del lugar en el cual vivimos. Además, la huella de carbono estimada en este estudio, pese a ser elevada, aun no contempla todos los aspectos involucrados en la construcción y funcionamiento de la vivienda como los son las paredes, instalaciones hidrosanitarias, instalaciones eléctricas, y el consumo de energía y agua. Esto podría generar que la huella de carbono aumente aún más.

Se debe realizar más investigaciones para saber cuál es el impacto total del material investigado en este estudio. De igual manera buscar tecnologías constructivas que ayuden a conservar el delicado ecosistema de las islas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, J. (2021, May 28). *REGULACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES DE MOTORES MARINOS QUE UTILICEN HFO EN ZONAS ECA DE ECUADOR Y GALÁPAGOS*. UIDE. Retrieved February 17, 2022, from:

[https://www.uide.edu.ec/estudiantes-de-la-uide-proponen-normativa-para-](https://www.uide.edu.ec/estudiantes-de-la-uide-proponen-normativa-para-regular-contaminacion-de-embarcaciones-en-ecuador-y-galapagos/)

[regular-contaminacion-de-embarcaciones-en-ecuador-y-galapagos/](https://www.uide.edu.ec/estudiantes-de-la-uide-proponen-normativa-para-regular-contaminacion-de-embarcaciones-en-ecuador-y-galapagos/)

Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos. (2016). *Plan de Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Régimen Especial de Galápagos. – Plan Galápagos*. Consejo de Gobierno de Régimen Especial de Galápagos.

Retrieved February 17, 2022, from: https://www.gobiernogalapagos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/Plan-Galapagos-2015-2020_12.pdf

Galapagos Conservation Trust. (2019). *A Sustainable Galapagos 1/5: Population*

Growth and Land Zoning. Discovering Galapagos. Retrieved February 17, 2022 from: <https://www.discoveringgalapagos.org.uk/discover/sustainable-development/a-sustainable-galapagos/population-growth-zoning/>

Garrett, C. (november 5, 2021). *¿Cuánto CO2 absorbe un árbol?*. Climate Selectra.

Retrieved from <https://climate.selectra.com/es/actualidad/co2-arbol#:~:text=Aunque%20su%20capacidad%20de%20absorci%C3%B3n,CO2%20de%20un%20solo%20espa%C3%B1ol.>

INEC. (2010). *FASCÍCULO PROVINCIAL GALÁPAGOS*. Retrieved February 17, 2022 from: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/galapagos.pdf>

Karakiewicz, J. (2018). Toward Urban Self-Sufficiency in the Galapagos Islands.

Urban Galapagos, 115-136. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-3-319-99534-2_8

Ministerio Para la Transición Ecológica (2021). GUÍA PARA EL CÁLCULO DE LA

HUELLA DE CARBONO Y PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE

MEJORA DE UNA ORGANIZACIÓN. Retrieved February 22, 2022 from:

file:///E:/Huella%20de%20carbono%20de%20las%20construcciones/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf

Parque Nacional Galápagos. (2019). *Historia Humana Isla Santa Cruz*. Dirección del

Parque Nacional Galápagos. Retrieved February 17, 2022, from:

<http://www.galapagos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Historia-humana-Santa-Cruz.pdf>