

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL:
ESTUDIO DE CASO

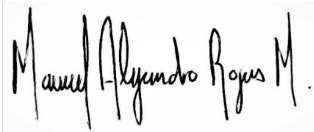
WILLIAN SOLÍS PÉREZ

Nota de Aceptación

Certificamos que el presente Trabajo de Grado Satisface, en alcances y calidad, todos los requisitos que demanda un Trabajo de Grado de Maestría.



IVÁN FERNANDO OTÁLVARO CALLE
Director



MANUEL ALEJANDRO ROJAS
MANZANO
Jurado

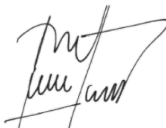


ANGÉLICA MARÍA GÓMEZ
ARTEAGA
Jurado

Aprobado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Pontificia Universidad Javeriana Cali, para optar el título de Magister en Ingeniería Civil.



HERNÁN CAMILO ROCHA NIÑO Ph. D.
Decano Facultad de Ingeniería y Ciencias



JUAN CARLOS MARTÍNEZ ARIAS
Director Posgrados de Ingeniería y Ciencias

Santiago de Cali, 4 de abril de 2022

Acta de Correcciones al Documento de Trabajo de Grado

Santiago de Cali, 30 de marzo de 2022

Autor: Willian Solís Pérez

Título del Trabajo de Grado: “EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO”

Director: Iván Fernando Otálvaro Calle

Como indica el artículo 2.13 de las Directrices para Trabajo de Grado de Maestría, he verificado que el estudiante indicado arriba ha implementado todas las correcciones que los Jurados del Proyecto de Trabajo de Grado definieron que se efectuaran, como consta en el Acta de Evaluación correspondiente.



IVÁN FERNANDO OTÁLVARO CALLE
Director

DATOS ACTUALES DEL ESTUDIANTE

Nombre completo: WILLIAN SOLÍS PÉREZ

Dirección: Cra 55F N° 7A14 P1 Margarita Hurtado (Buenaventura – Colombia)

teléfonos de contacto: 3122706255 / 3215399242

Correo electrónico: ing.wisope@gmail.com / Willian.Solis@renovacionterritorio.gov.co

Profesión: Ingeniería Civil

Universidad: Universidad del Quindío

Empresa: Agencia de Renovación del Territorio

Cargo: Sectorialista Regional del Pilar 5 PDET



PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
ÉNFASIS EN CONSTRUCCIONES**

PROYECTO DE GRADO

**EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN
VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO**

TRABAJO PRESENTADO POR:

WILLIAN SOLÍS PÉREZ

DIRECTOR:

IVAN FERNANDO OTALVARO CALLE, Dr.

Santiago de Cali, mayo de 2021

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a **DIOS** (*das la idea y siempre pones el recurso*) por, haberme permitido no solo culminar este trabajo, sino también, haberme dado la oportunidad de estar vinculado en calidad de estudiante a tan prestigiosa institución (***Pontificia Universidad Javeriana Cali***). **Para mí es un sueño hecho realidad**. Haber podido conocer y compartir con personas maravillosas, un grupo docente muy profesional, muy entregado y comprometido en formar la calidad de profesionales que nuestro país y el mundo necesita. Haber sido dirigido por el Dr. Ingeniero Iván Fernando Otálvaro, quien con su conocimiento y confianza se permitió avalar este proyecto (*muchas gracias por eso, Ingeniero Iván*). Tener una esposa alcahueta de mis proyectos (*muchas gracias, Mary*) y unos hijos orgullosos por cada logro (*muchas gracias, Kendrick, Kevin y Kenzel*). Tener una madre que, más que madre es amiga y, siempre apoya mis iniciativas (*muchas gracias, Carmen*). Tener un grupo de amigos y familiares que entienden que sigo queriéndolos a pesar de la distancia. (*muchas gracias a todos*).

DEDICATORIA

Esperé mucho tiempo para poder escribir estas palabras y me siento muy, pero muy, bendecido por poder dedicar este primer trabajo a las mujeres de mi casa, y que hacen parte de mis más bonitos pensamientos...

A, Marysella Murillo Guerrero (*mi esposa*), Kirianna Solís y Kinnary Solís (*mis hijas*), Carmen Pérez Angulo (*mi madre*), Esther Holguín, Martha Rocío Gómez, Nancy Liliana Márquez, Gloria Margot Pérez, Luz Marina Arizala, Lucy Stella Quiñones, Elba María Angulo, Enesis Ocoró, Maritza Valencia, Yajaira Orobio y desde luego que a ROSA AMALIA ANGULO.

RESUMEN

El interés por conocer y reducir los impactos generados por la actividad humana en el planeta ha llevado a que en las últimas dos décadas se desarrollen investigaciones que definen metodologías y herramientas que miden estos impactos. Los países se han preocupado por gestionar bases de datos que les permiten evaluar sistémicamente sus proyectos. En Colombia, los resultados totales nacionales entre 1990 y 2010 presentan una tendencia creciente en emisiones GEI (Gases Efecto Invernadero), aumentando en 58.908 Gg de CO₂eq. Se realiza una extensa revisión bibliográfica, se aplica una metodología que recoge los objetivos de evaluación de impactos ambientales, se desarrolla el análisis de los datos de fuentes primarias y secundarias y con los avances en metodologías que incluyen el análisis de las bases de costes de los proyectos para el planteamiento de estrategias de mitigación de impactos causados por el sector de la construcción se logró que, a partir de los presupuestos del proyecto, evaluar el impacto ambiental causado en la fase de construcción de un proyecto de vivienda de interés social, en la ciudad de San Andrés de Tumaco en la costa nariñense, a partir del desarrollo de metodologías conocidas para la estimación de la energía embebida, la huella ecológica y la huella de carbono. Los resultados evidenciaron que el sistema constructivo convencional (mampostería confinada) genera mayor concentración de gases efectos invernaderos en comparación con el sistema outinord de muros en concreto. Además de que, a partir de los cálculos, se determinó que en los proyectos analizados la huella ecológica total para el sistema outinord es de 0,0617 hag/m² mientras que para el sistema convencional 0,0794 hag/m².

Palabras claves: Evaluación ambiental; Huella de carbono; Huella ecológica; Energía embebida, Sistemas constructivos.

ABSTRACT

The interest in knowing and reducing the impacts generated by human activity on the planet has led to the development of research in the last two decades that define methodologies and tools that measure these impacts. Countries have been concerned with managing databases that allow them to systemically evaluate their projects. In Colombia, the total national results between 1990 and 2010 show an increasing trend in GHG emissions (Greenhouse Gases), increasing by 58,908 Gg of CO₂eq. An extensive bibliographic review is carried out, a methodology is applied that includes the objectives of environmental impact assessment, the analysis of data from primary and secondary sources is developed and with the advances in methodologies that include the analysis of the cost bases of the projects for the approach of strategies to mitigate the impacts caused by the construction sector, it was achieved that, based on the project budgets, evaluate the environmental impact caused in the construction phase of a housing project of social interest, in the city of San Andrés de Tumaco on the Nariñense coast, based on the development of known methodologies for the estimation of embedded energy, the ecological footprint and the carbon footprint. The results showed that the conventional construction system (confined masonry) generates a higher concentration of greenhouse gases compared to the outinord system of walls. In addition, from the calculations, it was determined that in the projects analyzed the total ecological footprint for the outinord system is 0.0617 hag/m² while for the conventional system 0.0794 hag/m².

Keywords: Environmental assessment; Carbon footprint; Ecological footprint; Embedded energy, Construction systems.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Definición del problema de investigación.....	2
1.2. Planteamiento del problema	7
1.3. Objetivos del proyecto.....	7
1.3.1. Objetivo general	7
1.3.2. Objetivos específicos.....	7
1.4. Organización del documento escrito	7
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	9
2.1. Contextualización	9
2.2. Antecedentes mundiales	15
2.2.1. Caso de estudio en Concepción Chile	16
2.2.2. Caso de estudio en Andalucía España.....	18
2.2.3. Caso de estudio en Costa Rica	20
2.2.4. Caso de estudio en Écija España	22
2.2.5. Caso de estudio en Madrid España para una vivienda de emergencia ...	25
2.2.6. Caso de estudio en Sevilla España para un edificio de 10 pisos	26
2.2.7. Caso de estudio en Andalucía España bajo BIM	26
2.3. Antecedentes nacionales.....	27
3. METODOLOGÍA	33
3.1. Descripción.....	33
3.2. Estudio de caso	40
3.3. Huella de carbono	46

3.3.1. Método determinístico de estimación de HC	46
3.3.2. Método probabilístico de estimación de HC	48
3.4. Energía embebida	50
3.4.1. Método determinístico de estimación de EE	51
3.4.2. Método probabilístico de estimación de EE	52
3.5. Huella ecológica	54
3.5.1. Método de estimación de HE	55
3.6. Sistema outinord	62
3.7. Sistema convencional	82
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	98
4.1. Materiales	98
4.2. Huella de carbono (HC).....	99
4.3. Energía embebida (EE).....	103
4.4. Huella ecológica	108
4.5. Resumen de los impactos	110
4.6. Acciones de mitigación de impactos negativos	114
5. CONCLUSIONES	115
5.1. Conclusiones.....	115
5.2. Sugerencias para trabajos futuros	116
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	118
7. ANEXOS	130

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Emisiones de CO ₂ por combustible fósil	4
Figura 2: Representatividad países que emplean ACV en la construcción	15
Figura 3: Estructura ACV ISO-14040-2006	16
Figura 4: Metodología para el cálculo de HE	23
Figura 5: Metodología de investigación	33
Figura 6: Diagrama general de cálculo de indicadores	36
Figura 7: Ciclo de Vida de la Edificación	37
Figura 8: Localización del proyecto	40
Figura 9: Planimetría	41
Figura 10: Estructura de Desglose de Trabajo	43
Figura 11: Mix energético en Colombia para el año 2014	78
Figura 12: Mix energético en Colombia para el año 2014	93
Figura 13. Contribución unidad básica a la HC en el sistema outinord.	100
Figura 14. Contribución unidad básica a la HC sistema mampostería confinada. .	100
Figura 15. Contribución a la varianza de HC de las variables en función de las unidades básicas de estudio.....	102
Figura 16. Contribución de a la varianza de HC de las variables en los muros.	103
Figura 17. Contribución de cada UBE a la EE en el sistema outinord	104
Figura 18. Contribución de cada UBE a la EE en mampostería confinada.	104
Figura 19. Relación entre la HC y la EE para el sistema outinord.....	105
Figura 20. Contribución a la varianza de la EE de las variables en los muros.....	106
Figura 21. Contribución de a la varianza de la EE de las variables en función de las unidades básicas de estudio.....	107

Figura 22. Huella ecológica de la UBE para el sistema outinord.....	108
Figura 23. Huella ecológica de la UBE para mampostería confinada.....	109
Figura 24. Relación entre la huella ecológica y la huella de carbono	109
Figura 25 Factores ambientales por UBE para el sistema outinord	110
Figura 26 Factores ambientales por UBE para el sistema convencional.	111
Figura 27 Factores ambientales por sistema constructivo.....	112
Figura 28. Comparación de la HC por área construida con algunos trabajos de la literatura.	112
Figura 29. Comparación de la EE por área construida con algunos trabajos de la literatura.	113
Figura 30. Comparación de la HE por área construida con algunos trabajos de la literatura.	113

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Evolución del análisis del ciclo de vida en la construcción.	12
Tabla 2: Resultados del cálculo de cantidades de obra sistema outinord.....	44
Tabla 3: Resultados del cálculo de cantidades de obra sistema convencional.....	45
Tabla 4: Factores de emisión de HC ($\text{kg} \cdot \text{CO}_{2\text{eq}}/\text{kg}$).	47
Tabla 5: Número de desviaciones estándar en función del número de datos.....	48
Tabla 6: Valores típicos de factores de emisión $\text{kg} \cdot \text{CO}_{2\text{eq}}/\text{kg}$ caso probabilístico. .	50
Tabla 7: Factores de emisión de EE (MJ/kg).	52
Tabla 8: Valores típicos de factores de emisión EE (MJ/kg) caso probabilístico.	54
Tabla 9: Porcentajes de RCD generados en obra.	59
Tabla 10: Categorías de materiales UBE: VIGAS.	63
Tabla 11: Categorías de materiales UBE: LOSAS.....	63
Tabla 12: Categorías de materiales UBE: MUROS (Sistema Outinord).	64
Tabla 13: Categorías de materiales UBE: CUBIERTA.	64
Tabla 14: Categorías de materiales UBE: CARPINTERÍAS.....	65
Tabla 15: Categorías de materiales UBE: INSTALACIONES SANITARIAS.....	65
Tabla 16: Categorías de materiales UBE: INSTALACIONES ELÉCTRICAS.	66
Tabla 17: Categorías de materiales UBE: INSTALACIONES HIDRÁULICAS....	67
Tabla 18: Categorías de materiales UVIS – Peso X Módulo (2UVIS).	67
Tabla 19: Cálculo de HC y EE en los materiales (Método Determinístico).	68
Tabla 20: Cálculo de HC en los materiales (Método Probabilístico).	69
Tabla 21: Cálculo de EE en los materiales (Método Probabilístico).	70
Tabla 22: Cálculo de horas trabajadas para HE consumo de alimentos de GRCD. .	72

Tabla 23: Cálculo de emisiones generadas por el transporte	73
Tabla 24: Cálculo de horas trabajadas para HE consumo de alimentos de M.O.	75
Tabla 25: Cálculo de HE producida por maquinaria de combustible.	76
Tabla 26: Cálculo de HE producida por maquinaria eléctrica.	77
Tabla 27: Cálculo de cantidad de agua utilizada en actividades de obra.	80
Tabla 28: Resumen de resultados cálculo de huella ecológica sistema outinord.	82
Tabla 29: Categorías de materiales UBE: MUROS (Sistema Convencional).	83
Tabla 30: Categorías de materiales UVIS – Peso X Módulo (2UVIS).	83
Tabla 31: Cálculo HC y EE en materiales (Método Determinístico Sistema Convencional).	84
Tabla 32: Cálculo de HC en los materiales (Método Probabilístico Sistema Convencional).	85
Tabla 33: Cálculo de EE en los materiales (Método Probabilístico Sistema Convencional).	86
Tabla 34: Cálculo de horas trabajadas para HE consumo de alimentos GRCD.	87
Tabla 35: Cálculo de horas trabajadas para HE de RSU para GRCD	87
Tabla 36: Cálculo de emisiones generadas por transporte de RCD.	89
Tabla 37: Cantidad de horas trabajadas mano de obra proyecto convencional.	90
Tabla 38: Cálculo de HE producida por maquinaria a combustible.	92
Tabla 39: Cálculo de HE producida por maquinaria eléctrica.	92
Tabla 40: Cálculo del consumo de agua en actividades de obra.	95
Tabla 41: Resumen de resultados cálculo de HE sistema convencional.	97
Tabla 42: Contribución de los materiales de construcción en masa por módulo de dos viviendas.	98

Tabla 43: Resultados del análisis probabilístico con FOSM por unidad básica de estudio para la huella de carbono.	101
Tabla 44: Resultados del análisis probabilístico con FOSM por unidad básica de estudio para la energía embebida.	105
Tabla 45: Cuantificación de la regeneración ambiental.	114

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, en el seno de la comunidad profesional del sector de la construcción, ha aumentado el interés por conocer y reducir el impacto ambiental provocado por la utilización de determinados materiales en la edificación, con el objetivo de promover una construcción más sostenible y respetuosa con el entorno, utilizando la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) u otras metodologías para la definición de los impactos ambientales (Méndez & Burgos, 2008). El ACV identifica y cuantifica el uso de materiales, energía y emisiones al medio ambiente para evaluar el impacto medioambiental que producen estas cargas (Ros García & Sanglier Contreras, 2017), sirviendo de base para la estimación de Huella de Carbono, Energía Embebida y Huella Ecológica generadas por los insumos de un proyecto.

De acuerdo con Giesekam et al. (2014), las evidencias del cambio climático son inequívocas, y el desarrollo de la población mundial extrae del orden de 60 billones de toneladas de materiales térreos, donde la industria de la construcción es la que más cantidad de estos materiales demanda, siendo responsable por la tercera parte de las emisiones de CO₂ a nivel mundial (Gómez, 2019).

La tendencia mayor en el sector de la edificación es a la creación de herramientas o sistemas de indicadores de sostenibilidad que sirvan o bien para calificar el edificio con diferentes grados de sostenibilidad o como técnicas de ayuda para la toma de decisiones en la gestión del proyecto (Rodríguez & Fernández, 2010).

Colombia se ha propuesto de aquí a 2030 (ONU, 2015), aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y a la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles. (DNP, 2018a)

De ahí que exista la necesidad de investigar sobre metodologías utilizadas para la evaluación ambiental, las cuales permiten establecer las condiciones que deben cumplir los proyectos que puedan tener un impacto ambiental, de acuerdo con el principio de desarrollo sostenible y con la consideración para el desarrollo social, económico y ambiental (Wszółek

et al., 2014). Se ha comprobado que es posible la evaluación del impacto ambiental de los proyectos de edificación a través de su presupuesto (Freire & Marrero, 2015).

Recientemente, se están desarrollando diversas herramientas y webs con este enfoque de análisis económico y ambiental (Khan et al., 2018; Sesana & Salvalai, 2013; Vasquez & Quesada, 2017), destacando la importancia de su empleo en la fase de diseño para proyectar edificios más eficientes según el impacto económico y ambiental, y desmitificando el aumento de coste de un edificio más ecológico (González, 2018).

El presente documento pone a disposición del interesado una propuesta para determinar los indicadores ambientales (huella de carbono, energía embebida y huella ecológica), para realizar la evaluación ambiental de dos sistemas constructivos de vivienda de interés social en un estudio de caso “*Construcción de viviendas nuevas de las veredas San Juan, Achotal, Candelillas, Chinguirito, Vuelta de Cajapí, El Guabo – Miras Palma, en el Municipio de Tumaco, Departamento de Nariño*”, aplicando una metodología que simplifica el proceso a través del Análisis Ciclo de Vida (ACV) de los materiales utilizados (de la cuna hasta la construcción) y los presupuestos del proyecto de construcción.

Se parte de la formulación del problema de investigación, se presenta la metodología de investigación, los recursos que fueron necesarios para llevarla a cabo, y los resultados obtenidos.

1.1. Definición del problema de investigación

El sector de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC, por su sigla en inglés), juega un papel clave en el impacto ambiental que provoca la actividad humana (Mercader et al., 2019), es uno de los motores de crecimiento de la economía que en el 2017 alcanzó una participación del 4,9% dentro del Producto Interno Bruto (PIB), cifra que representa un aumento considerable frente a su aporte en 2001, cuando dicha participación no superaba el 1,8 % del PIB (DANE, 2017) y así mismo, es uno de los más contaminantes en la actualidad, que se estima que un 40% de la contaminación es generada por actividades ligadas directa o indirectamente a la construcción de obras civiles (García et al., 2020), asociadas a los materiales, la maquinaria empleada, las técnicas que se apliquen, las condiciones geográficas

donde se aplica la construcción y la demanda de energía y recursos durante su uso (González et al., 2019).

Asimismo, la construcción es responsable de la generación del 30% de los residuos sólidos mundiales, demostrando la necesidad de generar métodos y aplicar prácticas que reduzcan la cantidad de residuos en vista del agotamiento del espacio para su adecuada disposición (UNEP/WHO, 2006 & Acevedo et al., 2012).

La razón del impacto tan considerable de la construcción radica en los procesos de edificación, desde la fabricación de materiales, pasando por su construcción y posterior uso, hasta la demolición (Freire et al., 2016). Esta industria requiere de la extracción y fabricación de grandes cantidades de materiales que luego deben ser transportados hasta su lugar de uso, lo que se convierte a la vez en consumo de energía y en emisiones contaminantes de la atmósfera (Hammond & Jones, 2006). Estas emisiones alcanzaban 8,6 billones de toneladas métricas en el 2004, según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), cifra que podría alcanzar los 15,6 billones de toneladas métricas para el 2030 (UNEP, 2009).

El 2019 Global Status Report for Buildings and Construction (GlobalABC et al., 2019) informó que el sector AEC no está encaminado a las acciones climáticas necesarias, y que por el contrario, representó en 2018 el 36% del uso final de la energía (aumentó un 1% desde 2017 y un 7% desde 2010) y el 39% de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) relacionadas con energía. De este último; 11% resultantes de la fabricación de materiales y productos para la construcción como acero, cemento y vidrio.

En Colombia, los resultados totales nacionales entre 1990 y 2010 presentan una tendencia creciente en emisiones GEI (Gases Efecto Invernadero), con un total de 58.908 Gg de CO₂ equivalente (i.e. giga gramos –miles de toneladas– en emisiones de dióxido de carbono) más en 2010 con respecto a 1990 (DNP, 2018b).

La Agencia Internacional de Energía (IEA) estima las emisiones históricas de CO₂ por quema de combustibles fósiles para distintos países, incluyendo a Colombia (CEPAL, 2013). En La Figura 1: Emisiones de CO₂ por combustible fósil (Fuente: European Union,

2018) se presenta el comportamiento de generación de CO₂ por quema de combustibles fósiles por sector a partir de 1990.

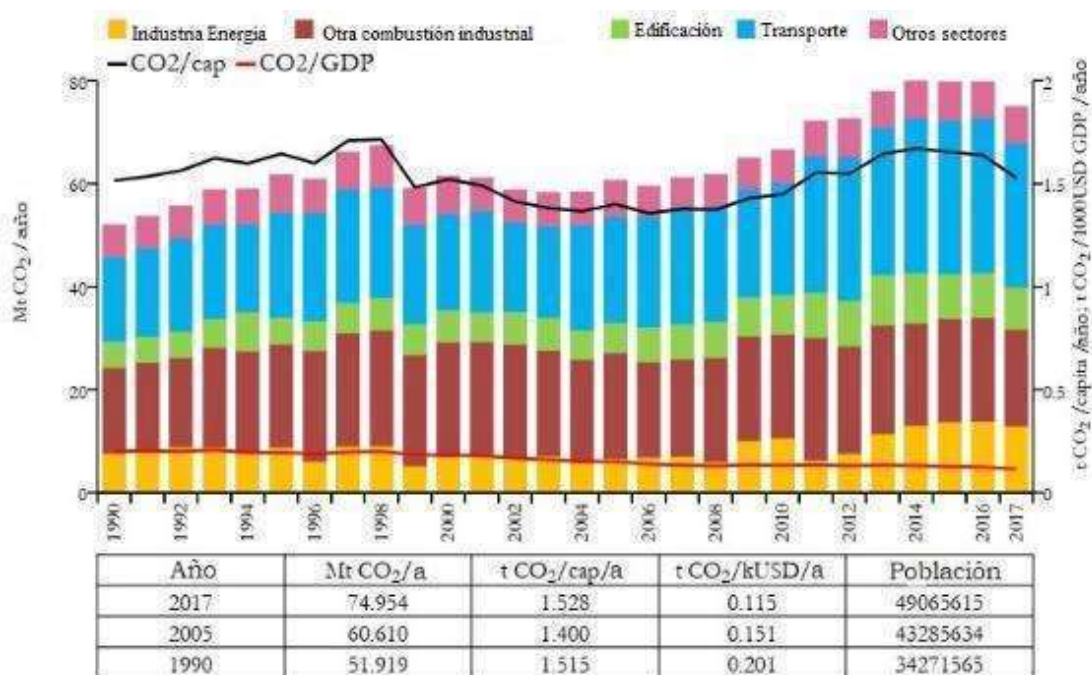


Figura 1: Emisiones de CO₂ por combustible fósil (Fuente: European Union, 2018).

Entre el 2005 y el 2017 el sector de la construcción aumentó sus emisiones en un 39% (Muntean et al., 2018).

El estado de cuentas ambiental y económica del DANE estimó en el 2016 que por cada unidad de PIB generado se emitieron 145,4 ton de CO₂-e, se consumieron 0,22 litros de agua para generar un peso de valor agregado, se consumieron 3.201 Tera julios de energía por cada unidad de PIB producida, y los residuos sólidos depositados en botaderos, celdas transitorias, cuerpos de agua y quemas a cielo abierto ascendieron a 268 mil toneladas (DANE, 2017).

Si los actuales patrones no cambian, la expansión de la construcción destruirá, o al menos perturbará, hábitats naturales y vida salvaje en más de un 70% de la superficie de la tierra para el 2032, principalmente por el incremento de la población, la actividad económica y la urbanización (Chemicals UNEP & IOMC, 2002).

Para poder tomar decisiones que disminuyan el impacto ambiental causado por la construcción, este debe ser cuantificado desde la etapa de diseño por lo que es necesario contar con herramientas sencillas de implementar (Freire & Marrero, 2015).

En el 2021 el IDEAM, con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se propuso levantar la base de datos con el registro de la información necesaria para realizar el inventario nacional de emisiones (DNP, 2019). Y en este propósito, se debe tener en cuenta que las estrategias para reducir contaminantes criterio del aire, GEI y contaminantes climáticos de vida corta guardan estrecha relación, haciendo posible que se implementen acciones que redunden en el control de las emisiones de estos con el fin de hacer eficiente la inversión de los recursos.

Son muchos los retos que tiene el país y el mundo en materia ambiental. Varios de ellos derivados del uso intensivo de la tierra por procesos agrícolas, la colonización (principalmente ganadería), la minería, los incendios forestales, los cultivos ilícitos, la ampliación de infraestructura, la urbanización y la extracción de madera, entre otros, con efectos nocivos por producción de Gases Efecto Invernadero (GEI), que para el 2030 debe haber reducido las emisiones totales en un 20%, junto con el deterioro en la calidad del aire y el agua con amplias consecuencias en la salud humana (DNP, 2018a).

Durante los últimos años, en el seno de la comunidad profesional del sector de la construcción ha aumentado el interés por conocer y reducir el impacto ambiental provocado por la utilización de determinados materiales en la edificación, con el objetivo de promover una construcción más sostenible y respetuosa con el entorno, utilizando la metodología del Análisis de ciclo de vida (ACV) u otras metodologías para la definición de los impactos ambientales (Méndez & Burgos, 2008).

El tradicional arraigo de la economía en la toma de decisiones, en este sector, fortalece la propuesta de la inclusión de la evaluación del impacto ambiental a través de los presupuestos de los proyectos de construcción, ya que el control de costes forma parte de la cultura del sector de la edificación y puede servir para introducir aspectos medioambientales en los criterios de selección (Solís et al., 2018).

El conocimiento resultante de la gran cantidad de estudios sobre el impacto ambiental se refleja finalmente en la generación de herramientas de cálculo. Estas evalúan varios aspectos con el fin de obtener un puntaje final, como el de las emisiones de CO₂ generadas por la fabricación de los materiales de construcción empleados y la energía consumida en la fase operativa del edificio (González, 2018).

Dentro de las principales problemáticas para la implementación de la política de desarrollo sostenible (DNP, 2018c) existen varias barreras para la implementación de los instrumentos de las políticas, evidenciando la ausencia de la definición de criterios de sostenibilidad para todos los usos y dentro de la totalidad del ciclo de vida de las edificaciones. Asimismo, existe un débil fomento en el consumo responsable desde el Estado, así como en los lineamientos sobre la extracción y comercialización de materiales pétreos y maderables para la construcción (DANE, 2018).

Por otro lado, la Norma Técnica Colombiana de Construcción Sostenible (ICONTEC, 2016), no incluyó los usos residenciales al establecer los criterios para el diseño y construcción de edificaciones sostenibles, lo que genera un rezago a la hora de identificar los lineamientos de sostenibilidad para VIS (Vivienda de Interés Social) y VIP (Vivienda de Interés Prioritario).

Si bien la Resolución 3348 de 2016, expedida por el Departamento Nacional de Planeación, plantea la formulación de criterios de construcción sostenible para la formulación de proyectos tipo, esta no determina todos los lineamientos de sostenibilidad a incluirse en los proyectos.

Desde esta perspectiva, se requiere plantear comparaciones de sistemas constructivos de los tipos de vivienda de interés social, que permitan definir, desde etapas tempranas de la gestión de proyectos, los impactos ambientales que darán paso a considerar los conceptos de sostenibilidad y establecer criterios de diseño y materialidades que se alineen con los objetivos de reducción de GEI propuestos.

En ese sentido, se realizó la evaluación ambiental de un tipo de vivienda de interés social en Colombia a través de la estimación de energía embebida, huella de carbono y huella

ecológica tomando como base las cantidades de obra consignadas en el presupuesto del proyecto, considerando, para ello, dos sistemas constructivos para un estudio de caso de construcción de V.I.S (Vivienda de Interés Social) en la ciudad de San Andrés de Tumaco.

1.2. Planteamiento del problema

Con la propuesta se realizó un trabajo que responde las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuánto es la energía embebida en cada sistema constructivo?, ¿Cuál es el valor de la huella de carbono para cada sistema constructivo propuesto?, ¿Cuál es el valor de la huella ecológica en cada sistema constructivo? ¿Cuáles son los impactos ambientales asociados a cada sistema constructivo?

1.3. Objetivos del proyecto

A continuación, se presentan los objetivos con los cuales se responden las preguntas de investigación formuladas.

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el impacto ambiental de dos sistemas constructivos de vivienda de interés social en la costa pacífica colombiana a partir del análisis de la energía embebida, la huella de carbono y la huella ecológica en un estudio de caso único.

1.3.2. Objetivos específicos

A continuación, se presentan los objetivos específicos con los cuales se le da alcance al objetivo general:

- Aplicar una metodología simplificada que permita, a partir de las cantidades de obra del proyecto, el cálculo de la energía embebida, la huella de carbono y la huella ecológica de dos sistemas constructivos de vivienda de interés social.
- Realizar la evaluación de impactos para cada sistema constructivo.
- Definir acciones de mitigación de los impactos negativos generados por cada sistema constructivo.

1.4. Organización del documento escrito

El documento está dividido en 6 capítulos en los que:

En el Capítulo 1 *“Introducción”*, se hace la introducción al documento, se define el problema y su planteamiento, como también, se realiza el planteamiento del objetivo general y de los objetivos específicos que aportan a la solución del problema planteado.

En el Capítulo 2 *“Revisión Bibliográfica”*, se aborda la revisión bibliográfica que parte de los antecedentes del objeto de investigación; el reconocimiento de metodologías y cálculos de los indicadores de evaluación ambiental (tratados a nivel internacional, nacional y regional); y de la evolución del uso de los Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como insumos para la estimación de indicadores de evaluación ambiental.

En el Capítulo 3 *“Metodología”*, se define y se describe la metodología de cálculo, se muestra el esquema general de la investigación y se dan las argumentaciones necesarias para el uso de la metodología propuesta en un estudio de caso en el Municipio de Tumaco en Colombia.

En el Capítulo 4 *“Análisis De Resultados”*, se muestran los resultados del estudio de caso y se analizan los datos para el planteamiento de estrategias en cumplimiento con los objetivos de la investigación.

En el Capítulo 5 *“Conclusiones”*, se presentan las conclusiones de la investigación y se hacen recomendaciones al sector, como también, sugerencias para trabajos posteriores.

Finalmente, en el Capítulo 6 *“Referencias Bibliográficas”*, se muestra la bibliografía utilizada durante la investigación para ampliación de los tópicos tratados.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Contextualización

El cambio climático es uno de los grandes problemas actuales de la humanidad y supone una gran amenaza para el medio ambiente y para el desarrollo de la vida en el planeta, ya que afecta a todas las áreas geográficas y a todos los individuos a nivel mundial (Jiménez et al., 2010; Álvarez et al., 2020); es causado por la emisión de GEI, principalmente el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), y el óxido nitroso (N₂O) (CEPAL, 2013).

El concepto de desarrollo sostenible de Bruntland (1987), como aquel desarrollo que satisface las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades (García-Erviti et al., 2015), supone un triple objetivo en los proyectos, basado en tres pilares fundamentales; medioambiente (respeto a los recursos naturales y capacidad de los ecosistemas), sociedad (igualdad social e integración de todos los actores), y economía social (Rodríguez & Fernández, 2010).

Cualquiera que sea el motivo por el cual una organización decide llevar a cabo un proyecto, para que el mismo sea exitoso, será importantísimo tener un Director de Proyectos con una buena visión de conjunto de todas las partes del mismo (Lledó, 2013).

El objetivo de construcción sostenible es la creación y funcionamiento de edificios sanos, con eficiencia de recursos y diseño ecológico (Conseil International Du Batiment, 1994), y debe articular siete (7) principios: reducción de consumo de recursos, reutilización de recursos, utilización de recursos reciclables, protección de la naturaleza, eliminación de sustancias tóxicas, aplicación de costos en el CV (Ciclo de Vida), y concentración en la calidad. Estos se deben aplicar a lo largo del CV de la Construcción, desde la Planeación hasta la disposición (Kibert, 2013).

Para conocer cuántos y cuáles GEI se emiten a la atmósfera, la comunidad científica internacional agrupada en el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), ha venido desarrollando metodologías estandarizadas para realizar inventarios nacionales de GEI (GUIAS 2006), los cuales se convierten en la principal herramienta científica para orientar la toma de decisiones nacional, subnacional, y sectorial para el diseño e

implementación de medidas de mitigación que permitan reducir las emisiones de estos gases. (IDEAM et al., 2015).

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una técnica que permite determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto, compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema, evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio (ISO 14040, 2006; Muñoz & Quiroz, 2014).

En la norma española (AENOR – CEN, 2006) se establece que el ACV es una recopilación y evaluación, conforme a un conjunto sistemático de procedimientos, de las entradas y salidas de materia y energía, y de los impactos ambientales potenciales directamente atribuibles a la función del sistema del producto a lo largo de su ciclo de vida. (Ros García & Sanglier Contreras, 2017).

Los indicadores de desarrollo sostenible son herramientas que evalúan variables relacionadas con el bienestar económico, social y ambiental (Quiroga, 2007). Estos indicadores deben reunir una serie de principios, entre los que destacan su credibilidad, potencial de comunicación, potencial de medición, potencial de evaluación y capacidad de reacción, entre otros (Álvarez et al., 2020).

El indicador huella ecológica (HE) fue introducido por Mathis Wackernagel (1996), que midió la HE de la humanidad y la comparó con la capacidad de carga del planeta. De acuerdo con su definición, la HE es la extensión de tierra que sería necesaria para suministrar los recursos (cereales, pienso, leña, pescado y terreno urbano) y absorber las emisiones (CO₂) de la sociedad mundial (González et al., 2015).

Entre los aspectos más relevantes de la HE se encuentra, en primer lugar, la simplicidad de sus conceptos, que además de ser fáciles de calcular, pueden ser entendidos y adoptados de manera general, con lo cual se facilita su influencia en las decisiones de consumo, legislación y regulación del sector; y, en segundo lugar, la unión de factores de

diferentes fuentes en un solo indicador, que permite obtener una visión general de todos los impactos de una actividad o sector productivo (Freire et al., 2016).

El término huella de carbono (HC) fue establecido en el 2003, proviene de la huella ecológica definida por (Wackernagel & Rees, 1996), y sirve como indicador para cuantificar las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) expresadas en kilogramos de CO₂ equivalentes (kg CO₂eq) (Espíndola & Valderrama, 2017; Gómez, 2019).

La definición de huella de carbono más comúnmente referenciada es la de Wiedmann y Minx (2008), quienes la definen como la cantidad total de emisiones de CO₂ que son directa o indirectamente causadas por una actividad o acumuladas en las fases del ciclo de vida de un producto (Álvarez et al., 2020).

Investigadores y docentes de la Universidad Politécnica de Madrid (2015), proponen en la serie Huella de Carbono la siguiente definición: Conjunto de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero que son producidas por efecto directo e indirecto como consecuencia de una actividad (Álvarez et al., 2020).

Un indicador importante del impacto ambiental es el consumo de energía en la fabricación de productos y materiales para la construcción por lo que se promueve el empleo de materiales renovables, reciclables o reciclados, con reducciones en la energía incorporada en procesos que van desde la extracción de la naturaleza, fabricación y puesta a disposición en obra e incorporación final al edificio (Solís-Guzmán et al., 2013). Por ello, la valoración y limitación del consumo energético en los proyectos de edificación se perfila como un elemento indispensable para alcanzar objetivos diferenciadores y cuantificables (Freire & Marrero, 2015).

La energía embebida corresponde al contenido energético de todos los materiales y equipos asociados a los procesos de construcción (Rincón & Medina, 2019), de aquí, que se considere la inclusión de la cantidad de energía necesaria en cualquier componente de las unidades de obra: materiales, mano de obra y maquinaria, pues controlan significativamente la huella ecológica (González et al., 2015) y las emisiones de CO₂ (Solís-Guzmán et al., 2014).

A partir de la Revolución Industrial y la expansión de la agricultura hace dos siglos y especialmente desde la finalización de la segunda guerra mundial, las actividades humanas han generado y puesto en la atmósfera, CO₂, CH₄, N₂O y otros GEI a tasas mayores que las que la biosfera y los océanos pueden asimilar, causando incrementos de las concentraciones atmosféricas de los GEI, a ello se le conoce como calentamiento global (IDEAM et al., 2015).

El Potencial de Calentamiento Global es un factor que describe el impacto de fuerza de radiación de un GEI determinado en relación con su equivalencia en unidades de masa de dióxido de carbono para un periodo determinado, 100 años por lo general (AENOR, 2010; Álvarez et al., 2020).

El proceso de EIA (Environmental Impact Assessment) de Estados Unidos fue creado en 1969 con la aprobación de la Ley Nacional de Política Ambiental (NEPA), que encomendó la evaluación de los resultados ambientales de los proyectos de desarrollo. Este proceso fue rápidamente adoptado por los gobiernos y las legislaturas de todo el mundo (Tullos, 2009; Contreras et al., 2015).

Durante las dos últimas décadas, muchas regulaciones y normas han sido promulgadas para que las empresas y proyectos mejoren el desempeño ambiental de sus productos y actividades (Yu et al., 2014).

Colombia, posee instrumentos importantes como el Sello Ambiental, el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible y la Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y de energía en edificaciones (Rincón & Medina, 2019).

La Tabla 1 expone en una línea de tiempo, la evolución de los conceptos de cambio climático, sostenibilidad, análisis de ciclo de vida, huella de carbono, entre otros, que son necesarios para el entendimiento de esta investigación y del documento.

Tabla 1. Evolución del análisis del ciclo de vida en la construcción.

Año	Acontecimiento
Décadas de 50's	Alertas de cambio climático. Observatorio de Mauna Loa Hawái.
1969	Primeros estudios basados en ACV realizados por el Midwest Research Institute.

Año	Acontecimiento
	<p>Estudio para COCA-COLA sobre la fase de refrigeración del producto en los puntos de venta al cliente.</p> <p>El proceso de EIA de Estados Unidos fue creado en 1969 con la aprobación de la Ley Nacional de Política Ambiental (NEPA).</p> <p>(Contreras, Guarín & Calderón, 2015)</p>
1977	<p>El Departamento de Industria del gobierno británico publicó una guía práctica sobre la aplicación del coste del ciclo de vida en la gestión de su patrimonio inmobiliario (Department of Industry-Committee for Terotechnology, 1977)</p> <p>(García, Armengot & Ramírez; 2015)</p>
1978	<p>El National Bureau of Standards estadounidense editó una guía para la selección de proyectos de ahorro energético en edificios públicos mediante la aplicación de la misma técnica de evaluación de costes.</p> <p>(Ruegg, McConnaughey & Thomas-Sav; 1978) (García, Armengot & Ramírez; 2015)</p>
1979	<p>Primera conferencia mundial sobre el Clima</p>
1987	<p>El National Institute of Standards and Technology (NIST) norteamericano publicó el documento titulado <i>Life-Cycle Costing for the Federal Management Program</i>, actualizado en 1995, que anualmente se complementa mediante la publicación de los índices de precios de la energía y tasas de descuento para la realización del análisis del coste del ciclo de vida.</p> <p>(Fuller & Petersen; 1995) (García, Armengot & Ramírez; 2015)</p>
1988	<p>Creación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático IPCC, mediante la Resol 53/53 del Gobierno de Malta.</p> <p>Conferencia sobre el Cambio Climático en Toronto.</p> <p>(Agudelo, Hernández & Cardona, 2012).</p>
1989	<p>Se empieza a utilizar el concepto de ACV por la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental.</p>
1990	<p>Segunda conferencia mundial sobre el Clima y el Primer Informe de Evaluación del IPCC.</p> <p>Convención sobre Cambio Climático Resol 45/212 Asamblea General de la Naciones Unidas.</p>
1992	<p>Cumbre de la Tierra en Rio de Janeiro.</p> <p>Declaración de Rio de Janeiro.</p> <p>Agenda 21 de desarrollo local Convención sobre la Diversidad Biológica.</p> <p>Creación de la SPOLD (Society For The Promotion of LCA Development) que establece como prioridad el aumento de la disponibilidad de ICV.</p> <p>(Cuevas, 2012; Gallego, 2008)</p>
1993	<p>Se define oficialmente el concepto de ACV: Procedimiento objetivo de evaluación de cargas energéticas y ambientales correspondientes a un proceso o a una actividad, que se efectúa identificando los materiales y la energía utilizada y los vertidos al entorno. La Evaluación se realiza sobre el ciclo de vida completo del proceso o actividad, incluyendo la extracción y tratamiento</p>

Año	Acontecimiento
	de la materia prima, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso, el reciclado, la reutilización y la disposición final. SECTAC formuló el primer código internacional: Código de Prácticas Para el ACV con el fin de homogeneizar los estudios realizados para que siguieran una misma metodología (Cuevas, 2012; Romero, 2003).
1997	Conferencia de las partes 3 Aprobación del protocolo de Kioto. La Norma ISO 14040 define ACV como: recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de su ciclo de vida. Primeros trabajos y talleres de ACV dictados por la Universidad de los Andes y la Universidad Pontificia Bolivariana cuando ICONTEC crea Comité Técnico de Normatización Espejos del ISO-TC 207 para discutir y homologar a normas nacionales las series ISO 14000 e ISO 14040. (Cuevas, 2012).
2000	The Millennium Ecosystem Assessment Panel (MA). Analizar científicamente las consecuencias de cambios en los ecosistemas con relación al bienestar humano. (Rodríguez & Fernández, 2010)
2001	Proyecto EuroLifeForm destinado al desarrollo de un «Método probabilístico para la predicción del coste del ciclo de vida y las prestaciones de los edificios y las infraestructuras civiles (Kirkham, Pimenta da Silva, Grindley, Brondsted, 2004; García, Armengot & Ramírez, 2015).
2003	Informe Final del Grupo de Trabajo TG4 de la Comisión Europea relativo a los costes del ciclo de vida en la construcción. Entre las recomendaciones del informe figura la adopción de una metodología común para la aplicación del CCV en la Unión Europea, así como la impulsión de la creación de bases de datos de referencia y, en especial, la incorporación del CCV al sistema de contratación pública (Task Group 4, 2003; García, Armengot & Ramírez, 2015).
2005	A partir del 2005 se propone la reducción del 5,2% de emisiones de GEI con respecto a las emisiones que se habían generado en 1990.
2007	Se publicó un informe realizado por la consultora Davis Langdon por encargo de la Comisión Europea, destinado a la búsqueda de las posibilidades de desarrollo de una metodología común para la aplicación del análisis CCV en los países miembros (Davis Langdon Management Consulting, 2007; García, Armengot & Ramírez, 2015).
2008	Primera edición de la Norma ISO 15686-5: Edificaciones y bienes inmuebles construidos – Planificación de la vida útil. Parte 5: Coste del ciclo de vida. (ISO; 2008) (García, Armengot & Ramírez; 2015).
2009	Primera especialización en construcción sostenible Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia (Agudelo, Hernández & Cardona, 2012).
2012	Cumbre de la Tierra de Rio Ausencia de Alemania, USA y Reino Unido.

Año	Acontecimiento
	Actividades de educación, consultoría e investigación en las Universidades de Los Andes, ICESI y Escuela Colombiana de Ingeniería por medio del Software SIMAPRO (Cuevas, 2012; Universidad ICESI, s.f).
2015	La Norma ISO 14001 Sistema de Gestión Ambiental incorpora el concepto de ACV para organizaciones. En diciembre de 2015, el Acuerdo de París reunió a "todas las naciones en una causa común para emprender esfuerzos ambiciosos para combatir el cambio climático" y exigió a todas las Partes que presentaran sus mejores esfuerzos a través de "contribuciones determinadas a nivel nacional" (IPCC, 2019).

Fuente: Elaboración propia

2.2. Antecedentes mundiales

En el ámbito internacional se han realizado suficientes estudios que definen la importancia del uso del Análisis de Ciclo de Vida de los materiales para cuantificar indicadores de impacto ambiental, una muestra geográfica de estos análisis se aprecia en la Figura 2.



Figura 2: Representatividad países que emplean ACV en la construcción (Cuevas 2012).

A continuación, se ilustran algunos de ellos.

2.2.1. Caso de estudio en Concepción Chile

Muñoz & Quiroz, (2014) , investigan un caso estudio planta productora de hormigón en la Región del Bío Bío, Chile, con el objeto de determinar la energía contenida y la huella de carbono asociadas al proceso de fabricación de hormigones, en una planta premezcladora en la región del Bío Bío, Chile, a través de un Análisis de Ciclo de Vida simplificado.

Para la determinación de la energía contenida y la huella de carbono asociada al proceso de fabricación de hormigones en una planta premezcladora, se escogió, como herramienta de gestión ambiental, el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), de acuerdo con los principios normativos establecidos en la ISO 14.040 – 2006 (Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework), Figura 3; como asimismo, en la “Especificación para la evaluación del ciclo de vida de las emisiones de gases de efecto invernadero de productos y servicios PAS 2050” (Muñoz & Quiroz, 2014).

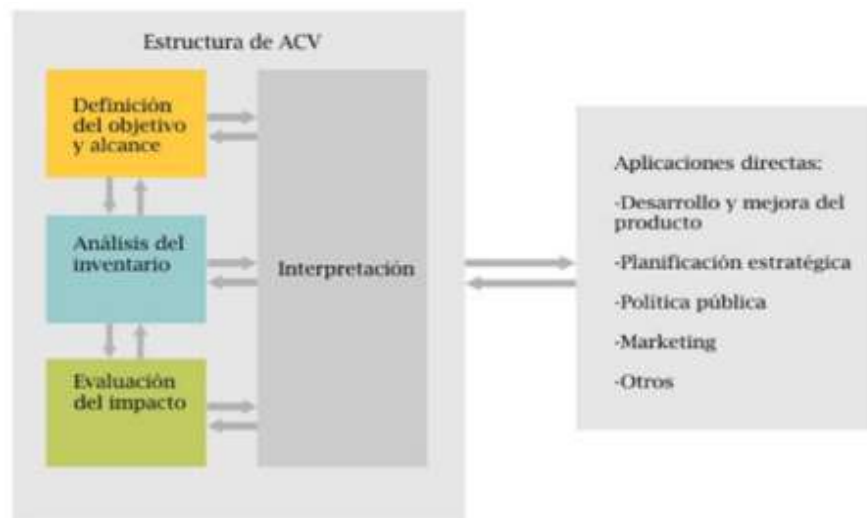


Figura 3: Estructura ACV ISO-14040-2006 (Muñoz & Quiroz 2014)

Los aspectos ambientales del ciclo de vida de un hormigón premezclado se asocian principalmente a una alta demanda de materias primas naturales (agregados pétreos, agua), así como materias primas procesadas (cemento, aditivos), junto con un alto consumo energético, utilizado tanto en el proceso de producción como en el de transporte a la obra (Muñoz & Quiroz, 2014).

Para el estudio fueron contemplados los consumos de energías utilizadas en el proceso de fabricación del hormigón premezclado, esto es, máquinas y equipos, plantas dosificadoras, cargadores frontales, camiones mixer y transporte de materias primas.

Se exceptuaron aquellos procesos en donde el empleo del recurso energético era inferior al 5% del total del flujo final del proceso, de acuerdo con los principios normativos que rigieron la investigación (Muñoz & Quiroz, 2014).

En la realización del ICV (Inventario del Ciclo de Vida), fueron analizados los aspectos ambientales presentes en cada proceso unitario, desde el punto de vista de las categorías de impacto asociadas al consumo energético y a las emisiones de CO₂.

Para el ICV analizado, los resultados revelaron un consumo anual de energía eléctrica de 19,2x10³kWh, como promedio anual. (Muñoz & Quiroz, 2014).

Para el cálculo de la huella de carbono el procedimiento contempló las energías aportadas en cada subproceso y los factores de emisión de los combustibles y fuentes de energía utilizadas (diésel y energía eléctrica respectivamente) en cada proceso, de forma mensual y anual (Muñoz & Quiroz, 2014).

A partir de los resultados se pudo inferir que, para un consumo energético de 37.248.527 MJ y considerando un volumen promedio de producción anual del orden de 108.848 m³, el valor de la energía contenida anual –en cuanto primera aproximación-, alcanzaría a 342, 2 MJ/m³, con una huella de carbono de 26 kgCO₂/m³ producido (Muñoz & Quiroz, 2014).

Los resultados fueron sensibilizados considerando los poderes caloríficos inferior y superior del petróleo, presentes en el inventario de ciclo de vida estudiado, principalmente para las actividades de transporte indirecto y directo, y excluyendo la etapa de dosificación, debido a que esta sólo muestra consumo de electricidad (Muñoz & Quiroz, 2014).

El ICV del proceso productivo del hormigón premezclado estudiado permitió establecer cuáles son los procesos unitarios que generan los mayores consumos energéticos. Así concluyeron que, es el transporte indirecto de materias primas el que aporta un 51,5% del consumo total de energía, a diferencia de los consumos internos de transporte directo y

proceso de dosificación y cargue de la planta hormigonera, los que, combinados, representan un 48,6% del consumo total de energía.

Las mayores emisiones de CO₂ del sistema estudiado están vinculadas al transporte de agregados gruesos: gravilla, que representa un 28,7% del total de las emisiones anuales, y grava, que lo hace con un 16,9%. Por consiguiente, se concluyó que tanto la energía contenida como las emisiones de dióxido de carbono asociadas al transporte indirecto de estos dos materiales, fueron de mayor incidencia en todo el estudio (Muñoz & Quiroz, 2014).

El hormigón es cuantitativamente el material más empleado en la construcción, la eliminación de los impactos producidos durante su ejecución y la reducción de los residuos derivados de ésta, son especialmente importantes. El empleo de piezas prefabricadas, además de reducir los costos de material, mano de obra y transporte, reduce ostensiblemente el impacto ambiental derivado del material residual y su tratamiento, esta reducción está cuantificada por algunos investigadores en más del 12 % (López-Mesa et al., 2009).

Considerando el importantísimo volumen de producción de hormigón a nivel mundial se puede tomar conciencia del interés cuantitativo por la recuperación del material residual inutilizado, así como de las aguas empleadas en el tratamiento de dicho residuo (Flores-Alés et al., 2015).

2.2.2. Caso de estudio en Andalucía España

Freire & Marrero (2015), vinculan al concepto de coste las bases de precios como el vehículo ideal para cuantificar no sólo el valor económico sino ambiental, debido a su descomposición y jerarquía de precios, lo que posibilita introducir un proceso estandarizado.

Ellos, determinan la inclusión de la cantidad de energía necesaria en cualquier componente de las unidades de obra: materiales, mano de obra y maquinaria, pues controlan significativamente la huella ecológica (Solís-Guzmán et al., 2013, y González et al., 2015) y las emisiones de CO₂ (Solís-Guzmán et al., 2014).

La estructura de costes está creada en virtud de una jerarquía de precios que, partiendo desde el nivel inferior con los Precios de Suministro (PSU), conectan directamente al

mercado. Va creciendo mediante unión de los precios inferiores para conformar otros más complejos.

Existen tres grandes grupos que, ordenados de menor a mayor, son:

Precios básicos (PB) distribuidos principalmente según tres naturalezas: maquinaria, mano de obra y materiales.

Precios auxiliares (PA) formados por la unión de PB con las cantidades adecuadas.

Precios Unitarios Simples (PUS) formados por la unión de PB exclusivamente o en combinación con PA.

El consumo energético en los procesos de los productos de consumo o, en términos medioambientales, su energía incorporada, se enfoca a través del ACV, que es la energía que se necesitó en los distintos procesos desde la extracción de las materias primas, manufactura, transporte y la parte proporcional de los equipos y maquinaria necesarios para todos esos procesos (Woolley et al., 2005).

Para la obtención de la energía incorporada por los productos de construcción de la cuna al sitio, existen varias bases de datos de ACV y softwares (Mercader et al., 2010). La unidad de medida común de la cuantificación energética es el MJ/kg de producto, por eso se convierten todas las unidades de productos a kg (Freire & Marrero, 2015).

De forma innovadora se incorporan al análisis los costes indirectos, tomando como referencia la BCCA (Base de Costes de la Construcción de Andalucía) y sus códigos. Cada concepto se transforma en datos útiles para calcular la energía, horas anuales efectivas de trabajadores, consumo de combustible de la maquinaria, agua y electricidad en las casetas de obra, entre otros (Freire & Marrero, 2015).

El coste energético del proyecto corresponde al sumatorio de las cantidades de energía de cada uno de sus PU multiplicados por su correspondiente medición (Q) en las unidades correspondientes (UD). La mano de obra representa el 8,05% del consumo y los costes indirectos un 12,38% (Freire & Marrero, 2015).

Se comprobó que es posible la evaluación del impacto ambiental de los proyectos de edificación a través de su presupuesto.

Las limitaciones principales del método propuesto son dos. En primer lugar, que no sustituye un análisis del ciclo de vida del edificio, ya que no sigue las mismas hipótesis de partida, sino que transforma el presupuesto económico en uno que incorpora aspectos ecológicos y, en segundo lugar, que no incluye otros aspectos también importantes como la huella hídrica, huella de carbono o huella ecológica (Freire & Marrero, 2015).

2.2.3. Caso de estudio en Costa Rica

Solano & Ortiz, (2016), plantean un estudio de caso cuyo objetivo fue realizar el análisis de ciclo de vida parcial de un módulo habitacional llamado Tropika y determinar el impacto potencial sobre el calentamiento global de los procesos de adquisición de materiales, construcción de obra y distribución, generación de desechos y su correspondiente traslado al relleno sanitario.

Cuando el interés es conocer la huella de carbono generada por la construcción de una edificación, pensándose esta como un producto final que se entrega a un cliente determinado, se deben utilizar las metodologías relacionadas con productos (Solano & Ortiz, 2016).

Se analizaron tres metodologías con el fin de determinar cuál de ellas se puede adaptar a actividades de construcción en Costa Rica, y poder calcular un factor de emisión en $\text{kg CO}_{2\text{eq}}$ por m^2 de construcción, es decir, la huella de carbono incorporada en una edificación.

Las metodologías identificadas fueron:

PAS 2050:2011 es de acceso público. Esta metodología busca una mejor comprensión de las emisiones derivadas de las cadenas de suministros. Su objetivo principal es proporcionar una base común para cuantificar, informar y desarrollar programas significativos de reducción de emisiones (BSI, 2011).

GHG Protocol. Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard también es de acceso público. Su misión es desarrollar estándares o herramientas aceptadas internacionalmente para contabilizar y reportar emisiones de GEI que permitan alcanzar una

economía mundial baja en emisiones (Greenhouse Gas Protocol, 2011). Se fundamenta en el enfoque de ciclo de vida, serie ISO 14040 (Chomkhamsri & Nathan, 2011). Permite centrar esfuerzos en las mayores oportunidades de reducción y responder con información ambientalmente acertada (Lemainang & Wilmotte, 2013).

La **metodología ISO/TS 14067:2013** no es de acceso público. Detalla los principios, requisitos y lineamientos para la cuantificación y comunicación de la huella de carbono de productos, en su ciclo de vida completo o parcial. Se basa en estándares ISO establecidos para el ACV (ISO 14040 y 14044), para etiquetado y declaración ambiental (ISO 14020, 14024 y 1025). La compensación de emisiones está afuera del alcance de esta metodología (ISO, 2013).

La metodología ISO/TS 14067:2013 es la mejor para su adaptación al contexto nacional pues obtuvo 45 puntos de un máximo de 50, seguida por la GHG Protocol, con 37 puntos (Solano & Ortiz, 2016).

El análisis de metodologías internacionales permitió seleccionar la ISO/TS 14067:2013 Carbon Footprint of products - Requirements and guidelines for quantification and communication. Esta fue implementada de manera adecuada en el análisis de huella de carbono del módulo habitacional Tropika desde un enfoque de ACV parcial.

La ISO/TS 14067:2013 tiene como debilidades que no ofrece guías adicionales para el desarrollo de inventarios y no establece claramente el nivel de significancia. Como fortaleza está que las normas internacionales ISO buscan promover la armonización entre normativas y estándares y son reconocidas y utilizadas ampliamente a nivel internacional y nacional. Lo anterior permite la credibilidad y aplicabilidad en el sector de la construcción costarricense (Solano & Ortiz, 2016).

Los factores de emisión utilizados se obtuvieron en primera instancia de datos nacionales; en segundo lugar, se utilizaron fuentes secundarias como referencias bibliográficas y bases de datos internacionales (benchmarking) como Inventory of Carbon and Energy (ICE) Versión 2.0, de Bath University (Solano & Ortiz, 2016).

Se ingresaron los datos constructivos de Tropika en dos calculadoras libres: Build Carbon Neutral y Carbon Calculator, las cuales tienen un nivel de precisión de (+-) 25%. El resultado fue de 246 kg CO_{2eq} por m² y de 290 kg CO_{2eq} por m² de construcción, respectivamente (Solano & Ortiz, 2016).

En cuanto a la implementación de la metodología para la cuantificación de la huella de carbono, se recomienda gestionar y promover en las universidades y entes nacionales relacionados con el sector construcción el análisis y la aplicación de herramientas sistemáticas y procedimientos adecuados, como la especificación técnica internacional ISO/TS 14067:2013 Carbon Footprint of products - Requirements and guidelines for quantification and communication. Todo ello con el fin de impulsar el avance del sector construcción hacia el desarrollo de proyectos sustentables bajos en huella de carbono, con enfoque de ciclo de vida y generar datos nacionales comparables entre sí (Solano & Ortiz, 2016).

2.2.4. Caso de estudio en Écija España

Freire, Marrero & Muñoz (2016), siguiendo estudios previos (Freire & Marrero, 2015), donde se establecen las características de los diferentes sistemas de clasificación de la información de construcción (SCIC) y bases de costes de la construcción (BCC), optaron por desarrollar, como modelo de base de costes ambiental, la base de costes de construcción de Andalucía (BCCA), a la que le incorporan la HE y la HC, permitiendo su aplicación en cualquier ámbito de la edificación (urbanización, rehabilitación, nueva construcción, etc.) y cualquier tipología de viviendas (plurifamiliares, unifamiliares aisladas o adosadas).

En la Figura 4 se representa el esquema general de la metodología a desarrollar, con los diferentes conceptos que forman parte de la HE clasificados en varios niveles (fuentes de impacto y huellas) (Freire et al., 2016).

El mismo esquema es válido para el cálculo de la HC, a excepción de que en este caso solo se evalúa la HE.

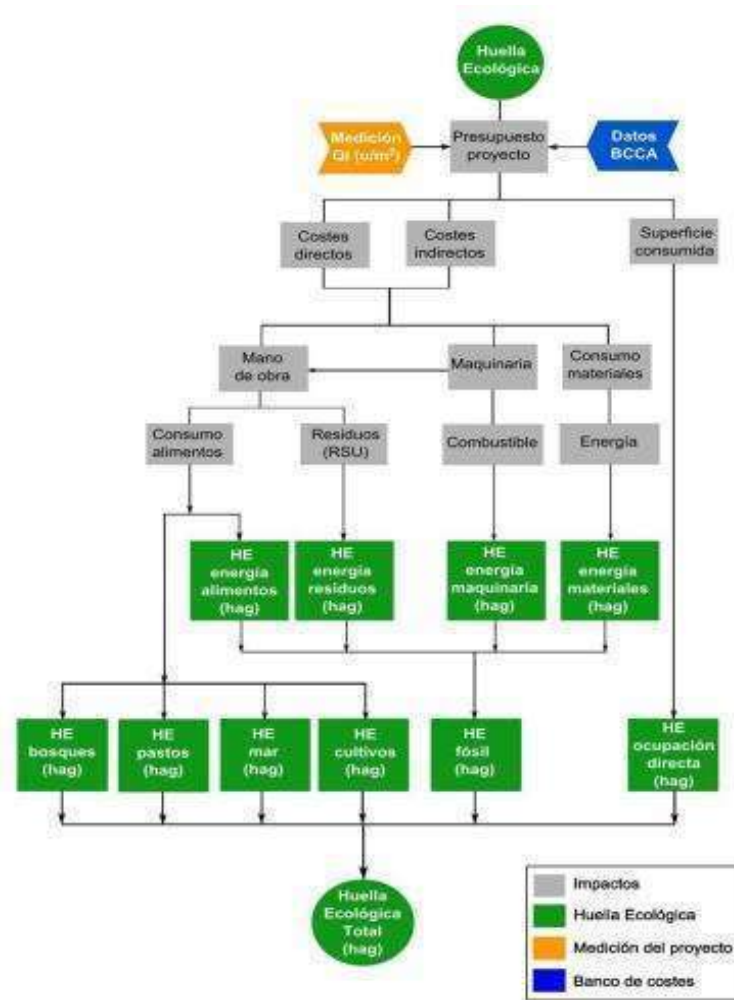


Figura 4: Metodología para el cálculo de HE (Freire, Marrero & Muñoz, 2016)

En el cálculo de la huella de la maquinaria Freire et al., (2016), analizan las huellas provocadas por la utilización de maquinaria, concretamente por su consumo de energía (tanto consumo de combustible como energía eléctrica), vinculándola con la potencia de su motor.

En la mano de obra, se analizan los impactos generados por los trabajadores: consumo de alimentos y la generación de residuos sólidos urbanos (RSU).

Los autores emplearon la metodología propuesta por Solís-Guzmán (2011), en la cual dentro de la HE son incluidas las huellas producidas por la comida de los trabajadores de la construcción, debido, a que esta actividad se lleva a cabo en el lugar de trabajo.

Los autores incluyeron también la huella ecológica derivada de la generación de residuos, para tal fin siguieron un camino parecido al de la alimentación, ya que se utiliza un coeficiente que indica la generación media de RSU por trabajador (EUROSTAT, 2015) para obtener las toneladas totales de residuos producidos, frente al cálculo por naturaleza de los distintos RSU, obtenido de otros modelos ya publicados (González et al., 2015).

Para calcular la huella producida por los materiales, se tiene en cuenta la energía que se necesita durante el ciclo de vida de la cuna a la puerta, lo que permite obtener las emisiones de cada material producidas durante su fabricación.

En el caso de los materiales, las emisiones producidas durante la fabricación de las materias primas en productos de construcción se contabilizan en hectáreas, a diferencia de otras metodologías en las que se calculaba la energía y se le aplicaba un factor de emisiones medio (González et al., 2015).

El primer paso que hay que realizar para poder obtener la HE de cada elemento consiste en efectuar una conversión de la unidad de medida de origen de cada precio básico (metros, metros cuadrados, metros cúbicos, toneladas, millares) a metros cúbicos, de modo que se pueda emplear la densidad establecida en los documentos de apoyo utilizados (Freire et al., 2016).

Una vez obtenido el peso, se acudió a las bases de datos de análisis de ciclo de vida (ACV), las cuales definen las emisiones que contiene cada kilogramo de material, con lo que se obtiene la HC.

Siguiendo el enfoque de Freire Guerrero & Marrero (2015a) para el cálculo de la energía incorporada en los costes indirectos (elementos que no pueden imputarse a una actividad única dentro de la obra), se debe realizar un estudio de los costes indirectos atribuibles a cualquier proyecto de edificación, tomando como referencia la BCCA y recogiendo todos los elementos que conforman este grupo.

Para la estimación de la HE de la superficie consumida se tiene en cuenta el suelo que se ocupa directamente, ya que será biológicamente improductivo desde el momento en que sea urbanizado. No se aplica ningún factor de conversión, ya que se trata de unidades de

superficie (ha), pero sí se aplica el factor de equivalencia correspondiente al territorio donde se actúa (Freire et al., 2016).

Tras aplicar la metodología al caso práctico, se obtiene una HE total de 19.927,08 hag del proyecto, que al calcularse considerando la superficie de actuación del proyecto deviene en 321,14 hag/ha; huella similar a la de la construcción de viviendas evaluada por otros autores (Solís-Guzmán, 2011; González et al., 2015).

De este modo, se facilita la opción de tomar decisiones en fase de proyecto, que tendrán como resultado la mejora de la “calificación ambiental” de la actividad.

También se comprobó que es posible la incorporación de los indicadores HC y HE en el sistema de clasificación sistemática de los bancos de costes de construcción, manteniendo su misma organización. Simplemente, se añaden otros elementos diferenciadores de cada componente del presupuesto (precio básico) que pueda servir para su futura elección a la hora de incorporarlo en el desarrollo de un proyecto, no siempre basada en el aspecto económico (Freire et al., 2016).

2.2.5. Caso de estudio en Madrid España para una vivienda de emergencia

Ros García & Sanglier Contreras (2017), realizan el análisis del ciclo de vida de una unidad prototipo de vivienda de emergencia. La investigación hace el ACV de los materiales que mayor aportan a los impactos ambientales producidos por el producto final que es una UVEM (Unidad de Vivienda de Emergencia Militar). Define la metodología para la estimación de carga ecológica del producto. Utiliza la base de datos de Ecoinvent V3 y para su análisis utiliza el software SIMAPRO V.8.

Se pudo concluir que la mayor carga ambiental es aportada generalmente en la categoría intermedia del agotamiento de los combustibles fósiles, excepto para las partes del soporte inferior y del suelo que lo hacen en la categoría del agotamiento de los recursos minerales. Para la formación del material particulado la contribución a la carga se encuentra entre un 5 y 10 %, para la categoría del cambio climático en el ecosistema entre un 11 y 21% y es mínima para el resto de las categorías intermedias, como la toxicidad humana y el cambio climático en el ecosistema, entre el 1 y 2 % (García & Contreras, 2017).

2.2.6. Caso de estudio en Sevilla España para un edificio de 10 pisos

González-Vallejo (2018), en su trabajo acerca de una herramienta para la predicción de costes económicos y ambientales en el ciclo de vida de edificios residenciales en la fase de construcción, muestra la arquitectura de un aplicativo de gestión que permite calcular la HE y así dar bases para establecer estrategias de mejoras ambientales en la construcción.

González utiliza diferentes investigaciones para referenciar los avances y los aportes que fueron necesarios para llegar al diseño de la herramienta.

Partiendo del presupuesto del caso de estudio y de la metodología del indicador HE, se estiman los impactos económicos y ambientales, y se infiere que la herramienta es muy pertinente para su empleo en la fase de diseño de edificios. Se considera que es un instrumento imprescindible en la toma de decisiones a la hora de elaborar un proyecto desde la fase de diseño, ya que permite estudiar diferentes alternativas de recursos y sistemas constructivos, desde el punto de vista económico y ambiental (González-Vallejo, 2018).

Con respecto a las debilidades, se plantea la dificultad de acceso a alguna de la información específica del indicador HE, como los datos de consumos, o emisiones específicas de los recursos de materiales, energía o agua, para el sector constructivo de cada país (González-Vallejo, 2018).

2.2.7. Caso de estudio en Andalucía España bajo BIM

Mercader, Camporeale , & Cózar-Cózar (2019), realizaron la evaluación de impacto ambiental mediante la introducción de indicadores a un modelo BIM de vivienda social. Los autores mediante un estudio de caso demuestran la importancia de la utilización de herramientas de cálculo de indicadores ambientales en las herramientas de diseños habituales en los oficios de ingeniería y construcción.

Como los materiales de construcción se pueden medir en m³, kg, ton o m², entre otros, la *Energía Embebida* debe convertirse a la unidad objetivo correspondiente (MJ/TU).

El marco desarrollado en este estudio permite incorporar indicadores ambientales en los modelos BIM (Building Information Modeling) para cuantificación EE (Energía Embebida), CE (Emisiones de Carbono), RSU (Residuos Sólidos Urbanos) y RCD (Residuos

de Construcción y Demolición), siguiendo la estructura de desglose de la base de datos de precios de construcción (Mercader et al., 2019).

El diseñador puede evaluar diferentes soluciones formales y técnicas cuando las decisiones impactan más en el ACV.

Los principales hallazgos de esta investigación son:

- El desarrollo de indicadores; lo que constituye una piedra angular de evaluación cuantitativa.
- La metodología; que considera las necesidades del diseñador desde una perspectiva holística que fomenta la inclusión de criterios ambientales desde las primeras etapas de diseño al simplificar el proceso de introducción de indicadores.
- El cálculo del desempeño ambiental junto con el diseño arquitectónico; al reflejar todo cambio en un flujo de trabajo continuo que retroalimenta el proceso en tiempo real.

2.3. Antecedentes nacionales

A nivel nacional, en Colombia, Cuevas (2012), levanta el estado del arte sobre el análisis del ciclo de vida en la construcción de vivienda en Colombia. En el país, no se contaba con una recopilación de información catalogada respecto a los estudios sobre ACV que sirviera como punto de partida para trazar la directriz de uso de esta metodología en el país de acuerdo con las condiciones sociales, económicas, técnicas, geográficas, y culturales del mismo.

Se observa que alrededor del mundo se está haciendo esfuerzos por medir impactos a lo largo del ciclo de vida en diferentes actividades y en distintos aspectos. Sin embargo, existe un gran vacío en Colombia respecto al ACV en la construcción, de manera que, aunque internacionalmente se ha avanzado en estos estudios, son pocos los ejemplos y desarrollos metodológicos en cuanto a ACV de vivienda en el país, que hasta el 2012 solo contaba con dos estudios realizados por Ortiz en el que compara primero, el consumo energético y el impacto ambiental entre una vivienda colombiana y una española, y en el mismo escenario,

realiza una evaluación de la energía operacional y las fuentes de energía usadas en cada una de las viviendas (Cuevas, 2012).

La Universidad de los Andes en Bogotá y la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) en Medellín, fueron las instituciones que impulsaron el conocimiento y la utilización del ACV. Los primeros trabajos y talleres sobre ACV surgieron a partir de 1997 cuando se crearon, en el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), los Comités Técnicos de Normalización de Espejos del ISO / TC-207 para discutir y homologar a normas nacionales la serie de estándares internacionales de la familia ISO 14000, entre ellas la serie ISO 14040 sobre ACV (Cuevas, 2012).

En el 2010 se da comienzo a la formulación del Sello Ambiental Colombiano para Edificaciones Sostenibles (SAC-ES), liderada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (que para el 2012 se encontraba dividido en Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio) junto con el ICONTEC para considerar temas como los impactos ambientales, durante la construcción, y riesgos, ahorro y uso eficiente del agua entre otros (Cuevas, 2012).

Acevedo, Vásquez, & Ramírez, (2012), hacen una reseña histórica sobre la sostenibilidad en el sector de la construcción. Muestran los avances en los conceptos y en la implementación a nivel internacional, nacional y regional.

Se hace una revisión de documentos y normativas del tema a nivel nacional e internacional que permiten definir una línea de tiempo en la evolución del concepto y en la implementación de estrategias con fines ambientales. Se realiza una encuesta con la intención de determinar el grado de conocimiento de los trabajadores del sector sobre temas de sostenibilidad y se analizan los resultados.

Concluyen con la necesidad de innovar en la manera en que el ser humano construye, de tal manera que se creen dinámicas y procesos, que permitan la continuación de la práctica constructiva, pero con un enfoque que considere su papel en la preservación del ambiente.

CEPAL (2013), expone las afectaciones producidas por el cambio climático en el país, detallando los sectores de mayor impacto y las regiones con mayor vulnerabilidad.

Este estudio encontró que existe información que permite proyectar las emisiones de GEI agregada y en distintos sectores, con excepción de las emisiones por cambio en el uso del suelo y forestería.

El INVEMAR (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés) recomienda que la estrategia de mitigación nacional se concentre en la implementación efectiva de acciones de mitigación mediante la incorporación de la variable de carbono a la planificación y los programas de desarrollo a los sectores con mayor impacto.

Contreras, González & Barbosa (2015), efectuaron un estudio en el que se desarrolla una revisión sistemática para el establecimiento de un marco teórico de referencia que permite evidenciar el estado actual de la literatura sobre la temática.

Las metodologías de evaluación ambiental pueden tener enfoques de tipo cualitativo o cuantitativo. El enfoque cualitativo confía plenamente en las decisiones de los expertos, como ejemplo; en la determinación de la probabilidad de la ocurrencia de un evento. Entre tanto el enfoque cuantitativo se basa totalmente en métodos matemáticos, donde las relaciones entre los elementos se expresan a través de variables y parámetros. Por consiguiente, se requiere la comparación y el contraste de los dos tipos de enfoques (Nouri et al., 2009).

Se concluye que, los países en desarrollo tienen solo un número limitado de sistemas de evaluación ambiental en pleno funcionamiento, por esto que se asegura que la única área de la toma de decisiones donde la evaluación de impacto ambiental juega un papel consistente es en el establecimiento de condiciones de permisos de planificación.

González, Pérez & Galeano (2019), realizan un análisis del ciclo de vida de un edificio residencial en Colombia en la ciudad de Bogotá, mediante el método de evaluación CML-2015 y la utilización del software OpenLCA. La investigación consistió en un caso de estudio que documenta el ACV de un edificio en Bogotá D. C., en Colombia, siguiendo las directrices de la ISO 14040 (análisis del ciclo de vida, principios y marco de referencia). La información primaria, es decir, materiales, cantidades, equipos, tiempos de uso y consumos de energía, se recolectaron y evaluaron directamente en la construcción durante un periodo

de seis meses. Para las etapas posteriores a la construcción se utilizaron fuentes secundarias como consumos específicos de empresas que ofrecen servicios públicos en Colombia como la Empresas Públicas de Medellín EPM, y una revisión del manejo de residuos en Bogotá, D. C. Para la información de impactos que se generan en la producción de cada material empleado en la construcción, la fuente de datos fue la base de datos Ecoinvent 3.35., con la que se ajustó la cadena de suministro de todos los insumos seleccionados, considerando la ubicación de la construcción, los medios de transporte y las distancias recorridas, para aumentar la confiabilidad.

En la fase de construcción se consideraron las cantidades de materiales empleados, equipos y el consumo de energía asociado la distribución de estos materiales desde el lugar de producción hasta el sitio de construcción de los edificios.

En la fase de uso se estimaron todas las actividades relacionadas con el uso de una vivienda, como el consumo de agua, la electricidad y el gas natural.

En la fase de fin de vida se consideraron tres opciones para la eliminación del material de construcción: reciclaje directo, reciclado parcial después de la clasificación y eliminación sin reciclado.

A partir del ACV se obtuvieron los impactos generados por el edificio.

Entre los impactos presentados está el AD (agotamiento de recursos abióticos) con $1,85E+07$ MJ ($3,52E+04$ MJ m⁻²) con mayor presencia en la fase de uso.

Este estudio y otros ACV en construcciones coinciden, además, en que potencial de calentamiento global es uno de los impactos más significativos, siendo la construcción la responsable entre 20-28%, la fase de uso entre 70-92 %, y la fase de fin de vida entre 0-9 %. Es decir, que, en la fase de uso, es en la que más se presenta, se debe trabajar en buscar estrategias para disminuir las emisiones que genera el consumo energético, como fuentes de energía renovables y también evitar el desperdicio de energía (González et al., 2019).

Particularmente para el caso colombiano hay un estudio desarrollado por Ortiz-Rodríguez, Castells & Sonnemann (2010), donde se compara el ACV de una casa ubicada en el municipio de Pamplona (Colombia) con respecto a una casa en Barcelona (España), en

donde se encontró que el mayor impacto ambiental se da en la etapa del uso de la vivienda para ambos casos, pero es mayor en Barcelona por la demanda energética en periodos de invierno y verano, es decir por las particularidades de su condición geográfica.

Estos resultados muestran la utilidad que puede tener un ACV en la implementación de nuevos materiales y en mejorar en los procesos de producción y construcción.

Rincon Gwyneth & Medina Barrera (2019), realizan el análisis de la construcción sostenible frente a la construcción convencional desde el punto de vista de costos y beneficios: Caso refugio Toibita, Paipa – Boyacá, en el que hacen una comparación de dos sistemas constructivos de vivienda mediante la evaluación de sus impactos, teniendo en cuenta la triple restricción que mantiene el concepto de sostenibilidad (Ambiente-Costo-Sociedad).

Para realizar el análisis energético de las construcciones se tiene en cuenta dos etapas de subdivisión del ciclo de vida: construcción, el cual incluye la fabricación y el transporte, hasta el lugar de ejecución, así como los diferentes procesos constructivos; y operación, considerado en esta etapa los procesos del uso diario del producto analizado, entre ellos el consumo energético asociado al mantenimiento, consumo de agua, producción de residuos y demanda eléctrica de instalaciones (Gwyneth & Barrera, 2019).

Se concluye que, es necesario que los procesos de construcción implementen los principios de gestión ambiental, tomada como una necesidad y una estrategia para la sostenibilidad de la economía de un país.

Gómez (2019), realiza una revisión de metodologías de estimación de calentamiento global a partir del indicador de dióxido de carbono (CO_2); son exploradas dos formas de estimar las emisiones en la construcción de vivienda, la primera determinística y la segunda probabilística; y a partir de las emisiones de CO_2 es planteada una estrategia de cálculo de impacto ambiental y transformada en costos directos.

La metodología empleada para estimar la generación de CO_2 , en este trabajo, se fundamenta en el protocolo propuesto por Ger Maas Royal et al. (2012) y se resume en los siguientes pasos:

i) Identificación de las actividades y materiales que mayor contribución en peso tienen en la obra.

ii) Definición de componentes en los que se genera y se puede calcular la huella (extracción, manufactura y producción de materiales; transporte; y construcción).

iii) Unificación de las unidades para el cálculo (transformación de volúmenes en peso y similares).

iv) Asignación de un factor de emisión a partir de la revisión de literatura; y v) el cálculo de la huella de carbono.

Metodológicamente en este trabajo se analizó la generación de gases de efecto invernadero (CO₂) en las tres primeras actividades, que comprenden la generación en la extracción, la actividad de construcción como tal y el transporte de los materiales hasta el sitio de obra.

Se hizo un estudio específico de los materiales que componen cada actividad de obra para analizar la generación de RCD de cada uno de estos mediante los métodos de cuantificación de GEI, tomando como punto de análisis la huella de carbono y los pasivos ambientales que implica la extracción, producción y empleo de dichos materiales.

Los resultados de los análisis de cuantificación son muy similares, pues en el análisis determinístico los resultados en kg CO₂eq /m² fueron de 648 teniendo como principal generador de emisiones la actividad de estructura, mientras que para el probabilístico el resultado fue de 681 kg CO₂eq /m², utilizando el método Primer Orden Segundo Momento (FOSM), que permitió identificar que el concreto genera la mayor contribución a la varianza y es este material el que controla la emisión de la edificación (Gómez, 2019).

3. METODOLOGÍA

La metodología que se adopta simplifica los métodos analizados en la revisión bibliográfica y está encaminada al cumplimiento de los objetivos propuestos, atendiendo además los imprevistos en las variables que aparecen en la complejidad del cálculo de la huella ecológica. Se aborda el marco teórico necesario para obtener el resultado de la investigación, para luego, mediante el estudio de caso, afrontar la práctica ejemplificando el cálculo de cada variable mostrada en el esquema general del cálculo de huella ecológica adoptado de las tesis de Solís 2010; Freire 2017; Rivera 2017 & González 2017.

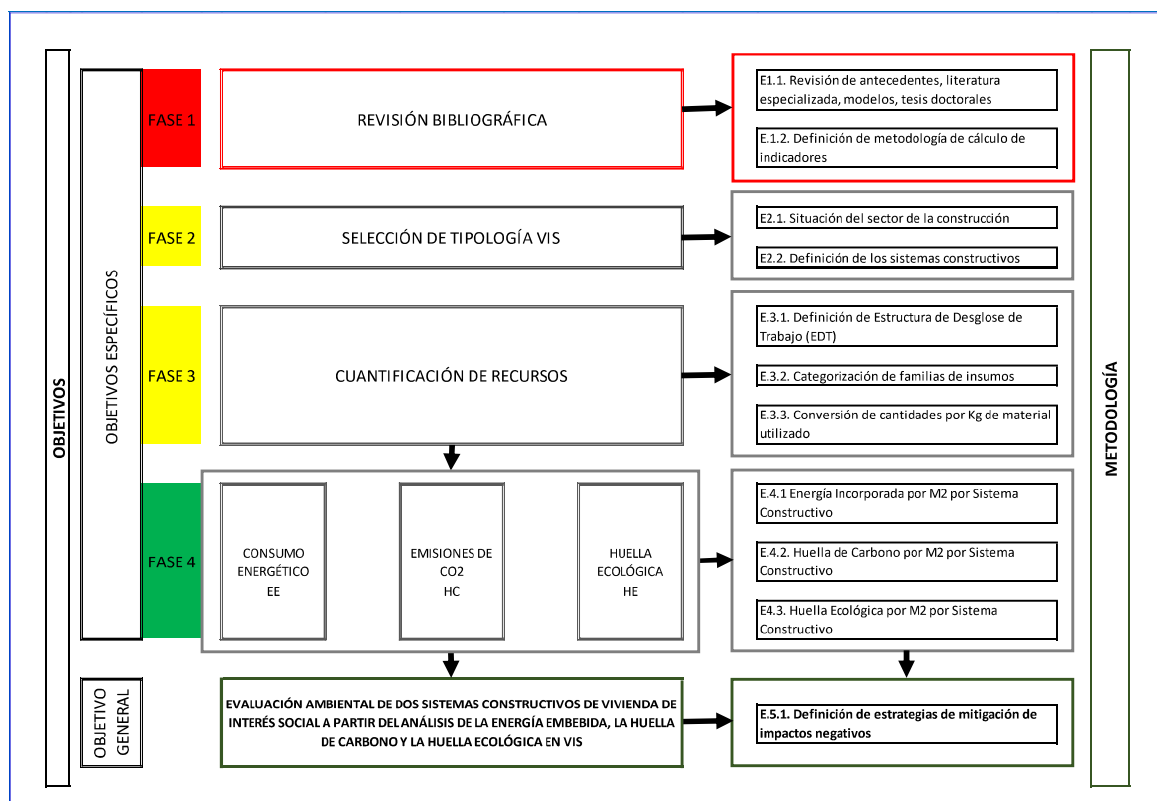


Figura 5: Metodología de investigación adaptación de (Maestre-García, 2016)

3.1. Descripción

La metodología de investigación representada en la Figura 5 define los pasos requeridos y permite el alcance del objetivo general del trabajo. Se definen 3 momentos

(Investigación, Estudio de caso y Análisis de resultados) que encierran 4 fases para desarrollar los objetivos:

Momento 1. Está comprendido por la Fase 1 en la que se realizó una **Revisión Bibliográfica** a profundidad que permitió no solo conocer los antecedentes de investigación, sino también desarrollar el conocimiento especializado en los tópicos fundamentales del trabajo (Análisis de Ciclo de Vida, Cálculo de Energía Embebida, Evaluación de Huella de Carbono, Evaluación de Huella Ecológica, Gestión Integral de Proyectos, Sistemas Constructivos y Desarrollo Sostenible) y, a partir de ella definir una metodología para realizar los cálculos requeridos para la evaluación ambiental de los dos sistemas constructivos analizados.

El Análisis del Ciclo de Vida analiza el ciclo de vida de un producto, proceso o actividad estudiando la extracción, procesamiento, manufactura, transporte y distribución, uso, mantenimiento, reciclado, reutilizado y disposición final que requieren las materias primas que componen cada material en la construcción (Gómez, 2019). Para el caso específico de este proyecto se aplicó un análisis de ciclo de vida parcial *de la cuna a la construcción*, utilizando datos extraídos de la revisión bibliográfica que se someten a análisis determinístico y probabilístico para la definición de los factores de emisión de los insumos requeridos en el estudio de caso.

Momento 2. Avanzada la revisión bibliográfica y definida la metodología de ACV; se desarrollaron las Fases 2 y 3, en un **Estudio de Caso** (*Proyecto de Construcción de Viviendas de Interés Social en San Andrés de Tumaco*) que, en la Fase 2, parte de la definición del proyecto; de las tipologías de vivienda de interés social a analizar y de los sistemas constructivos a comparar; y en la Fase 3 utiliza los elementos de Gestión Integral del Proyecto para generar la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) hasta un tercer nivel de desagregación que facilita el análisis del presupuesto, la categorización por familias de los insumos y la homogenización de las unidades para los cálculos de los indicadores de EE, HC y HE para dos sistemas constructivos.

El proyecto de Vivienda de Interés Social es una obra realizada por la firma Hari Mosquera Chávez que consta de 210 soluciones de viviendas nucleadas en distintas veredas

de la ciudad de San Andrés de Tumaco (veredas San Juan, Achotal, Candelillas Chinguirito, Vuelta de Cajapí, El Guabo – Miras Palma), de las que solo se analizaron 72 soluciones de viviendas ubicadas en la vereda Candelillas de la zona rural del municipio de Tumaco (Colombia). Básicamente se analizaron dos sistemas constructivos, el sistema de muros portantes en concreto reforzado (outinord o formaleta tipo túnel para sistemas industrializados) con espesor de 8 cm (existente) y el sistema convencional en mampostería confinada comúnmente utilizado en este tipo de proyectos. El tipo de vivienda analizado tiene 1 sala-comedor, 1 cocina, 2 alcobas, 1 baño y 1 patio de ropas, distribuidos en 48 m² de área construida por unidad de vivienda construidas en módulos de dos unidades.

En el **Momento 3**. Para el caso de la estimación de los indicadores de impactos, a partir del ACV, en la Fase 4, se utiliza una metodología simplificada, que aborda todos los componentes del presupuesto económico, con base en las metodologías propuestas por Solís (2010), Guerrero & Muñoz (2016), Solano & Ortiz (2016), Guerrero & Marrero (2015), Gómez (2019) y (Rivero 2020) de las que se adapta el modelo propuesto en la figura 7.

Siguiendo la metodología de la huella ecológica (Solís-Guzmán, Marrero y Ramírez de Arellano, 2013 y González-Vallejo, et al. 2015) y de la huella de carbono (Solís-Guzmán, Martínez-Rocamora y Marrero, 2014) se propone incluir en el cálculo de la energía embebida no sólo los materiales de construcción sino también el consumo de energía de las máquinas en la obra y de la mano de obra a través de los alimentos y los residuos generados que puede llegar a representar desde un 5% hasta un 25% del consumo total.

Se analizaron las metodologías propuestas que incorporan las variables analizadas a los presupuestos con el fin de determinar cuál de ellas se puede adaptar a actividades de construcción en Colombia, y poder calcular la huella de carbono generada por cada uno de los insumos y obtener un factor de emisión en kg CO₂ eq por m² de construcción de los sistemas constructivos analizados.

Aprovechando los datos obtenidos de EE y HC, finalmente se calculó la huella ecológica considerando básicamente las metodologías propuestas por Freire (2017) y Rivero (2020).

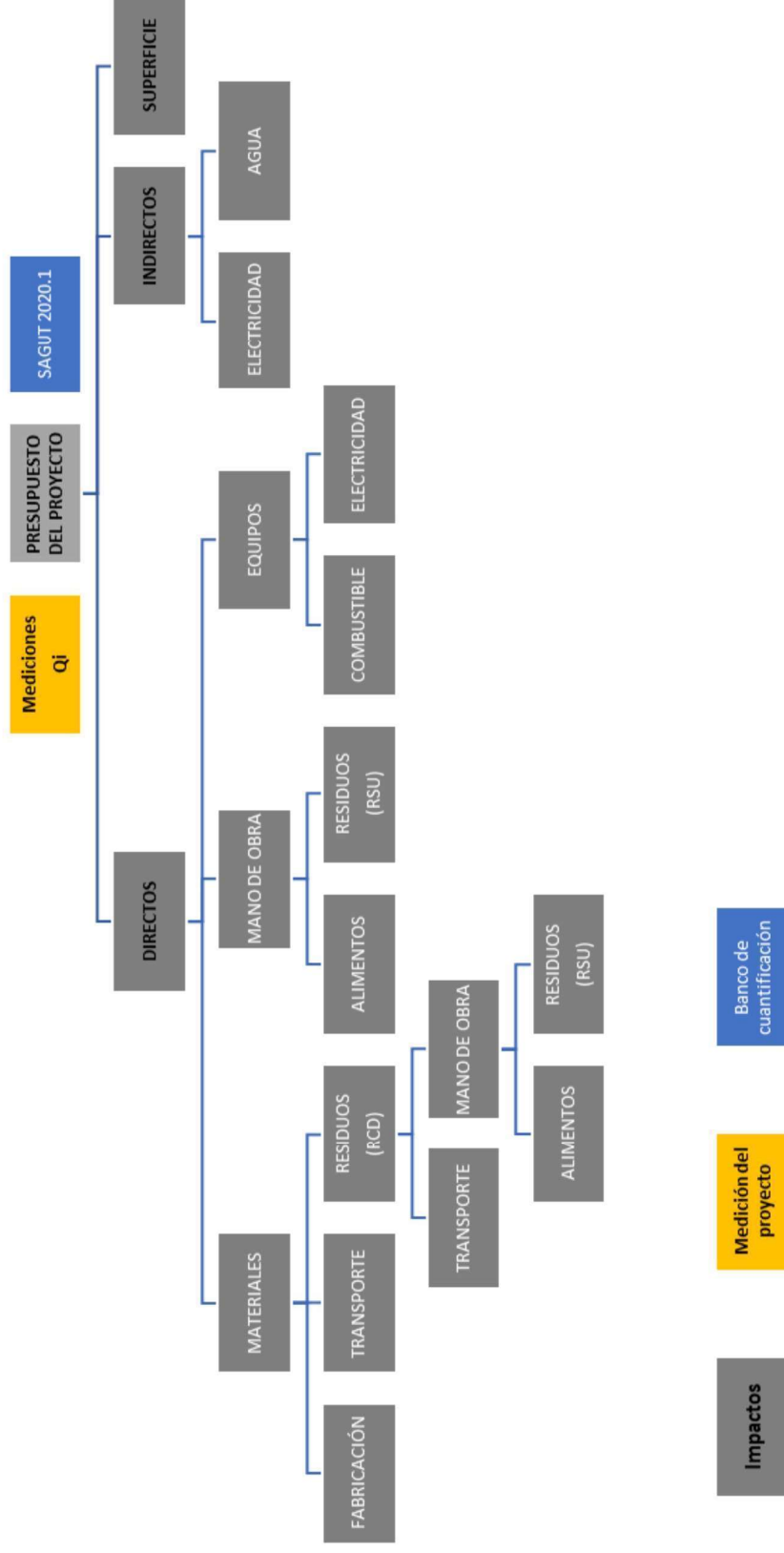


Figura 6: Diagrama general de cálculo de indicadores (Elaboración propia) adaptación de (Freire, 2017)

La metodología de cálculo general está basada en el cálculo de la huella que mayor número de variables analiza (en este caso la huella ecológica). La definición de fuentes de impacto propuesta por Freire (2010) es modificada para que se alinee con la teoría de presupuestos de obra en Colombia y con la estructura de desglose de trabajo de tercer nivel propuesta.

Se tienen en cuenta en el primer nivel:

- Los importes directos de obra
- Los importes indirectos de obra
- La superficie construida

Los importes directos de obra son aquellos que le aportan directamente al producto final y que están determinados por los recursos necesarios para generar las unidades básicas de producción. Siguiendo la teoría de presupuestos en este aparte se tienen en cuenta los materiales, la mano de obra, los equipos y maquinaria y el transporte requerido por cada unidad básica definida en el tercer nivel de la EDT.

Para el caso de los materiales, los factores de emisión utilizados tienen en cuenta un ACV parcial *de la cuna a la construcción*, definido por el aporte del material más el aporte del transporte necesario para llevarlo desde la fábrica hasta la construcción. El ACV de la edificación se delimita hasta la Fase 1 (Construcción de la edificación) que considera los consumos hasta la disposición final de los RCD generados.

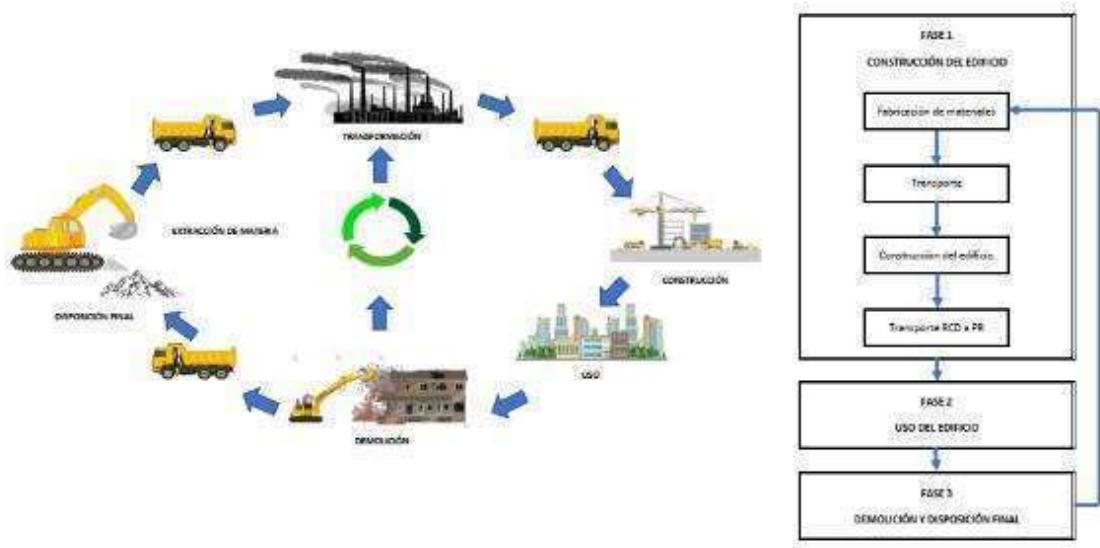


Figura 7: Ciclo de Vida de la Edificación (Elaboración propia) adaptación de (De Carvalho Filho, 2001); (Gonzalez-Vallejo, 2017).

Se generó un aparte independiente en el que se analiza el aporte generado por la gestión de RCD (Residuos de Construcción y Demolición), en el que se tienen en cuenta la mano de obra requerida y el transporte de los RCD desde la obra hasta el sitio de disposición final.

La mano de obra es analizada por los aportes generados por la alimentación y la generación de RSU (Residuos Sólidos Urbanos) del personal adscrito a la obra. No se planteó incorporar el aporte que genera la movilidad del personal porque se entiende que todo el personal habitaba en los alrededores de la obra.

El transporte considerado es el definido en el aparte de los materiales.

Los importes indirectos de obra son todos los necesarios para lograr de forma general (no por unidades básicas) la generación del producto final y que no pueden ser desagregados parcialmente a una unidad básica. En ellos se consideran los aportes que generan el personal de administración, las oficinas, los campamentos, las instalaciones provisionales de agua y energía y demás considerados en el proceso de gerencia de la construcción.

La superficie construida se refiere al área absoluta de intervención analizada a partir del supuesto que la misma dejará de producir durante la vida de la edificación.

A través de los elementos intermedios se transforman los consumos en elementos que permiten definir las huellas (EE y HC) que conforman la huella global del sistema (HE) (Solís-Guzmán, 2010).

En este trabajo se tienen en cuenta los siguientes elementos intermedios:

- Los combustibles
- La electricidad
- El transporte del material hasta la obra
- La fabricación de los materiales
- Las emisiones de CO₂
- El territorio necesario para absorber las emisiones de CO₂
- El territorio ocupado por la fuente de impacto

Los coeficientes que se tuvieron en cuenta para la transformación del consumo y elementos intermedios en las huellas parciales analizadas fueron:

- El rendimiento del sistema eléctrico
- La productividad de los bosques
- El factor de rendimiento de los océanos
- El coeficiente de transporte
- El coeficiente de energía embebida
- Los porcentajes de desperdicios de materiales
- La superficie consumida

- El factor de emisiones
- El factor de absorción
- Los factores de equivalencia
- Los factores de productividad

Finalmente, mediante los elementos intermedios y los coeficientes, se calcularon:

- La energía embebida (EE)
- La huella de carbono (HC)
- La superficie consumida
- La huella ecológica (HE)

A partir del desarrollo teórico se trabajó en la parte práctica mediante el estudio de caso. Se definieron según la metodología de Solís (2010), las fronteras y la escala sobre la que se realiza la aplicación.

Como escala de trabajo se utiliza la urbanización y como sistema la urbanización en suelo sub-urbano por estar ubicados en un punto limítrofe entre lo rural y lo urbano.

La tipología de la edificación encaja en el modelo VIS de los proyectos públicos del año 2010 que nacen a partir de la atención del Estado Colombiano a la creciente del río Mira en el municipio de Tumaco en el Departamento de Nariño.

Los métodos constructivos analizados parten de la realidad existente que evidencia un sistema industrial outinord con muros en concreto reforzado de 8 cm que conforman módulos de dos viviendas y su alternativa en sistema convencional en mampostería confinada, siendo la única diferencia en las tipologías, los muros de encerramiento de la vivienda.

Siguiendo la metodología propuesta, en la parte práctica se tuvo en cuenta:

1. El comportamiento del sector de la construcción en el municipio de Tumaco en el momento de la construcción de las 72 viviendas analizadas.
2. El cálculo de cantidades de obra y materiales, utilizando para ello (para los dos sistemas constructivos propuestos), la planimetría y los presupuestos entregados por la firma constructora.
3. La evaluación del consumo energético del proyecto en la primera fase del ciclo de vida de la edificación para los dos sistemas constructivos.
4. La evaluación de la huella de carbono del proyecto en la primera fase del ciclo de vida de la edificación para los dos sistemas constructivos.
5. El cálculo de las emisiones derivadas del transporte del material para las alternativas propuestas.
6. La evaluación de la huella ecológica del proyecto en la primera fase del ciclo de vida de la edificación para los dos sistemas constructivos.

3.2. Estudio de caso

Para el estudio de caso se consideró el proyecto de vivienda de interés social construido en la Vereda Candelillas ubicada en el Distrito de San Andrés de Tumaco (1°48'24"N 78°45'53"O) en Colombia. Este proyecto consiste en viviendas de un piso en sistema outinord en muros portantes de concreto reforzado con espesor no mayor a 8CM. Se construyeron por módulos de 2 unidades, 72 viviendas en 4 meses (entre octubre de 2014 y febrero de 2015), con mano de obra de la región.

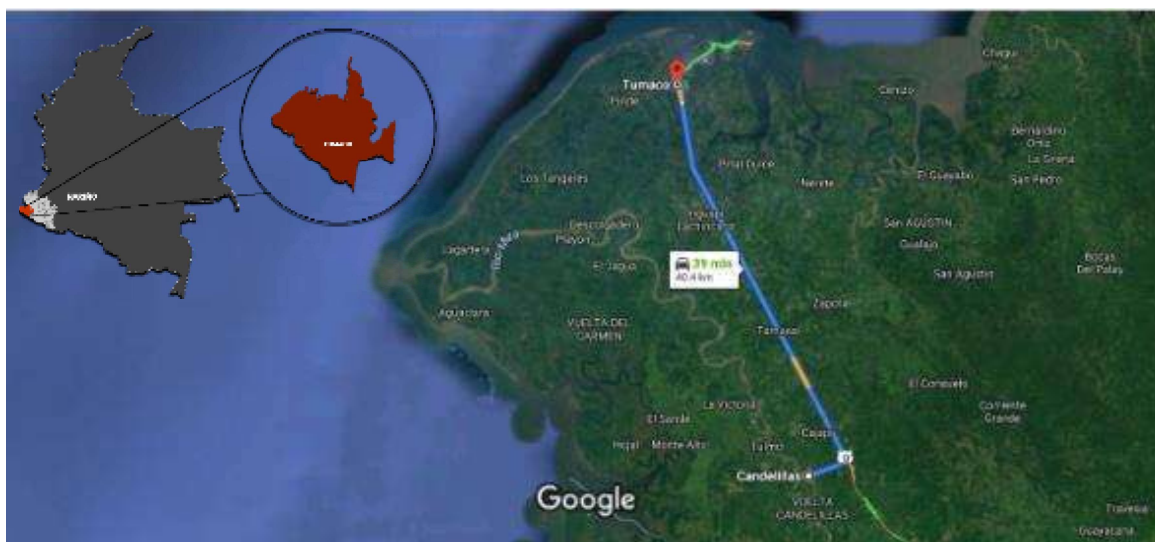


Figura 8: Localización del proyecto (Elaboración propia) Adaptación de (Google Earth, 2021)

Las viviendas tienen un área construida de 48m² distribuidos así:

- | | | |
|--------------------------|------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Salón comedor | 4,40m X 2,90m = 12,76m ² |
| <input type="checkbox"/> | Cocina | 2,20m X 2,00m = 4,40m ² |
| <input type="checkbox"/> | Baño | 1,20m X 1,90m = 2,28m ² |
| <input type="checkbox"/> | Habitación 1 | 3,40m X 2,90m = 9,86m ² |
| <input type="checkbox"/> | Habitación 2 | 3,40m X 2,90m = 9,86m ² |
| <input type="checkbox"/> | Porche de acceso | 2,92m X 1,00m = 2,92m ² |
| <input type="checkbox"/> | Pasillo a patio | 3,40m X 1,00m = 3,40m ² |

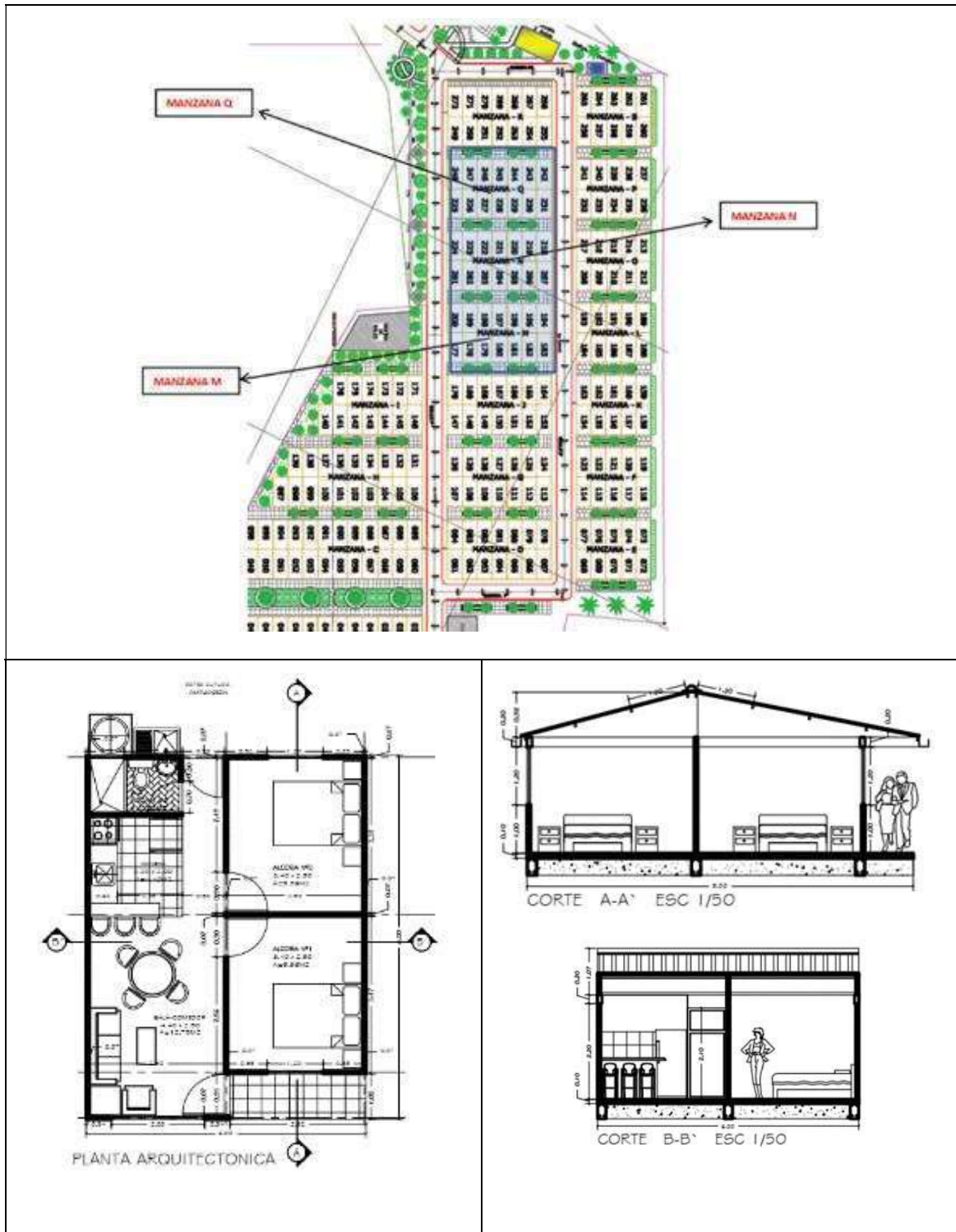


Figura 9: Planimetría (Elaboración propia) Adaptación de (H. Mosquera, 2014)

- Cubierta: 51,60m² de cubierta en lámina de fibrocemento Tipo Colombit o similar, con caballetes, canaleta plástica Tipo PVC y bajantes de aguas lluvias en Tubería PVC de 3", toda la cubierta soportada por perlines Tipo C 4cmX8cm calibre 16.
- Estructura: Cimentación en viga corrida de 0,20mX0,20m en concreto de 3.000PSI reforzado con varillas longitudinales N°3 y estribos N°2 @ 12cm. Losa de cimentación de espesor 8cm en concreto de 3.000PSI reforzado con malla electrosoldada U-84. Muros en concreto de 3.000PSI reforzado con malla electrosoldada Q-5, fundidos en sitio [Sistema de formaleta metálica].
- Acabado de muros: Caso 1: Muros en concreto a la vista, acabados con dos capas de pintura en gris basalto. Caso 2: Muros en mampostería en ladrillo tolete, acabado en repello 1:3.
- Instalaciones: Instalaciones eléctricas e hidrosanitarias líneas económicas, incluyendo paso para instalaciones futuras de gas domiciliario.
- Pisos: Piso en concreto de 3.000PSI con espesor e=10cm y acabado ordinario.
- Carpintería: Carpintería metálica para ventanas y puertas de accesos principales. Carpintería en madera para puertas de baño y alcobas.

A partir de la estructura de desglose de trabajo (EDT) se realizó el análisis de cantidades de obra y de materiales, se definió una estructura hasta el tercer nivel de desagregación en la que en el último nivel aparecen las unidades básicas de estudio (UBE):

- Viga de cimentación
- Losa de entrepiso
- Muros (sistema outinord) / Muros (mampostería)
- Cubierta
- Carpinterías
- Instalaciones sanitarias
- Instalaciones hidráulicas
- Instalaciones eléctricas

Las UBE sirvieron para hacer los análisis unitarios que determinaron las cantidades de obra y de materiales y la elaboración del presupuesto económico (precios del 2014), sirviendo de base para la conversión a una unidad homogénea para la estimación de los índices de evaluación ambiental (en este caso HC, EE y HE).

En el apartado de los anexos, se encuentran descritos con mayor amplitud los resultados de los cálculos de cantidades de materiales y costos (año 2014) del estudio de caso.

Las siguientes tablas muestran las cantidades por UBE/MÓDULO para el sistema outinord:

Tabla 2: Resultados del cálculo de cantidades de obra sistema outinord

2 ENCERRAMIENTOS SISTEMA OUTINORD			
2.1.	SISTEMA OUTINORD MUROS DE CARGA EN CONCRETO E=8cm POR MÓDULO / 164,63m²	m²	164,63
A2,01	Muros de carga en Sistema Outinord E=8cm	m ²	162,23
A2,02	Mesones	m ²	2,4
2.2.	CUBIERTA EN ASBESTO CEMENTO POR MÓDULO (2 UVIS) A=122m²	UND	1
A2,03	Cubierta en teja X Vivienda 61 m ²	UND	2
A2,04	Bajante de aguas lluvias	ml	12
A2,05	Estructura de cubierta metálica	UND	2
2.3.	CARPINTERÍA POR MÓDULO (2 UVIS)	UND	1
A2,06	Ventana Metálica 1,20mX1,20m V1	UND	4
A2,07	Ventana Metálica 2,00mX1,20m V2	UND	2
A2,08	Ventana Metálica 0,75mX0,30m V3	UND	2
A2,09	Puerta en madera para baño 0,70mX2,10m	UND	2
A2,10	Puerta en madera 0,90mX2,10m Según diseño	UND	4
A2,11	Puerta metálica 0,90mX2,10m Según diseño	UND	4

1 CIMENTACIÓN			
1.1.	CIMENTACIÓN EN VIGA 20CMX40CM DE CONCRETO DE 3100 PSI REFORZADO POR MÓDULO / 80,54ml	ml	80,54
A1,01	Viga perimetral de cimentación de 0,20mX0,35m	ml	80,54
1.2.	LOSA DE CONTRAPISO POR MÓDULO E=10cm / 96m²	m²	96,00
A1,02	Subbase C5	m ³	19,2
A1,03	Relleno para cimentación con material importado	m ³	4,64
A1,04	Piso en concreto 2500 PSI	m ²	96,00
3 REDES			
3.1.	INSTALACIONES SANITARIAS POR MÓDULO (2 UVIS)	UND	1
A3,01	Cajas inspección	UND	4
A3,02	Instalaciones Sanitarias X Vivienda	UND	2
3.2.	INSTALACIONES HIDRÁULICA POR MÓDULO (2 UVIS)	UND	1
A3,03	Instalaciones Hidráulicas X Vivienda	UND	2
A3,04	Combo sanitario línea económica	JGO	2
3.3.	INSTALACIONES ELÉCTRICAS POR VIVIENDA	UND	2
A3,05	Instalaciones Eléctricas X Vivienda	UND	2

Fuente (Elaboración propia)

Para el caso del sistema convencional en mampostería confinada, siendo la única diferencia en las tipologías los muros de encerramiento de la vivienda:

Tabla 3: Resultados del cálculo de cantidades de obra sistema convencional

2 ENCERRAMIENTOS SISTEMA CONVENCIONAL			
2.1.	SISTEMA CONVENCIONAL MUROS CONFINADOS CON COLUMNETAS Y VIGUETAS POR MÓDULO / 164,63m²	m²	139,24
A2,01	Muro ladrillo soga sucio	m ²	139,24
A2,02	Columneta de confinamiento	ml	51,32
A2,03	Viga de amarre de muro en concreto 10-12x20cm	ml	78,95
A2,04	Viga de amarre muro culata en concreto 10-12x20cm	ml	37,39
A2,05	Acero de refuerzo flejado 60000 PSI 420Mpa	Kg	347,41
A2,06	Repello muro 1:3	m ²	191,08
A2,07	Mesones	m ²	2,4

A partir de estos resultados y con ayuda del software SAGUT 2020.1 (Desarrollado por el Ing. Santiago Gutiérrez) se realizaron los análisis unitarios en los que se definieron (con la base de datos del programa) los rendimientos de obra y de consumo de materiales que determinaron las cantidades finales que aparecen en los anexos.

3.3. Huella de carbono

El concepto de Huella de Carbono (HC) surge del concepto de Huella Ecológica, de la cual se podría decir que es un subconjunto. La HC mide la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto. En realidad, la HC es una versión simplificada de un Análisis de Ciclo de Vida en el que, en lugar de considerar varias categorías de impacto ambiental al mismo tiempo, se considera únicamente una de ellas, la relativa a Calentamiento Global (Ihobe, 2009).

3.3.1. Método determinístico de estimación de HC

Para la estimación con método determinístico de la huella de carbono, considerando el transporte de los materiales, se hizo una adaptación al procedimiento planteado por Gómez (2019) en el que a partir del protocolo de Gases Efecto Invernadero (Encord, 2012) y teniendo en cuenta las fuentes del tercer alcance (transportes, subcontrataciones, residuos, materiales y productos) se realizaron los siguientes pasos:

- Se identificaron, a partir de la EDT, las UBE y, a partir de ellas, los insumos necesarios para su producción.
- Se determinó dentro de cada actividad los componentes en los que se genera y se puede calcular la huella (teniendo en cuenta el alcance del ACV “*de la cuna a la construcción*”), agrupando los materiales por familias (Benveniste et al., 2011)
- Se unificaron las unidades para el cálculo (todos los datos fueron llevados a unidades de masa).
- Se asignó un factor de emisión a partir de la revisión bibliográfica.
- Se calculó la huella teniendo en cuenta la fórmula general de (Sinha et al., 2016):

$$\text{kg CO}_2 \text{ eq} = \sum QM_j \cdot FEM_j + \sum DT_j \cdot QM_j \cdot FET_i \quad (1)$$

Donde, QM_j = es la cantidad del material j; FEM_j es el factor de emisión por la extracción, manufactura y producción del material j; DT_j es la distancia de transporte del material j desde el punto de fábrica hasta la obra; y FET_i es el factor de emisión por transporte de acuerdo con el medio i.

Los factores de emisión utilizados fueron obtenidos a partir de la revisión bibliográfica y se encuentran consignados en la Tabla 4.

Tabla 4: Factores de emisión de HC (kg*CO_{2eq}/kg).

DESCRIPCIÓN	FACTOR DE EMISIÓN DE CO _{2eq} (kg*CO _{2eq} / kg)							F.E.	
ACERO	2,750 ^a	2,700 ^b	2,800 ^c	2,890 ^d	2,710 ^e	1,800 ^f		2,608	
AGUA	0,002 ^g	0,000 ^h						0,001	
COBRE	3,830 ^a	8,622 ^b	1,850 ⁱ					4,767	
ASBESTO CEMENTO	0,691 ^k	0,052 ^b	0,909 ⁱ	0,723 ^j				0,594	
ÁRIDOS	0,005 ^a	0,010 ^b	0,007 ^m			0,016 ⁿ	0,003 ^k	0,008	
CEMENTO	0,830 ^a	1,185 ^b	0,980 ^c	0,918 ^o			1,226 ^p	0,758 ^k	0,983
HIERRO GALVANIZADO	2,820 ^a	3,789 ⁱ	4,906 ^k	5,230 ^j				4,186	
ICOPOR	2,700 ^a		3,930 ^q				2,901 ^k	3,177	
LADRILLO COMÚN	0,220 ^a	0,243 ^b		0,240 ^d	0,230 ^e			0,233	
MADERA	0,460 ^a				0,300 ^e			0,380	
MORTERO 1:3	0,191 ^r	0,193 ^z	0,213 ^a					0,199	
MORTERO 1:4	0,471 ^r	0,163 ^z	0,177 ^a					0,270	
HORMIGÓN 1:2.5:4« 2500 PSI-17.5MPa	0,096 ^a	0,056 ⁱ						0,076	
HORMIGÓN 1:2:3 3100 PSI 21MPa	0,129 ^a			0,107 ^d	0,150 ^s	0,113 ^s		0,125	
PINTURA	3,560 ^a	0,408 ^b				0,900 ⁿ	3,640 ^m	2,212 ^k	2,144
PVC	2,410 ^a		2,940 ^u	3,100 ^d	3,200 ^w	1,835 ⁱ	2,080 ^q		2,594
TRANSPORTE DE CARGA	0,150 ^a	0,103 ^t	0,133 ^u	0,136 ^v	0,078 ^x			0,120	
PORCELANA	1,480 ^a	0,860 ^y	2,258 ⁱ					1,533	

^a G. P. Hammond & Jones, (2008); ^b ECOINGENIERÍAS et al., (2012); ^c Cang et al., (2020); ^d Geoffrey Hammond et al., (2011); ^e Cabeza et al., (2021); ^f Cadavid M, (2014); ^g Méndez & Burgos, (2008); ^h Rivero-Camacho, (2020); ⁱ Freire et al., (2016); ^j Rivero-Camacho, (2020); ^k Freire et al., (2016); ^l Núñez B, (2019); ^m Méndez & Burgos, (2008); ⁿ Fernanda et al., (2021); ^o De Carvalho Filho, (2001); ^p Wszolek et al., (2014); ^q Freire, (2017); ^r Freire & Marrero, (2015); ^s Cabeza et al., (2021); ^t Gómez, (2019); ^u Nadoushani & Akbarnezhad, (2015); ^v CAR et al., (2013); ^w Christoforou et al., (2016); ^x Carrasco L, (2015); ^y Zabalza Bribián & Aranda Usón, (2011).

Para el cálculo del aporte de emisiones por transporte se utilizó la aplicación de Google (Google Maps) para hacer una estimación aproximada de la distancia recorrida desde

el punto de fábrica hasta el sitio de la construcción, las distancias se unificaron teniendo en cuenta la familia de material analizada.

3.3.2. Método probabilístico de estimación de HC

Siendo que se aprecia la variación de los valores consignados en la Tabla 4, como lo advierte Gómez, (2019), se incluye la incertidumbre usando la metodología de Otálvaro & Cordão-Neto (2011), en la que, se adicionan los siguientes pasos:

- Se supone que los factores de emisión encontrados tienen una distribución normal estándar para calcular los parámetros estadísticos según la propuesta de Burlington & May Jr (1970). Se empleó la siguiente formulación para la desviación estándar.

$$\sigma[x_j] = \frac{Max[x_j] - min[x_j]}{Ns} \quad (2)$$

donde: $\sigma[x_j]$ = es la desviación estándar de la variable independiente j; $Max[x_j]$ = es el valor máximo de la variable j; $min[x_j]$ = es el valor mínimo de la variable j; Ns = es un parámetro que escala el número de desviaciones estándar en función del número de datos.

Tabla 5: Número de desviaciones estándar en función del número de datos

N	Ns
2	1,128
3	1,693
4	2,059
5	2,326
6	2,534
7	2,704
8	2,847
9	2,97
10	3,079
15	3,472
20	3,735
30	4,09

Fuente: (Burlington & May Jr;1970)

- Se propagó la incertidumbre en la ecuación (1) mediante el método de Primer Orden Segundo Momento (FOSM), que consiste en aproximar la varianza de la variable independiente mediante el uso de series de Taylor. En el caso de variables sin correlación la media y la varianza de la función independiente se pueden calcular como:

$$E[GEI] = GEI(E[x_1], E[x_2], E[x_3], \dots, E[x_n]) \quad (3)$$

$$\sigma^2[GEI] \approx \sum_{j=1}^n \left(\frac{\partial GEI}{\partial x_j} \right)^2 \cdot \sigma^2[x_j] \quad (4)$$

En la que: $E[GEI]$ es el valor medio o esperanza de emisión de CO₂; $E[x_j]$ es el valor medio o esperanza de cada variable independiente j que contribuye a la generación (en este caso los factores de emisión); $\sigma^2[x_j]$ es la varianza de cada variable independiente j que contribuye a la generación (en este caso los factores de emisión). Cada derivada parcial en la ecuación (4) se calculó como:

$$\frac{\partial GEI}{\partial x_j} \approx \frac{GEI(E[x_1], E[x_2], E[x_j] + \Delta x_j, \dots, E[x_n]) - E[GEI]}{\Delta x_j} \quad (5)$$

donde: Δx_j es el incremento en el factor de emisión j, calculado como el 10% de la desviación estándar.

- Se estimó la contribución de cada variable independiente en la varianza separando los términos de la sumatoria en la ecuación (4).

De acuerdo con la metodología anterior, los parámetros en la ecuación (1), y sus valores típicos en el caso probabilístico son presentados en la Tabla 6:

Tabla 6: Valores típicos de factores de emisión kg*CO_{2eq}/kg caso probabilístico.

DESCRIPCIÓN	FACTOR DE EMISIÓN DE CO _{2eq} (Kg CO _{2eq} / Kg)						F.E.	N	min	Max.	Desviación estándar	Var [x] ²	Burlington, R.S., e May, D.C. (1970) Handbook of Probability and Statistics, McGraw-Hill, New York.	
	2.750	2.700	2.800	2.800	2.710	1.800							Ns	N
ACERO	2.750	2.700	2.800	2.800	2.710	1.800	2.608	6	1.800	2.800	0.430	0.185		
AGUA	0.002	0.000					0.001	2	0.000	0.002	0.002	0.000		
COBRE	3.830	8.822	1.850				4.787	3	1.850	8.822	4.000	16.000		
ASBESTO CEMENTO	0.691	0.052	0.909	0.723			0.594	4	0.052	0.909	0.416	0.173	2	1.128
ÁRIDOS	0.005	0.010				0.016	0.008	5	0.003	0.016	0.006	0.000	3	1.693
CEMENTO	0.830	1.185	0.930	0.916			0.983	6	0.758	1.226	0.185	0.034	4	2.059
HERRO GALVANIZADO	2.820	3.789	4.900	5.230			4.186	4	2.820	5.230	1.170	1.370	5	2.326
ISOPOR	2.700		3.930				3.177	3	2.700	3.930	0.727	0.528	6	2.534
LADRILLO COMÚN	0.220	0.243		0.240	0.230		0.233	4	0.220	0.243	0.011	0.000	7	2.704
MADERA	0.480				0.300		0.380	2	0.300	0.460	0.142	0.020	8	2.847
MORTERO 1:3	0.191	0.193	0.213				0.199	3	0.191	0.213	0.013	0.000	9	2.97
MORTERO 1:4	0.183	0.183	0.177				0.270	3	0.183	0.471	0.182	0.033	10	3.079
HORMIGÓN 1:2,5:4 2500 PSI-17,5MPa	0.096	0.096					0.076	2	0.056	0.096	0.035	0.001	15	3.472
HORMIGÓN 1:2:3 3100 PSI-21 MPa	0.129			0.107	0.150	0.110	0.125	4	0.107	0.150	0.021	0.000	20	3.735
PINTURA	3.560	0.408				0.900	2.144	5	0.408	3.640	1.390	1.931	30	4.09
PVC	2.410		2.940	3.100	3.200	1.830	2.594	6	1.835	3.200	0.539	0.290		
TRANSPORTE DE CARGA	0.150	0.103	0.136	0.078			0.120	5	0.078	0.150	0.031	0.001		
PORCELANA	1.480	0.860	2.250				1.533	3	0.860	2.258	0.826	0.682		

Fuente: (Elaboración propia)

3.4. Energía embebida

La energía embebida de un material de construcción está definida como toda la energía utilizada en los distintos procesos para llevar el material a su lugar en el edificio: desde la extracción en la materia prima hasta su manufactura y construcción; incluyendo la energía asociada al transporte, así como la parte proporcional de los equipos y maquinarias necesarias para todos esos procesos (Muñoz & Quiroz, 2014).

El control en la EE Rivero-Camacho (2020), hace que se promueva el empleo de materiales renovables, reciclables o reciclados, para así conseguir reducciones en los impactos de efecto invernadero en procesos que van desde la extracción de la naturaleza, fabricación y puesta a disposición en obra e incorporación final al edificio (Marrero et al., 2013). Por ello, la valoración y limitación del consumo energético en el CVE de los proyectos de edificación se perfila como un elemento indispensable para alcanzar objetivos diferenciadores y cuantificables. En este sentido, de debe evaluar tanto los consumos directos de energía operacional (EO), como la inclusión de la cantidad de energía necesaria en cualquier componente de las unidades de obra: materiales, mano de obra y maquinaria. Pues a su vez, este indicador controla significativamente otros indicadores como la HE (Solís-Guzmán et al., 2013; González et al., 2015) y la HC (Solís-Guzmán et al., 2014).

3.4.1. Método determinístico de estimación de EE

Para la estimación con método determinístico de la energía embebida se hizo una adaptación al procedimiento planteado por (Gómez, 2019) en el que a partir del protocolo de Gases Efecto Invernadero (Encord, 2012) y se realizaron los siguientes pasos:

- Se identificaron, a partir de la EDT, las UBE y, a partir de ellas, los insumos necesarios para su producción.
- Se determinó dentro de cada actividad los componentes en los que se genera y se puede calcular la huella (teniendo en cuenta el alcance del ACV “*de la cuna a la construcción*”), agrupando los materiales por familias (Benveniste et al., 2011).
- Se unificaron las unidades para el cálculo (todos los datos fueron llevados a unidades de masa).
- Se asignó un factor de emisión a partir de la revisión bibliográfica.
- Se calculó la huella teniendo en cuenta la ecuación (6) (Sinha et al., 2016):

$$\text{MJ} = \sum QM_j \cdot FEM_j + \sum Pot_j \cdot TU_j \cdot FC \quad (6)$$

Donde, QM_j = es la cantidad del material j; FEM_j es el factor de emisión por la extracción, manufactura y producción del material j; Pot_j es la potencia de la maquinaria j empleada; TU_j es el tiempo de uso de maquinaria j en los trabajos de obra; y FC es el factor de conversión para cambio de unidades (MJ/kWh).

Los factores de emisión utilizados fueron obtenidos a partir de la revisión bibliográfica y se encuentran consignados en la Tabla 7.

Tabla 7: Factores de emisión de EE (MJ/kg).

DESCRIPCIÓN	FACTOR DE EMISIÓN DE ENERGÍA EMBEBIDA (MJ/Kg)									F.E.
ACERO	29,02 ^a	35,40 ^c	35,30 ^b	21,50 ^d	36,00 ^e	32,00 ^f	32,68 ^g	42,00 ^h	33,33 ⁱ	33,03
AGUA	0,06 ^j	0,05 ^k	0,01 ^l							0,040
COBRE	109,17 ^j	40 – 55 ^b	110,20 ^m	42,00 ⁿ	50,40 ^o	110,00 ^l	98,93 ^p			86,78
ASBESTO CEMENTO	7,40 ^q	8,86 ^p	10,70 ^r							8,99
ÁRIDOS	0,10 ^j	0,01 ^e	0,15 ⁱ	0,22 ^b						0,12
CEMENTO	7,80 ^j	7,92 ^e	7,79 ^m	7,00 ^a	8,98 ^e	5,56 ^j	5,85 ^h	6,85 ^l	4,54 ^u	6,92
HIERRO GALVANIZADO	34,80 ^v	22,60 ^e								28,70
ICOPOR	105,00 ^v	82,60 ^w	89,50 ^r							92,37
LADRILLO COMÚN	4,95 ^w	2,90 ^j	3,00 ^c	4,75 ^b	4,04 ^s	2,70 ^y	2,75 ^p			3,58
MADERA	5,18 ^v	4,50 ^o	7,20 ^m	4,10 ^q	7,00 ^s	7,10 ^w	8,50 ^b			6,23
MORTERO 1:3	1,09 ^z	1,55 ^b								1,32
MORTERO 1:4	0,92 ^z	1,34 ^b								1,13
HORMIGÓN 1:2.5:4« 2500 PSI-17.5Mpa	1,00 ^v	0,50 ^e								0,75
HORMIGÓN 1:2:3 3100 PSI 21Mpa	0,75 ^c	0,95 ^b	1,37 ^z							1,02
PINTURA	90,40 ^v	144,00 ^m	81,50 ^v	70,00 ^v						96,48
PVC	70,00 ^v	74,52 ^o	106,00 ^v	67,50 ^b	77,20 ^c					79,04
PORCELANA	21,96 ^e	29,00 ^q								25,48

^a Woolley et al., (2005); ^b G. P. Hammond & Jones, (2008); ^c Geoffrey Hammond et al., (2011); ^d Nadoushani & Akbarnezhad, (2015); ^e Vale & Vale, (1991); ^f Cabeza et al., (2021); ^g Dias & Pooliyadda, (2004); ^h Venkatarama Reddy & Jagadish, (2003); ⁱ Kibert, (2013); ^j Freire Guerrero & Marrero, (2015); ^k Méndez & Burgos, (2008); ^l Cherian et al., (2020); ^m Shukla et al., (2009); ⁿ Dissanayake et al., (2017); ^o Vázquez, (2012); ^p ECOINGENIERÍAS et al., (2012); ^q G. Hammond & Jones, (2006); ^r Rivero-Camacho, (2020); ^s Diaz-Rubio, (2011); ^t Wan Omar et al., (2014); ^u De Carvalho Filho, (2001); ^v Chen et al., (2001); ^w Kim et al., (2016); ^x Sharma & Marwaha, (2017); ^y Scheuer et al., (2003).

3.4.2. Método probabilístico de estimación de EE

Siendo que se aprecia la variación de los valores consignados en la Tabla 7: Factores de emisión de EE (MJ/kg)., como lo advierte Gómez (2019), y siguiendo lo propuesto en su tesis de maestría, se incluye la incertidumbre usando la metodología de Otálvaro & Cordão-Neto (2011), en la que, a partir de la información utilizada en el método determinístico, se adicionan los siguientes pasos:

- Se supone que los factores de emisión encontrados tienen una distribución normal estándar para calcular los parámetros estadísticos según la propuesta de Burington & May Jr (1970). Se calculó la media aritmética a partir de los valores obtenidos en la revisión bibliográfica, y se empleó la siguiente formulación para la desviación estándar.

$$\sigma[x_j] = \frac{Max[x_j] - min[x_j]}{N_s} \quad (6)$$

donde: $\sigma[x_j]$ = es la desviación estándar de la variable independiente j; $Max[x_j]$ = es el valor máximo de la variable j; $min[x_j]$ = es el valor mínimo de la variable j; N_s = es un parámetro que escala el número de desviaciones estándar en función del número de datos.

N	Ns
2	1,128
3	1,693
4	2,059
5	2,326
6	2,534
7	2,704
8	2,847
9	2,97
10	3,079
15	3,472
20	3,735
30	4,09

- Se propagó la incertidumbre en la ecuación (1) mediante el método de Primer Orden Segundo Momento (FOSM), que consiste en aproximar la varianza de la variable independiente mediante el uso de series de Taylor. En el caso de variables sin correlación la media y la varianza de la función independiente se pueden calcular como:

$$E[GEI] = GEI(E[x_1], E[x_2], E[x_3], \dots, E[x_n]) \quad (7)$$

$$\sigma^2[GEI] \approx \sum_{j=1}^n \left(\frac{\partial GEI}{\partial x_j} \right)^2 \cdot \sigma^2[x_j] \quad (8)$$

En la que: $E[GEI]$ = es el valor medio o esperanza de emisión de CO₂; $E[x_j]$ = es el valor medio o esperanza de cada variable independiente j que contribuye a la generación (en este caso los factores de emisión); $\sigma^2[x_j]$ = es la varianza de cada

variable independiente j que contribuye a la generación (en este caso los factores de emisión). Cada derivada parcial en la ecuación (4) se calculó como:

$$\frac{\partial GEI}{\partial x_j} \approx \frac{GEI(E[x_1], E[x_2], E[x_j] + \Delta x_j, \dots, E[x_n]) - E[GEI]}{\Delta x_j} \quad (9)$$

donde: Δx_j es el incremento en el factor de emisión j, calculado como el 10% de la desviación estándar.

- Se estimó la contribución de cada variable independiente en la varianza separando los términos de la sumatoria en la ecuación (4).

De acuerdo con la metodología anterior, los parámetros en la ecuación (1), y sus valores típicos en el caso probabilístico son presentados en la Tabla 8:

Tabla 8: Valores típicos de factores de emisión EE (MJ/kg) caso probabilístico.

DESCRIPCIÓN	FACTOR DE EMISIÓN DE ENERGÍA EMBEIDA (MJ/Kg)										F.E.	N	min	Max.	Desviación estándar	Var [x]	Burlington, R.S., e May, D.C. (1970) Handbook of Probability and Statistics, McGraw-Hill, New York.	
																	N	Ns
ACERO	29.02	35.40	35.30	21.50	36.00	32.00	32.63	42.00	33.33	33.03	9	21,500	42,000	6,902	47,643			
AGUA	0.060	0.050	0.010							0.040	3	0,010	0,060	0,030	0,001			
COBRE	109.17	40.35	110.20	42.00	50.40	110.00	98.93			86.78	6	42,000	110,200	26,914	724,362			
ASBESTO CEMENTO	7.78	9.90	10.70							8.99	3	7,400	10,700	1,949	3,799	2	1,128	
ÁRIDOS	0.10	0.01	0.15	0.22						0.12	4	0,010	0,220	0,102	0,010	3	1,693	
CEMENTO	7.80	7.92	7.79	7.00	8.98	5.56	5.83	6.85	4.54	6.92	9	4,540	8,981	1,495	2,236	4	2,059	
HERRO GALVANIZADO	34.80	22.60								28.70	2	22,600	34,800	10,816	116,977	5	2,326	
ICOPOR	105.00	82.60	89.50							92.37	3	82,600	105,000	13,231	175,058	6	2,534	
LADRILLO COMUN	4.95	2.90	3.00	4.75	4.18	2.70	2.73			3.58	7	2,700	4,950	0,832	0,692	7	2,704	
MADERA	5.18	4.50	7.20	4.10	7.10	8.50				6.23	7	4,100	8,500	1,627	2,648	8	2,847	
MORTERO 1:3	1.09	1.55								1.32	2	1,090	1,550	0,408	0,166	9	2,97	
MORTERO 1:4	0.92	1.34								1.13	2	0,924	1,340	0,369	0,136	10	3,079	
HORMIGÓN 1:2.5:4x 2500 PSI-17.5MPa	1.00	0.50								0.75	2	0,500	1,000	0,443	0,196	15	3,472	
HORMIGÓN 1:2:3 3100 PSI 21 MPa	0.75	0.65	1.37							1.02	3	0,750	1,371	0,367	0,135	20	3,735	
PINTURA	90.40	144.00	81.50	70.00						86.48	4	70,000	144,000	35,940	1,291,668	30	4,09	
PVC	70.00	74.52	106.00	67.50	77.20					79.04	5	67,500	106,000	16,552	273,969			
PORCELANA	21.86	29.00								25.48	2	21,960	29,000	6,241	38,952			

Fuente (Elaboración propia)

3.5. Huella ecológica

De acuerdo con Wackernagel & Rees (1996); la huella ecológica es la extensión de tierra que sería necesaria para suministrar los recursos (cereales, pienso, leña, pescado y terreno urbano) y absorber las emisiones (CO₂) de la sociedad mundial. Su cálculo sirve para reconocer las repercusiones de la urbanización sobre el territorio, atendiendo a una determinada forma de vida, y a escalas tanto a nivel de persona, a nivel local como a nivel global o planetario (Gonzalez-Vallejo, 2017).

Los aspectos más relevantes del indicador son sus conceptos simples, que son fáciles de calcular, y pueden ser entendidos y adoptados por el público en general permitiendo de este modo influir en las decisiones de consumidores, legislación y regulación del sector; y la unión de factores de diferentes fuentes en un solo indicador, permitiendo obtener una visión general de todos los impactos de una actividad o sector productivo (Freire, 2017).

Freire-Guerrero et al. (2019) desarrolla una metodología capaz de determinar de la HE de los elementos que forman parte de las tradicionales bases de costes de la construcción, enfocándolo desde una nueva perspectiva de “presupuesto ambiental”, utilizando las herramientas normalmente empleadas en los presupuestos de proyectos de edificación, donde lo pone en práctica en la etapa de urbanización y construcción, primeras fases del CVE. (Rivero-Camacho, 2020).

En otros apartes se ha manifestado ya que la HE encierra los otros indicadores (HC y EE) estudiados en este trabajo, por eso es que, en lo siguiente se define y calcula este indicador basado en la síntesis de las metodologías de Freire (2017) y Rivero-Camacho (2020).

3.5.1. Método de estimación de HE

Una manera sencilla de entender el método de estimación es a partir de la Figura 7, que muestra los elementos del presupuesto que son analizados para la estimación de los tres indicadores que son objeto de estudio teniendo en cuenta el indicador que mayor número de variables analiza: *La Huella Ecológica*.

A partir del presupuesto de construcción y de los planos “*as built*” se hace la cuantificación de obra y el cálculo de cantidad de insumos utilizados durante la fase de construcción. La EDT del presupuesto, adquiere valor desde la perspectiva que, permite definir las UBE en las que, de acuerdo con el esquema general de cálculo de indicadores, se propone que en los elementos de coste directos se tengan en cuenta los materiales, la mano de obra y los equipos; en los costes indirectos sean analizados los consumos de agua y electricidad; y finalmente un tercer elemento que es la superficie sobre la que está ubicada la construcción.

Ahora bien, de los materiales se tiene en cuenta los aportes generados por la fabricación y el transporte (nótese que estos ya fueron analizados en los apartes del cálculo de huella de carbono y energía embebida), y un tercer aporte generado por los residuos de construcción y demolición (RCD) en el que se analiza la contribución que hace el transporte y la mano de obra requeridas para su gestión en la fase de construcción. Es interesante analizar que, en los aportes generados, se tiene en cuenta la generación que surge de los alimentos y de los residuos sólidos urbanos (RSU) de la mano de obra.

Así como se analiza la mano de obra de gestión de los RCD, se analiza los aportes generados por la mano de obra de la construcción teniendo en cuenta la contribución de la alimentación y de los RSU. Cabe advertir que otros estudios tienen en cuenta el aporte de la movilidad generada por la mano de obra y que, en este caso específico, no se ha tenido en cuenta porque la mano de obra utilizada reside en la zona directa de afectación del proyecto.

El aporte de los equipos (que no fueron analizados en el cálculo de la HC para evitar duplicidad en la estimación) se tiene en cuenta en este capítulo, considerando si funcionan con uso de combustible o de electricidad.

Las fórmulas que complementan los cálculos de la HE son las siguientes:

- *Huella ecológica producida por la maquinaria*: se estudia la huella provocada por la utilización de maquinaria, concretamente por su consumo de energía (tanto consumo de combustible como energía eléctrica), vinculándola con la potencia de su motor. (Freire, 2017).

Así, para el caso de la maquinaria a combustible, se utilizó:

$$\mathbf{HE}_{\text{COMB}} = ((V \times E_{\text{COMB}} \times 0,72)/A_F) \times FE_B \quad (10)$$

Donde; $\mathbf{HE}_{\text{COMB}}$ es la huella ecológica de la maquinaria a combustible; V es el consumo de combustible en litros que está dado por $V = (Pot \times TU \times Rend)$ en la que Pot es la potencia del motor de la maquinaria (kW); TU es el tiempo de uso de la maquinaria en los trabajos de obra (h) y $Rend$ es el combustible consumido por el motor (l/kW)., E_{COMB} es el factor del combustible, con un valor de 0,00262 ton CO₂/l; 0,72 es la reducción de emisiones a absorber, debido a la absorción por los océanos

(28%) (Borucke et al., 2013)., A_F es la productividad del área de absorción de carbono, o factor de absorción con un valor de 3,59 ton CO₂/ha (Freire, 2017)., y FE_B es el factor de equivalencia de los bosques.

Para el caso de la maquinaria eléctrica utilizada en obra se sigue un camino similar considerando la potencia del motor y el tiempo de utilización en obra para obtener el consumo en kWh. A ese dato se le aplica el factor de emisión del mix energético en Colombia y se sigue un camino similar al del cálculo de la huella por maquinaria a combustible, aplicando los factores de absorción y de equivalencia como lo muestra:

$$HE_{ELEC} = (((Pot \times TU) \times E_{ELEC} \times 0,72)/A_F) \times FE_B \quad (11)$$

Donde; HE_{ELEC} es la huella ecológica de la maquinaria eléctrica; Pot es la potencia del motor de la maquinaria (kW); TU es el tiempo de uso de la maquinaria en los trabajos de obra (h); E_{ELEC} es el factor de emisión del mix energético (t CO₂/kWh); 0,72 es la reducción de emisiones a absorber, debido a la absorción por los océanos (28%) (Borucke et al., 2013)., A_F es la productividad del área de absorción de carbono, o factor de absorción con un valor de 3,59 ton CO₂/ha (Freire, 2017)., y FE_B es el factor de equivalencia de los bosques.

- *Huella ecológica producida por la mano de obra:* siendo que la mano de obra es un recurso muy importante para el proyecto, se debe analizar el aporte al impacto que produce sobre el ambiente, específicamente el ocasionado por la alimentación y los residuos sólidos urbanos (RSU) debido a ella (Gonzalez-Vallejo, 2017).

Para el caso de los alimentos se revisó la literatura existente y se hizo el cálculo teniendo en cuenta el trabajo de Daniela González Moya (2019), del que, para el propósito de este trabajo, se toma el escenario optimista de producción en el que se analiza una dieta 100% omnívora para un universo de 32.912.293 habitantes, de ahí que define para Colombia una huella ecológica/persona y año de 1,1913X10⁻⁴ hag/persona y año; Al dividir por el número de horas al año, se obtiene 1,3599X10⁻⁸ hag/h (para hacer equivalentes las unidades de trabajo de la mano de obra) y con los datos obtenidos de horas trabajadas de mano de obra durante el proyecto (en cálculos

de cantidades preliminares) al multiplicar la hag/h por las horas trabajadas, se obtiene la huella ecológica producida por los alimentos.

Utilizando la fórmula:

$$\mathbf{HE}_{\text{ALIMENTO}} = HE_{\text{DIETA}} \times H_{\text{TRAB}} \quad (12)$$

Donde; $\mathbf{HE}_{\text{ALIMENTO}}$ es la huella generada por el alimento consumido por la mano de obra del proyecto (hag); HE_{DIETA} es la huella producida por la dieta alimenticia del personal de obra por hora de trabajo (hag/h); H_{TRAB} es la cantidad de horas trabajadas por el personal de obra (h).

Para los RSU, se requiere conocer la cantidad de RSU generados por hora de trabajo del personal de mano de obra. Para ello, se debe tener en cuenta la cantidad de RSU generados en el año en el país de estudio y la cantidad de habitantes en el mismo año, así se obtiene la tasa de RSU (ton/hab) que al dividirse por el número de horas al año define la cantidad de RSU generados por hora de trabajo. Obtenido el dato, se puede aplicar la ecuación propuesta por Freire (2017):

$$\mathbf{HE}_{\text{RSU}} = ((H_{\text{TRAB}} \times R_{\text{RSU}} \times E_{\text{RSU}} \times 0,72)/A_F) \times FE_B \quad (13)$$

En la que; \mathbf{HE}_{RSU} es la huella ecológica generada por los residuos sólidos urbanos de la mano de obra; H_{TRAB} son las horas trabajadas en obra; R_{RSU} es la cantidad de RSU generados por hora de trabajo; E_{RSU} es el factor de emisión por residuo (ton CO₂/ton RSU); 0,72 es la reducción de emisiones a absorber, debido a la absorción por los océanos (28%) (Borucke et al., 2013)., A_F es la productividad del área de absorción de carbono, o factor de absorción con un valor de 3,59 ton CO₂/ha (Freire, 2017)., y FE_B es el factor de equivalencia de los bosques.

- *Huella ecológica producida por los Residuos de Construcción y Demolición (RCD)*: es de resaltar que se ha detectado que los RCD son de gran importancia en la HE, sobre todo en los proyectos de urbanización, por lo que es imprescindible realizar un buen estudio de gestión de residuos para permitir cuantificarlos y gestionarlos apropiadamente. Estudios como el de Marrero et al. (2017) han detectado que la HE

producida por los RCD puede ser hasta un 55% de la huella total y un 10% del presupuesto económico.

Para el cálculo de la huella se hace necesario considerar la gestión de los residuos sólidos en la obra, lo que demanda que se tenga en cuenta la mano de obra y el transporte de los residuos hasta el punto de disposición final. Para calcular el transporte se consideró que las longitudes a los botaderos no son mayores a 10km por ende se asumen recorridos de ida y regreso de volquetas no mayores a 20km por viaje, considerando el límite superior $L_x=20\text{km}$; para el cálculo gravimétrico de RCD se tienen en cuenta los datos encontrados en la literatura que más se acercan a las tipologías de los proyectos del estudio de caso; en el caso de los sistemas constructivos del estudio se usarán los datos promediados de Marin-Orrego (2019) que analiza los IGRG (Índice de Generación de Residuo Gravimétrico) para viviendas de interés social construidas en la ciudad de Santiago de Cali en el 2018, los datos de González que utiliza la tabla de porcentajes de residuos de la BCCA y los datos de la base de datos del programa de presupuestos SAGUT 2020.1.

Tabla 9: Porcentajes de RCD generados en obra.

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJES DE RCD GENERADOS EN OBRA							PRCD
	(a)	(b)	(c)					
ACERO	0,0100	0,0300	0,0420					0,0273
COBRE	0,0100	0,0500	0,0400					0,0333
ASBESTO CEMENTO	0,0500							0,0500
ÁRIDOS	0,0100							0,0100
CEMENTO	0,0500	0,0500						0,0500
HIERRO GALVANIZADO	0,0100							0,0100
ICOPOR	0,0500							0,0500
LADRILLO COMÚN	0,0600	0,0200	0,1380					0,0727
MADERA	0,0500	0,0500						0,0500
MORTERO 1:3	0,0500							0,0500
MORTERO 1:4	0,0500							0,0500
HORMIGÓN 1:2.5:4« 2500 PSI-17.5MPa	0,0500		0,0400					0,0450
HORMIGÓN 1:2:3 3100 PSI 21MPa	0,0500		0,0400					0,0450
PINTURA	0,0000	0,0100						0,0050
PVC	0,0100	0,0002						0,0051
PORCELANA	0,0200	0,0100						0,0150

^a Gonzalez-Vallejo (2017); ^b Sagut 2021.1 (2021); ^c Marin-Orrego (2019).

El cálculo de emisiones de CO₂ generadas por el transporte se realizó utilizando la fórmula:

$$\text{kg CO}_2 \text{ eq} = \sum DT_j \cdot QM_j \cdot FET_i \quad (14)$$

Donde; DT_j es la distancia ida y vuelta de transporte de RCD del material j desde la obra hasta el punto de disposición final; y FET_i es el factor de emisión por transporte de acuerdo con el medio i .

A partir de los datos de las emisiones generadas por el transporte, se utilizó la fórmula:

$$\mathbf{HE}_{\text{TRANSP}} = \sum_i (DT_j \times QM_j \times FET_i) \times \left(\frac{1 - A_{OC}}{A_B} \right) \times FE_C \quad (15)$$

Donde; $(DT_j \times QM_j \times FE_i)$ son las emisiones producida por el transporte de los RCD; A_{OC} es la reducción de emisiones debido a la absorción de los océanos 28% según (Borucke et al., 2013); A_B es el factor de absorción de los bosques (3,59 tCO₂/ha) según (Global Footprint Network, 2014) y FE_C es el factor de equivalencia de absorción de carbono (1,26 hag/ha).

- *Huella ecológica producida por la electricidad:* asintiendo la propuesta de Gonzalez-Vallejo (2017), se advierte que determinar el consumo de energía eléctrica del proyecto no es tarea fácil, por tanto hay que tener en cuenta que los valores determinados son siempre hipótesis de proyecto, y que intentan acercarse el máximo posible a la realidad de la obra.

Para el cálculo de la huella ecológica generada por la electricidad se requiere conocer el consumo eléctrico de la obra a razón de las oficinas, bodegas, comedores y vestuarios también denominado “**consumos de energía eléctrica de campamento**”. Una vez obtenido el consumo de electricidad en obra en kW, se requiere el factor de emisiones de la electricidad para el año de construcción del proyecto y dependerá del mix energético de la electricidad del año en cada país. En Colombia, en el 2014 este factor fue calculado en **0,000194 ton CO₂/kWh** por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME).

Con estos datos base se puede utilizar la fórmula planteada por (Gonzalez-Vallejo, 2017):

$$\mathbf{HE}_{ELEC} = C_{ELEC} \times E_{ELEC} \times \left(\frac{1 - A_{OC}}{A_B}\right) \times FE_B \quad (15)$$

Donde; \mathbf{HE}_{ELEC} es la huella ecológica producida por la electricidad (hag); C_{ELEC} es el consumo eléctrico de la obra (kWh); E_{ELEC} es el factor de emisión de la electricidad del país en el año del proyecto (para Colombia en 2014 es de $1,94 \times 10^{-4}$ ton CO₂/kWh); A_{OC} es la reducción de emisiones debido a la absorción de los océanos 28% según (Borucke et al., 2013); A_B es el factor de absorción de los bosques (3,59 ton CO₂/ha) según (Global Footprint Network, 2014); FE_B es el factor de equivalencia de los bosques.

- *Huella ecológica producida por el agua:* siendo consecuentes con la metodología para el cálculo de HE de la construcción hasta ahora implementada, se siguen las recomendaciones de Freire (2017), contabilizar la energía producida para poder consumir el agua en obra (teniendo en cuenta su uso tanto en los componentes directos como en los componentes indirectos del presupuesto). Para obtener este dato se requiere saber, la cantidad de agua consumida en obra y la intensidad energética del consumo de agua. Para el cálculo de agua consumida en obra, se considera la cantidad de agua que se consume en los procesos de producción de concretos y morteros calculada a partir de las cantidades obtenidas de los Análisis de Precios Unitarios del presupuesto; y la cantidad de agua que se consume en los baños y áreas de servicio de oficinas, bodegas, comedores y riegos (denominada “**consumo de agua de campamento**”), teniendo en cuenta para su cálculo la Resolución 549 de 2015 y sus anexos para clima cálido húmedo que determina para oficina un consumo base de **45,8 lts/pers/día**. Obtenido el dato de cantidad de agua consumida, se aplica la fórmula (Gonzalez-Vallejo, 2017):

$$\mathbf{HE}_{AGUA} = C_{AGUA} \times IE_{AGUA} \times E_{ELEC} \times \left(\frac{1 - A_{OC}}{A_B}\right) \times FE_B \quad (16)$$

Donde; \mathbf{HE}_{AGUA} es la huella ecológica producida por el agua utilizada en el proyecto (hag); C_{AGUA} es el consumo de agua en obra (m³); IE_{AGUA} es la intensidad energética para el consumo de agua (0,44 kWh/m³ según Freire (2017)); E_{ELEC} es el factor de

emisión de la electricidad del país en el año del proyecto (para Colombia en 2014 es de $1,94 \times 10^{-4}$ ton CO₂/kWh); A_{OC} es la reducción de emisiones debido a la absorción de los océanos 28% según (Borucke et al., 2013); A_B es el factor de absorción de los bosques (3,59 ton CO₂/ha) según (Global Footprint Network, 2014); FE_B es el factor de equivalencia de los bosques.

- *Huella ecológica producida por la superficie*: los autores con mayor influencia en este estudio (Rivero-Camacho 2020, Freire 2017, Solís-Guzmán 2010 & Gonzalez-Vallejo 2017), convergen en que debe ser analizada la superficie de terreno que ocupa la edificación debido a que, durante las etapas de construcción, uso y deconstrucción, estará permanentemente ocupada y no podrá ser cultivada. El cálculo de la superficie consumida se hizo de forma directa a partir de los planos *as built* del proyecto que fueron proporcionados por la firma constructora HMC.

$$S = \sum A_{Ti} \times n \quad (17)$$

En la que; S es el área total de viviendas del proyecto (m²); A_{Ti} es el área de 1 UVIS (Unidad de Vivienda de Interés Social) (m²); y n es el número de viviendas i del proyecto.

Calculada el área total de viviendas del proyecto, se puede utilizar la fórmula:

$$HE_{SUP} = S \times FE_B \quad (18)$$

Donde; HE_{SUP} es la huella ecológica producida por la superficie (hag); S es el área total de viviendas del proyecto (ha); y FE_B es el factor de equivalencia de los bosques.

3.6. Sistema outinord

El cálculo de huella ecológica del sistema outinord se realizó siguiendo la metodología descrita en el capítulo 3 de la siguiente manera:

1. Se definió la EDT del proyecto en sistema outinord (ver figura 11).
2. Se realizó el cálculo de cantidades del sistema de acuerdo con la planimetría entregada por la firma contratista Hari Mosquera Chávez (los detalles del cálculo se encuentran en los anexos).

3. Se definió la hoja de preparación para ser evaluada con ayuda del aplicativo SAGUT 2020.1 (los detalles del output del aplicativo se encuentran en los anexos e incluye los presupuestos y los análisis de precios unitarios y rendimientos de obra con soporte en el listado de precios de la gobernación del Valle como referente que utiliza el aplicativo)
4. Se definieron las huellas de cada UBE de la EDT (los detalles del cálculo se encuentran en los anexos). Como ejemplo del cálculo se muestra el cálculo resumen: Para simplificar el cálculo., los materiales de cada UBE fueron categorizados por familias como lo muestra las siguientes tablas:

Tabla 10: Categorías de materiales UBE: VIGAS.

Material Genérico	Listado Total de Materiales	
ACERO	Acero laminado Acero galvanizado	ALAMBRE NEGRO # 18
		HIERRO 3/8" PARA ESTRIBOS 15X30 L=100 0.56K
		VARILLA 1/2" L=6,00M
		PUNTILLA 2CC
MADERA	Madera	TABLA 1X10x3M [2C]
HORMIGÓN 1:2:3	Concreto En Sitio	MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 Mpa

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 11: Categorías de materiales UBE: LOSAS.

Material Genérico	Listado Total de Materiales	
ACERO	Acero laminado Acero galvanizado	MALLA ELEC.H- 1.31/U131 ESP 15X30 1.38K/M2
		PUNTILLA 1.1/2 CC 363 UND/LB
ÁRIDOS	Material de río	BALASTRO
HORMIGÓN 1:2,5:4	Concreto En Sitio	MEZCLA CONCRETO 1:2.5:4« 2500 PSI-17.5MPa
MADERA	Madera	LISTON 1 x4x3M

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 12: Categorías de materiales UBE: MUROS (Sistema Outinord).

Material Genérico	Listado Total de Materiales	
ACERO	Acero laminado Acero galvanizado	ALAMBRE NEGRO # 18
		HIERRO .3/8" 37.000 [CH]
		MALLA ELECTROSOLD Q5 ESPAC 15X15 3K/M2
		PUNTILLA 2 CC
		PUNTILLA 2.1/2 104 UND/LB
POLIESTIRENO	Icopor	LAM.ICOPOR 5CM DE 125x200CM
MADERA	Madera	LISTON 2 x2x3M
		TABLA 1x05x300 AMARILL[1C]
		TABLA 1x10x3M
HORMIGÓN 1:2:3	Concreto En Sitio	MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 Mpa

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 13: Categorías de materiales UBE: CUBIERTA.

Material Genérico	Listado Total de Materiales	
ACERO	Acero laminado Acero galvanizado	AMARRAS PARA TEJA ASBESTO
		GANCHO P/TEJA ASB. MADERA
		PERFIL AG C 60mmX 120mm- 1.5 CAL.16 L= 6MTS. ACESCO
		SOPORTE METÁLICO CANAL PVC
		TORN INOXIDABLE
ASBESTO CEMENTO	Teja Asbesto Cemento	CABALLETE FIJO ASBESTO CEM L=94 U=87CM P=15-20%
		TEJA ASB.CEMENTO P 7 # 8 L= 244 /230 A= 92/87CM
PINTURA	Pinturas y Sellantes	ANTICORROSIVO PHCL 25M2/GLN
		IGASOL GRIS [SELLANTE] 3,5KG.
PVC	Tubería y accesorios PVC	BAJANTE PVC AGUAS LLUVIAS
		CANAL PVC AGUAS LLUVIAS
		CODO BAJANTE 45°
		CODO BAJANTE 90°
		SOPORTE BAJANTE PVC
		SOPORTE CANAL PVC
		TAPAS DE CANAL PVC
		UNIÓN DE CANAL PVC UNIÓN DE CANAL PVC A BAJANTE

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 14: Categorías de materiales UBE: CARPINTERÍAS.

Material Genérico	Listado Total de Materiales	
MADERA	Carpintería en madera	PUERTA EN MADERA 0,90MX2,10M SEGÚN DISEÑO
		PUERTA EN MADERA PARA BAÑO 0,70MX2,10M
HIERRO GALVANIZADO	Carpintería metálica	PUERTA METÁLICA 0,90MX2,10M SEGÚN DISEÑO
		VENTANA METÁLICA 0,75MX0,30M V3
		VENTANA METÁLICA 1,20MX1,20M V1
		VENTANA METÁLICA 2,00MX1,20M V2

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 15: Categorías de materiales UBE: INSTALACIONES SANITARIAS.

Material Genérico	Listado Total de Materiales	
ACERO	Acero laminado Acero galvanizado	ALAMBRE NEGRO # 18
		HIERRO .3/8" 37.000 [CH]
		REJILLA PLANA 2X3"
MADERA	Madera	TABLA 1x10x3M
HORMIGÓN 1:2,5:4	Concreto en sitio	MEZCLA CONCRETO 1:2.5:4« 2500 PSI-17.5MPa
PVC	Tuberías y accesorios PVC	CODO SAN PVC 2 x45ø CxC
		CODO SAN PVC 2 x90ø CXC
		CODO SAN PVC 4 x90ø CxC
		SIFON SANI PVC 2" REGISTRO
		TUBO SANIT PVC 2"
		TUBO SANIT PVC 4"
		TUBO SANIT PVC 6"
		UNION SAN PVC 2
UNION SAN PVC 6		

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 16: Categorías de materiales UBE: INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

Material Genérico	Listado Total de Materiales	
COBRE	Cableado cobre	CABLE COBRE AISLADO THHN N°8 BLANCO
		CABLE COBRE AISLADO THHN N°8 NEGRO
		CABLE COBRE AISLADO THHN N°12 BLANCO
		CABLE COBRE AISLADO THHN N°12 NEGRO
		CABLE COBRE AISLADO THHN N°14
HIERRO GALVANIZADO	Accesorios HG	TABLERO 1F- 4 CTOS VTQ SQUAR-D
PORCELANA	Accesorios de porcelana	PLAFON-BLANCO 200W CILES
PVC	Tubería y accesorios PVC	TUBO PVC 1/2" X 3 MTS
		TUBO PVC 3/4" X 3 MTS
		CURVA PVC 1/2"
		PLASTIMEC
		CURVA PVC 3/4"
		PLASTIMEC
		TERMINAL PVC 1/2"
		TERMINAL PVC 3/4"
		CAJA OCTOGONAL PVC
		CAJA 2x4 PVC
		SWITCHE TRIPLE AMBIA LEGRAND
		SWITCHE SENCILLO AMBIA LEGRAND
		TOMA 2X20 CODELCA
		BREAKER 1x 16 AMP
BREAKER 1x 20 AMP		
BREAKER 1x 30 AMP		

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 17: Categorías de materiales UBE: INSTALACIONES HIDRÁULICAS.

Material Genérico	Listado Total de Materiales	
ACERO	Acero laminado Acero galvanizado	CODO GALV .1/2x90
		NIPLE GALV .1/2x 5 CM
		GRIFO LAVADERO BLANCO 1/2"
		DUCHA SENCILLA ARTESA GRIVAL
		LAVAPLATO EN ACERO 100X50 SOCODA
		GRIFO LAVAPLATOS MEZCLADOR
		GRIF.LAVAM.MEZC.4" ARTESA GRIVAL
		NIPLE GALV .1/2x 5 CM
		TEE GALV .1/2"
PORCELANA	Porcelana sanitaria	LAVAMANOS LAGUNA/ACUACER [COLGAR]
		SANITARIO LAGUNA/ACUACER CORONA GRIFERIA-MUEBLE-PORC
PVC	Tubería y accesorios PVC	ADAP.M PRS PVC .1/2
		CODO PRS PVC .1/2x90ø
		UNION PRS PVC .1/2
		TEE PRS PVC .1/2
		UNION CON ROSCA PVC 1/2"
		TAPON PRS PVC .1/2 R
		TUBO PVC 1/2" X 3 MTS
		VALVULA UNIVERSAL 1/2"
MANGUERA FLEXIBLE GRIFLEX GRIVAL REF.38014001		

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 18: Categorías de materiales UVIS – Peso X Módulo (2UVIS).

Descripción	Unidad	Pesos Totales X 2UVIS
ÁRIDOS	kg	48037,600
ICOPOR	kg	164,630
ASBESTO CEMENTO	kg	1322,160
PINTURAS Y SELLANTES	kg	2,200
COBRE	kg	20,220
ACERO	kg	2008,678
HIERRO GALVANIZADO	kg	620,480
MADERA	kg	4363,046
MEZCLA CONCRETO 1:2.5:4« 2500 PSI-17.5MPa	kg	21976,339
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	kg	67022,836
PORCELANA	kg	111,320
PVC	kg	256,801
		145906,311
		2UVIS

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 19: Cálculo de huella de carbono y energía embebida en los materiales (Método Determinístico).

ANÁLISIS DE FACTORES X GRUPO DE MATERIALES SEGÚN SU TIPO										Unidad: Kg	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS TOTALES X 2UWS	FE ENERGÍA EMBEBIDA MJ/Kg	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	FE HUELLA DE CARBONO Kg*CO2/Kg	HUELLA DE CARBONO Kg*CO2eq	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA T*km	FE TRANSPORTE Kg*CO2eq/T*km	EMISIÓN TRANSPORTE Kg*CO2eq	VALOR TOTAL X 2UWS \$
ÁRIDOS	Kg	48037,600	0,120	5764,512	0,008	391,987	4,300	2,065,62	0,120	24,796	1,487,616,00
LOCOPOR	Kg	164,630	92,367	15206,324	3,177	523,030	639,000	1,061,99	0,120	12,628	1,484,962,60
ASBESTO CEMENTO	Kg	1322,160	8,987	11881,811	0,594	785,033	1046,000	13,829,79	0,120	166,013	1,884,400,00
PINTURAS Y SELLANTES	Kg	2,200	96,475	212,245	2,144	4,717	1110,000	24,42	0,120	0,293	52,420,00
COBRE	Kg	20,220	86,783	1754,759	4,767	96,395	633,000	127,99	0,120	1,536	955,700,00
ACERO	Kg	2008,676	33,025	66336,825	2,608	5239,303	1082,000	21,733,90	0,120	260,894	9,792,373,06
HIERRO GALVANIZADO	Kg	620,480	28,700	17807,776	4,186	2597,453	1082,000	6,713,59	0,120	140,474	4,691,500,00
MADERA	Kg	4363,946	6,23	27163,076	0,390	1657,957	40,000	1,745,22	0,120	20,950	2,337,737,29
MEZCLA CONCRETO 12,5/4- 2500 PSI-17,5MPa	Kg	21976,339	0,750	16482,254	0,076	1670,202			0,120	186,396	1,863,477,44
MEZCLA CONCRETO 12,3 3100 PSI/210MPa	Kg	67022,868	1,024	68609,044	0,125	8381,099			0,120	668,511	9,290,294,16
PORCELANA	Kg	111,320	25,480	2836,434	1,533	170,616	1041,000	1,158,84	0,120	13,911	679,400,00
PVC	Kg	256,801	79,044	20298,589	2,594	666,185	1056,000	2,711,82	0,120	32,553	3,752,271,33
		1445906,311		254353,649		22163,976				1529,953	38,272,151,88
		2UWS	EE			HC					2UWS
COSTO DIRECTO \$										38,272,151,88	
VALOR TOTAL \$										38,272,152,00	

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 20: Cálculo de huella de carbono en los materiales (Método Probabilístico).

CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO DE ZUROS																					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS TOTAL Y ZUROS	F.E HUELLA DE CARBONO kg*CO2/kg	HUELLA DE CARBONO kg*CO2eq	DEVIACIÓN ESTÁNDAR σ	VARIANZA (σ) ²	Derivada XI	Derivada XII	Derivada X3	Derivada X4	Derivada X5	Derivada X6	Derivada X7	Derivada X8	Derivada X9	Derivada X0	Derivada X1	Derivada X2			
MATERIALES							MATERIAL	BALUSTRO	COPOR	ASBESTO CEMENTO	PINTURA	COBRE	ACERO	HIERRO GALVANIZADO	MADERA	MEZCLA CONCRETO 12.5-4-200 PS-17.5MPa	MEZCLA CONCRETO 12.5- 3.00PSI 20MPa	PORCELANA	PVC		
ANILIOS	kg	4837.602	0.002	391.507	0.00538894	3.12586E-05	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	
COPOR	kg	164.638	3.177	523.082	0.26520866	0.52782718	3.177	3.250	3.177	3.177	3.177	3.177	3.177	3.177	3.177	3.177	3.177	3.177	3.177	3.177	
ASBESTO CEMENTO	kg	1322.162	0.594	785.038	0.46221467	0.17240204	0.594	0.594	0.655	0.594	0.594	0.594	0.594	0.594	0.594	0.594	0.594	0.594	0.594	0.594	
PINTURA	kg	2.202	2.144	4.717	1.3855208	1.9085708	2.144	2.144	2.283	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144	
COBRE	kg	20.222	4.767	96.395	6	1E	4.767	4.767	4.767	4.767	4.767	4.767	4.767	4.767	4.767	4.767	4.767	4.767	4.767	4.767	
ACERO	kg	2008.678	2.651	5329.308	0.43010941	0.18508898	2.651	2.651	2.651	2.651	2.651	2.651	2.651	2.651	2.651	2.651	2.651	2.651	2.651	2.651	
HIERRO GALVANIZADO	kg	620.482	4.186	2597.638	1.17047102	1.37002622	4.186	4.186	4.186	4.186	4.186	4.186	4.186	4.186	4.186	4.186	4.186	4.186	4.186	4.186	
MADERA	kg	463.042	0.394	1857.958	0.14948972	0.02219712	0.394	0.394	0.394	0.394	0.394	0.394	0.394	0.394	0.394	0.394	0.394	0.394	0.394	0.394	
MEZCLA CONCRETO 12.5-4-2500PS-17.5MPa	kg	21976.338	0.076	1670.208	0.05460293	0.00297462	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	
MEZCLA CONCRETO 12.5-3.00PSI 20MPa	kg	6702.858	0.125	8361.058	0.02088304	0.000465138	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	
PORCELANA	kg	111.302	1.533	170.618	0.82735101	0.68468304	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	
PVC	kg	256.802	2.594	666.182	0.53867403	0.290169714	2.594	2.594	2.594	2.594	2.594	2.594	2.594	2.594	2.594	2.594	2.594	2.594	2.594	2.594	
							CO2 E(m³)	2193.825	2175.957	2219.008	22164.282	22172.054	22259.380	22236.602	22225.864	22241.917	22283.946	22173.169	22177.801		
							Derivada	4837.602	164.638	1322.162	2.202	20.222	2008.678	620.482	463.042	21976.338	6702.858	111.302	256.802		
							Derivada	7882.308	1405.670	30084.689	9.345	6541.574	74652.835	57444.741	383002.213	607312.867	159159.637	8449.308	19135.771		
							Varianza (σ) ²	464639.798													
							DEVIACIÓN ESTÁNDAR σ	215.653													
							Cv (%)	9.3%													
							Contribución (%)	1.5%	0.31%	6.52%	0.0002%	0.14%	36.07%	11.35%	8.24%	13.07%	42.16%	0.38%	0.41%		

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 21: Cálculo de energía embebida en los materiales (Método Probabilístico).

CÁLCULO DE ENERGÍA EMBEBIDA DE ZUMIS																				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS TOTALES Y ZUMIS	F.E. ENERGÍA EMBEBIDA MJ/Kg	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	DEVIACIÓN ESTÁNDAR	VARIANZA [σ] ²	MATERIALES	Derivada X1	Derivada X2	Derivada X3	Derivada X4	Derivada X5	Derivada X6	Derivada X7	Derivada X8	Derivada X9	Derivada X10	Derivada X11	Derivada X12	
MATERIALES																				
BARROS	Kg	4827,603	0,128	574,512	0,10391258	0,010402278		0,130	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
ICOPOR	Kg	164,638	92,367	15236,234	13,23059391	175,0363278		92,367	93,680	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367
ACESTO CEMENTO	Kg	1322,168	8,997	11881,811	1,949202599	3,795390728		8,997	9,182	9,182	8,997	8,997	8,997	8,997	8,997	8,997	8,997	8,997	8,997	8,997
PINTURA	Kg	2,203	96,475	212,245	35,9397658	1291,657548		96,475	96,475	96,475	100,669	96,475	96,475	96,475	96,475	96,475	96,475	96,475	96,475	96,475
CORRE	Kg	20,228	86,783	1754,739	26,91397001	724,3617616		86,783	86,783	86,783	86,783	89,475	86,783	86,783	86,783	86,783	86,783	86,783	86,783	86,783
ACERO	Kg	2038,678	33,025	66336,629	6,902356940	47,64233088		33,025	33,025	33,025	33,025	33,025	33,025	33,025	33,025	33,025	33,025	33,025	33,025	33,025
HERRO GALVANIZADO	Kg	620,488	28,700	17807,716	10,81500284	116,9772678		28,700	28,700	28,700	28,700	28,700	28,700	28,700	28,700	28,700	28,700	28,700	28,700	28,700
MADEIRA	Kg	488,048	6,226	27183,076	1,627218939	2,647814468		6,226	6,226	6,226	6,226	6,226	6,226	6,226	6,226	6,226	6,226	6,226	6,226	6,226
MEZCLA CONCRETO 1:2:5 AC 2500 PSI-17.5 MPa	Kg	21976,338	0,750	16482,254	0,443262411	0,195481535		0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 21 MPa	Kg	6702,338	1,024	6869,044	0,36804089	0,134545328		1,024	1,024	1,024	1,024	1,024	1,024	1,024	1,024	1,024	1,024	1,024	1,024	1,024
PORCELANA	Kg	111,328	25,480	2836,484	6,241134752	38,95162626		25,480	25,480	25,480	25,480	25,480	25,480	25,480	25,480	25,480	25,480	25,480	25,480	25,480
PVC	Kg	256,802	79,044	20298,388	16,52202064	273,9693978		79,044	79,044	79,044	79,044	79,044	79,044	79,044	79,044	79,044	79,044	79,044	79,044	79,044
		14996,310		25433,694				25481,590	2957,470	254611,365	254861,556	254408,069	25790,110	253024,735	253663,612	25327,777	253812,977	254423,125	25478,707	
								Derivada	4807,600	164,630	1322,168	2,200	20,228	2008,678	620,488	488,048	21976,338	6702,338	111,328	256,800
								Derivada	2404069,793	4744605,160	684741,853	6251,671	296154,155	19227240,429	45085712,320	9404793,335	94082633,524	60436688,211	42065794	1806741,388
								Variância [σ] ²	104119460,874											
								DEVIACIÓN ESTÁNDAR	3267,483											
								COV [%]	12,93%											
								Contribución [%]	2,11%	0,46%	0,00%	0,00%	0,00%	19,46%	4,33%	4,84%	91,11%	90,05%	0,05%	1,74%

Fuente: (Elaboración propia)

Las emisiones de dióxido de carbono equivalente resultante de los materiales se obtienen de multiplicar los pesos de los materiales por los factores de emisión obtenidos de la literatura y los análisis determinísticos y probabilísticos según sea el caso. Se utilizó los valores de la Tabla 20: *Cálculo de huella de carbono en los materiales (Método Probabilístico)*.

Para el cálculo de las emisiones por transporte se tuvo en cuenta los recorridos más largos de las categorías, luego de haber definido mediante el uso de la aplicación Google Earth (Google Inc., 2021) las distancias desde el punto de fábrica hasta la obra. (En los anexos se encuentran los detalles de los recorridos).

Para el caso de energía embebida se procede de igual manera, multiplicando los pesos de los materiales por la energía embebida en MJ por kg de material en análisis. Se utilizó los valores de la Tabla 21: *Cálculo de energía embebida en los materiales (Método Probabilístico)*.

La huella ecológica producida por los materiales se obtuvo a partir de la huella de carbono utilizando la fórmula de Gonzalez-Vallejo, (2017):

$$HE_{MAT} = \sum_i (C_{mi} \times FE_i) \times \left(\frac{1 - A_{OC}}{A_B} \right) \times FE_C \quad (19)$$

Donde; HE_{MAT} es la huella ecológica producida por los materiales; $(C_{mi} \times FE_i)$ es la huella de carbono producida por los materiales; A_{OC} es la reducción de emisiones debido a la absorción de los océanos 28% según (Borucke et al., 2013); A_B es el factor de absorción de los bosques (3,59 tCO₂/ha) según (Global Footprint Network, 2014) y FE_C es el factor de equivalencia de absorción de carbono (1,26 hag/ha).

Luego:

(Cmi X FEi) = HC	Huella de carbono de los materiales	797,903	t*CO2eq
Aoc es la reducción de emisiones debido a la absorción de los océanos 28%		0,72	
Ab es el factor de absorción de los bosques		3,59	t*CO2/ha
FEc es el factor de equivalencia de absorción de carbono		1,26	hag/ha
Huella Ecológica de materiales del proyecto		201,631682	hag

De aquí se considera que, la huella ecológica de los materiales de 2UVIS es igual a **5,600 hag.**

El cálculo de la huella ecológica producida por los RCD se realizó teniendo en cuenta que para la gestión de los RCD en obra se utilizó mano de obra y que esta debe tratarse desde sus aportes en alimentos y en RSU. Además del análisis de los aportes generados por el transporte al sitio de disposición final de los RCD.

Tabla 22: Cálculo de horas trabajadas para HE de consumo de alimentos de GRCD.

MANO DE OBRA: CÁLCULO DE HE DE CONSUMO DE ALIMENTOS						
DESCRIPCION	UND	CANT.	N° DE PERSONAS	HORAS TRABAJADAS	VR. UNIT.	VR.TOTAL
M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTES	HC	768,000	2,000	1.536,000	17.062,00	13.103.616,00
MANO OBRA OFICIAL ALBANILERIA	HH	230,400	1,000	230,400	9.428,00	2.172.211,20
			H TRAB	1.766,400		15.275.827,20

Fuente: (Elaboración propia)

Para el cálculo de la huella producida por la alimentación se tuvo en cuenta el trabajo de Daniela González Moya (2019) en el que se toma el escenario optimista de producción (a) y se analiza una dieta 100% omnívora para un universo de 32'912.293 habitantes:

Huella Ecológica HE (hag)= 1,1913E-4 hag/persona y año
 Dividiendo por el número de horas al año: 8760 horas
 Se obtiene: 1,3599E-08 hag/h
 Multiplicando por H_{TRAB} = 1.766,400 horas
Huella Ecológica X Alimento= 2,402E-05 hag

Luego, teniendo en cuenta las cifras del DANE (Departamento Nacional de Estadísticas) para la producción de residuos sólidos en el país:

Residuos Sólidos generados 2018 21.381.380,00 ton
Número de habitantes en 2018 49.834.000,00 hab
 Dividiendo por el número de personas: 0,429 ton/hab
 Dividiendo por el número de horas al año: 8760 horas
 Se obtiene: **4,897E-05 ton/h*persona**

Según Freire (2017) la huella ecológica producida por los RSU está determinada por la fórmula:

$$HE_{RSU} = ((H_{TRAB} \times R_{RSU} \times E_{RSU} \times 0,72)/A_F) \times FE_B \quad (13)$$

Donde:

HE_{RSU} es la huella ecológica de los residuos sólidos urbanos

H_{TRAB} es la cantidad total de horas de trabajo

R_{RSU} es la cantidad de RSU producidos por hora de trabajo

E_{RSU} es el factor de emisión por residuo ($tCO_2/tRSU$)

0,72 es la Reducción de emisiones a absorber, debido a la absorción por los océanos (28%) (Borucke et al., 2013).

1.766,400 horas
4,897E-05 ton/h*persona
0,244 $tCO_2/tRSU$
0,72

A_F es productividad de área de absorción de carbono, o factor de absorción (tCO_2/ha)

F_{EB} es el factor de equivalencia de los bosques (hag/ha).

3,59 tCO_2/h
1,29 hag/ha

Huella Ecológica de Residuos Sólidos Urbanos=

5,461E-3 hag

A partir de estos resultados, sumando HE_{ALIM} y HE_{RSU} ; se obtuvo:

Huella Ecológica producida por M.O. de GRCD =

5,485E-3 hag

Para el cálculo de la huella generada por el transporte de los RCD, se consideró lo siguiente:

1. Las longitudes a los botaderos no son mayores a 10km por ende se asumen recorridos de ida y regreso de volquetas no mayores a 20km por viaje, considerando el límite superior $Lx=20km$.
2. El cálculo de emisiones de CO_2 generadas por el transporte se realizó utilizando la fórmula:

$$kg CO_2 eq = \sum DT_j \cdot QM_j \cdot FET_i \quad (14)$$

Tabla 23: Cálculo de emisiones generadas por el transporte

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS RCD X ZUVIS Kg	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA T*KM	F.E TRANSPORTE Kg*CO2eq/T*Km	EMISIÓN TRANSPORTERCD Kg*CO2eq
ÁRIDOS	Kg	480,376	20,00	9,608	0,120	1,153
ICOPOR	Kg	8,252	20,00	0,165	0,120	0,020
ASBESTO CEMENTO	Kg	66,108	20,00	1,322	0,120	0,159
PINTURA	Kg	0,011	20,00	0,000	0,120	0,000
COBRE	Kg	0,674	20,00	0,013	0,120	0,002
ACERO	Kg	54,904	20,00	1,098	0,120	0,132
HIERRO GALVANIZADO	Kg	6,205	20,00	0,124	0,120	0,015
MADERA	Kg	218,152	20,00	4,363	0,120	0,524
MEZCLA CONCRETO 1:2.5:4« 2500 PSI-17.5MPa	Kg	989,090	20,00	19,782	0,120	2,374
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	Kg	3016,028	20,00	60,321	0,120	7,238
PORCELANA	Kg	1,670	20,00	0,033	0,120	0,004
PVC	Kg	1,310	20,00	0,026	0,120	0,003
		4842,758			HC=	11,623 Kg*CO2eq
			SON 36 MÓDULOS			0,418 Ton*CO2eq

3. Para el caso de los sistemas constructivos del estudio se usaron los datos promediados de Marín (2019) que estudia la generación de residuos en obra en un proyecto institucional en el municipio de Belén de los Andaquies (Caquetá), los datos de González que utiliza la tabla de porcentajes de residuos de la BCCA y los datos de la base de datos del programa de presupuestos SAGUT 2020.1.

A partir de los datos de las emisiones generadas por el transporte, se utilizó la fórmula:

$$HE_{TRANSP} = \sum_i (DT_j \times QM_j \times FET_i) \times \left(\frac{1 - A_{OC}}{A_B}\right) \times FE_C \quad (15)$$

$(DT_j \times QM_j \times FET_i)$	Emisiones generadas por el transporte	0,418 t*CO _{2eq}
A _{OC} es la reducción de emisiones debido a la absorción de los océanos	28%	0,72
A _B es el factor de absorción de los bosques		3,59 t*CO ₂ /ha
F _{EC} es el factor de equivalencia de absorción de carbono		1,26 hag/ha

Huella Ecológica producida por el transporte de RCD **0,1057 hag**

La huella ecológica producida por la gestión de los RCD está determinada por la suma de (huella ecológica producida por la mano de obra de GRCD + huella ecológica producida por el transporte de RCD):

Huella Ecológica producida por la GRCD **0,1112 hag**

De aquí se considera que, la huella ecológica generada por la gestión de los RCD de 2UVIS es igual a **3,0894E-3 hag**.

El cálculo de la huella ecológica de mano de obra se realizó teniendo en cuenta los aportes producidos por la alimentación y por los RSU del personal que trabaja en el proyecto.

Para el cálculo de la huella producida por la alimentación se tuvo en cuenta el trabajo de Daniela González Moya (2019) en el que se toma el escenario optimista de producción (a) y se analiza una dieta 100% omnívora para un universo de 32'912.293 habitantes:

Huella Ecológica HE (hag)=	1,1913E-4 hag/persona y año
Dividiendo por el número de horas al año:	8760 horas
Se obtiene:	1,3599E-08 hag/h
Multiplicando por H _{TRAB} =	51.858,086 horas
Huella Ecológica X Alimento=	7,0526E-4 hag

La Tabla 24 muestra el cálculo de horas de trabajo del personal del proyecto. El proyecto requirió 51.858,06 horas de trabajo del personal.

Tabla 24: Cálculo de horas trabajadas para HE consumo de alimentos de M.O.

DESCRIPCION	UND	CANT.	N° DE PERSONAS	HORAS TRABAJADAS	VR. UNIT.	VR.TOTAL
DIRECTOR DE OBRA	HC	120,000	1,000	120,000	109.500,00	13.140.000,00
RESIDENTE	HC	240,000	1,000	240,000	85.166,67	20.440.000,00
MAESTRO DE OBRA	HC	240,000	1,000	240,000	48.666,67	11.680.000,00
SUPERVISOR	HC	240,000	1,000	240,000	39.250,00	9.420.000,00
ALMACENISTA	HC	240,000	1,000	240,000	20.933,33	5.024.000,00
SECRETARIA	HC	240,000	1,000	240,000	18.316,67	4.396.000,00
MOTORISTA	HC	240,000	1,000	240,000	18.316,67	4.396.000,00
CONTADOR	HC	120,000	1,000	120,000	48.666,67	5.840.000,00
PROFESIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD	HC	240,000	1,000	240,000	48.666,67	11.680.000,00
TRABAJADORA SOCIAL	HC	120,000	1,000	120,000	48.666,67	5.840.000,00
AUXILIAR CONTABLE	HC	240,000	1,000	240,000	28.783,33	6.908.000,00
M.O. ALBANILERIA 1 AYUDANTE	HC	460,440	1,000	460,440	8.531,00	3.928.013,64
M.O. ALBANILERIA 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	14.805,360	2,000	29.610,720	22.775,00	337.192.074,00
M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTE	HC	18,000	2,000	36,000	17.062,00	307.116,00
M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTE-1 OFI	HC	2.700,536	3,000	8.101,607	31.306,00	84.542.970,00
M.O. ALBANILERIA 3 AYUDANTE	HC	1.158,903	3,000	3.476,709	25.593,00	29.659.806,32
M.O. CARP.MADERA 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	324,000	2,000	648,000	25.624,00	8.302.176,00
M.O. CARP.TALLER 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	954,000	2,000	1.908,000	24.198,00	23.084.892,00
M.O. ELECTRICAS 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	864,000	2,000	1.728,000	31.885,00	27.548.640,00
M.O. HIDROSANIT. 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	1.512,144	2,000	3.024,288	24.201,00	36.595.396,94
M.O. PINTURA 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	36,000	2,000	72,000	24.201,00	871.236,00
MANO OBRA OFICIAL ALBANILERIA	HH	512,322	1,000	512,322	9.428,00	4.830.169,55
			H TRAB	51.858,086		655.626.490,46

Fuente: (Elaboración propia)

Luego, teniendo en cuenta las cifras del DANE (Departamento Nacional de Estadísticas) para la producción de residuos sólidos en el país:

Residuos Sólidos generados 2018	21.381.380,00 ton
Número de habitantes en 2018	49.834.000,00 hab
Dividiendo por el número de personas:	0,429 ton/hab
Dividiendo por el número de horas al año:	8760 horas
Se obtiene:	4,8978E-05 ton/h*persona

Según Freire (2017) la huella ecológica producida por los RSU está determinada por la fórmula:

$$HE_{RSU} = ((H_{TRAB} \times R_{RSU} \times E_{RSU} \times 0,72)/A_F) \times FE_B \quad (13)$$

Donde:

HE_{RSU} es la huella ecológica de los residuos sólidos urbanos

H_{TRAB} es la cantidad total de horas de trabajo 51.858,086 horas

R_{RSU} es la cantidad de RSU producidos por hora de trabajo 4,8978E-05 ton/h*persona

E_{RSU} es el factor de emisión por residuo (tCO ₂ /tRSU)	0,244 tCO ₂ /tRSU
0,72 es la Reducción de emisiones a absorber, debido a la absorción por los océanos (28%) (Borucke et al., 2013).	0,72
A_F es productividad de área de absorción de carbono, o factor de absorción (tCO ₂ /ha)	3,59 tCO ₂ /h
F_{EB} es el factor de equivalencia de los bosques (hag/ha).	1,29 hag/ha

A partir de estos resultados, y sumando HE_{ALIM} y HE_{RSU} ; se obtuvo:

Huella Ecológica producida por Mano de Obra= 0,1610 hag

De aquí se considera que, la huella ecológica de la mano de obra para 2UVIS es igual a **4,4773E-3 hag**

En el cálculo de la huella ecológica producida por la maquinaria se requirió conocer la huella producida por los equipos que trabajan con combustible, teniendo en cuenta el tiempo de uso (hrs) durante el proyecto y aplicando la fórmula de (Freire, 2017):

$$HE_{COMB} = ((V \times E_{COMB} \times 0,72)/A_F) \times FE_B \quad (10)$$

Donde; HE_{COMB} es la huella ecológica de la maquinaria a combustible; V es el consumo de combustible en litros que está dado por $V = (Pot \times TU \times Rend)$ en la que Pot es la potencia del motor de la maquinaria (kW); TU es el tiempo de uso de la maquinaria en los trabajos de obra (h) y $Rend$ es el combustible consumido por el motor (l/kW).

Tabla 25: Cálculo de HE producida por maquinaria de combustible.

DESCRIPCION	UND	TU (h)	Pot (kW)	Rend (lt/kWh)	Ecomb (tCO2/l)	A _F (tCO2/Ha)	% Red	FE _B (Hag/Ha)	HE (Hag)
VIBROCOMPACTADOR CA-15	HRS	11,693	101	0,412	0,00293	3,59	0,72	1,29	0,369
VIBROCOMPACTADOR TIPO RANA	HRS	1484,145	5,22	0,12	0,00293	3,59	0,72	1,29	0,705
APORTES TOTALES									1,0736

Fuente: (Elaboración propia)

La huella producida por la maquinaria que trabaja a combustible es de **1,0736 hag**.

También se tuvo en cuenta la huella producida por la maquinaria / equipo eléctrico utilizado en la obra, y fue calculado con aplicación de la fórmula de (Freire, 2017):

$$HE_{ELEC} = (((Pot \times TU) \times E_{ELEC} \times 0,72)/A_F) \times FE_B \quad (11)$$

Donde; HE_{ELEC} es la huella ecológica de la maquinaria eléctrica; Pot es la potencia del motor de la maquinaria (kW); TU es el tiempo de uso de la maquinaria en los trabajos de obra (h); E_{ELEC} es el factor de emisión del mix energético (t CO₂/kWh); 0,72 es la reducción de emisiones a absorber, debido a la absorción por los océanos (28%) (Borucke et al., 2013)., A_F es la productividad del área de absorción de carbono, o factor de absorción con un valor de 3,59 tCO₂/ha (Freire, 2017)., y FE_B es el factor de equivalencia de los bosques.

Tabla 26: Cálculo de HE producida por maquinaria eléctrica.

DESCRIPCION	UND	TU (h)	Pot (kW)	E energía (tCO ₂ /kWh)	Af (tCO ₂ /Ha)	% Red	FE (Hag/Ha)	HE (Hag)
PULIDORA CON PIEDRA O DISCO	HRS	115,200	0,720	0,00019	3,590	0,720	1,290	0,0042
SOLDADOR ELÉCTRICO	HRS	345,600	26,400	0,00019	3,590	0,720	1,290	0,4579
VIBRADOR ELÉCTRICO	HRS	1.159,776	2,240	0,00019	3,590	0,720	1,290	0,1304
APORTES TOTALES								0,5925

Fuente: (Elaboración propia)

La huella producida por la maquinaria eléctrica es de **0,5925 hag**.

A partir de estos resultados, y sumando HE_{COMB} y HE_{ELEC} ; se obtuvo:

Huella Ecológica producida por Maquinaria = 1,6660 hag

De aquí se considera que, la huella ecológica de la maquinaria para 2UVIS es igual a **4,6279E-2 hag**.

Para el cálculo del consumo eléctrico en obra según la metodología planteada (por Gonzalez-Vallejo 2017) se requiere tener los siguientes datos base:

1. Consumo eléctrico de la obra:

Para hallar el consumo eléctrico de la obra se ha tenido en cuenta los consumos producidos por las oficinas, bodegas, comedores y vestuarios (denominados **consumos de energía eléctrica del campamento**)

También se tuvo en cuenta el consumo de la iluminación de la obra.

Utilizando el simulador de CEDENAR (Centrales Eléctricas de Nariño S.A. E.S.P) se obtuvo:

Consumos de energía eléctrica de campamento aprox = **1088 kWh**

2. Factor de emisión de kg de CO₂ por cada kWh de electricidad consumida:

Una vez que obtiene el consumo en kW, se necesita el factor de emisiones de la electricidad para el año de construcción del proyecto y dependerá del mix energético de la electricidad del año en cada país.

Para Colombia, según la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) en el año 2014 la contribución al SIN (Sistema de Interconexión Nacional) mostró un comportamiento de acuerdo a la gráfica:

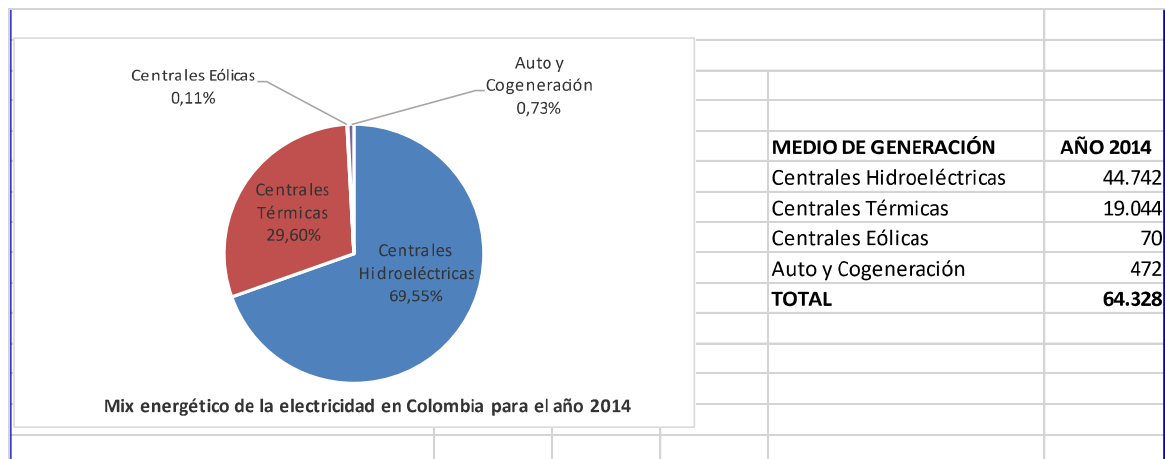


Figura 11: Mix energético en Colombia para el año 2014 (UPME, 2014)

El mayor porcentaje generado se debe a la energía producida por las centrales hidroeléctricas con un aporte de 69,55%, seguida de la generación producida por las centrales térmicas con el 29,60% y las de menor aporte generadas por las centrales eólicas y la auto y cogeneración con 0,11% y 0,73% respectivamente.

Las emisiones correspondientes para el 2014 son de 0,194 tCO₂/MWh = **1,94E-4 tCO₂/kWh**.

Teniendo en cuenta que el dato calculado por el UPME tiene en cuenta las pérdidas por transporte de energía desde el origen hasta el punto de consumo final no se le hace reducción por pérdidas.

A partir de estos datos, y con la utilización de la fórmula de (Gonzalez-Vallejo, 2017):

$$HE_{ELEC} = C_{ELEC} \times E_{ELEC} \times \left(\frac{1 - A_{OC}}{A_B} \right) \times FE_B \quad (14)$$

Se obtuvo;

HE_{ELEC} es la huella ecológica de la electricidad (hag)	
C_{ELEC} es el consumo eléctrico (kWh)	1088 kWh
E_{ELEC} es el factor de emisión de la electricidad	1,94E-4 tCO ₂ /kWh
A_{OC} es la reducción de emisiones debido a la absorción de los océanos	0,72
A_B es el factor de absorción de los bosques (tCO ₂ /ha)	3,59 tCO ₂ /ha
F_{EB} es el factor de equivalencia de los bosques (hag/ha).	1,29 hag/ha

Huella Ecológica producida por la electricidad 0,0546 hag

De aquí se considera que, la huella ecológica producida por la electricidad durante el proyecto de 2UVIS es igual a **1,5169E-3 hag**.

Para ser consecuentes con la metodología para el cálculo de HE de la construcción hasta ahora implementada, se siguen las recomendaciones de (Freire 2017), contabilizar la

energía producida para poder consumir el agua en obra (teniendo en cuenta su uso tanto en los componentes directos como en los componentes indirectos del presupuesto).

La cantidad de agua consumida en obra se calcula teniendo en cuenta dos consideraciones:

La cantidad de agua que se consume en los procesos de producción de concretos y morteros, calculada a partir de las cantidades obtenidas de los Análisis de Precios Unitarios del presupuesto.

Tabla 27: Cálculo de cantidad de agua utilizada en actividades de obra.

DESCRIPCION	UND	CANT.	VR. UNIT.	VR.TOTAL
AGUA	LTS	192.845,939	19,00	3.664.072,85
		192,846 M3		

Y la cantidad de agua que se consume en los baños y áreas de servicio de oficinas, bodegas, comedores y riegos (denominada consumo de agua de campamento), teniendo en cuenta para su cálculo la Resolución 549 de 2015 y sus anexos para clima cálido húmedo que determina para oficina un consumo base de 45,8 lts/pers/día.

Consumo de agua de campamento aprox = 192,36 m³

Cantidad de agua consumida en obra = **385,206 m³**

Obtenido el dato de cantidad de agua consumida, se aplica la fórmula (Gonzalez-Vallejo, 2017):

$$HE_{AGUA} = C_{AGUA} \times IE_{AGUA} \times E_{ELEC} \times \left(\frac{1 - A_{OC}}{A_B}\right) \times FE_B \quad (15)$$

HE_{AGUA} es la huella ecológica producida por el consumo de agua en el proyecto

C_{AGUA} es el consumo de agua del proyecto (m³)

385,206 m³

IE_{AGUA} es la intensidad energética de consumo de agua (0,44 kWh/m ³) (Freire 2017)	0,44 kWh/m ³
E_{ELEC} es el factor de emisión de la electricidad (tCO ₂ /kWh)	1,94E-4 tCO ₂ /kWh
A_{OC} es la reducción de emisiones debido a la absorción de los océanos	0,28
A_B es el factor de absorción de los bosques (tCO ₂ /ha)	3,59 tCO ₂ /ha
F_{EB} es el factor de equivalencia de los bosques (hag/ha).	1,29 hag/ha
Huella Ecológica producida por el agua	8,507E-3 hag

De aquí se considera que, la huella ecológica del agua requerida para la construcción de 2UVIS es igual a **2,363E-4 hag**

El cálculo de la superficie consumida se hizo de forma directa a partir de los planos *as built* del proyecto que fueron proporcionados por la firma constructora HMC.

$$S = \sum Ati \times n$$

S es el área total de viviendas del proyecto	
Ati es el área de 1 UVIS (Unidad de Vivienda de Interés Social) (M2)	48 m ²
n es el número de viviendas del proyecto	72
	3.456,00 m ²
Área Total en (ha)	0,0346 ha

Calculada el área total de viviendas del proyecto, se puede utilizar la fórmula:

$$HE_{SUP} = S \times FE_B \quad (17)$$

HE_{SUP} es la huella ecológica producida por la superficie consumida (Hag)

S es el área total de viviendas del proyecto (ha)	0,0346 ha
F_{EB} es el factor de equivalencia de los bosques (hag/ha).	1,29 hag/ha

Huella Ecológica producida por la superficie **0,0446 hag**

De aquí se considera que, la huella ecológica de la superficie para la construcción de 2UVIS es igual a **1,2384E-3 hag**

La siguiente tabla muestra el resumen de resultados de cálculo de huellas para el sistema outinord:

Tabla 28: Resumen de resultados cálculo de huella ecológica sistema outinord.

Descripción	Proyecto Outinord			
	HC ton CO ₂ eq	EE MJ	HE _{TOTAL} hag	HE _{2UVIS} hag
Materiales	853,421		215,661	5,990
Fabricación	797,903	9.156.731,362	201,631	5,601
Transporte	55,078		13,918	0,387
RCD	0,439		0,111	3,089E-3
Mano De Obra			0,161	4,473E-3
Alimentos			7,052E-4	1,959E-05
RSU	0,619		0,160	4,453E-3
Equipos	6,439		1,666	4,628E-2
A Combustibles	4,149		1,073	2,982E-2
Eléctricos	2,290		0,592	1,646E-2
Electricidad	0,211		0,055	1,517E-3
Agua	0,033		8,506E-3	2,363E-4
Superficie			4,458E-2	1,238E-3
Resumen Del Proyecto			217,596	6,044

Fuente: (Elaboración propia)

3.7. Sistema convencional

Los cálculos realizados para el sistema convencional siguen la misma metodología descrita en el cálculo de huellas del sistema Outinord. A continuación, se muestran los cálculos realizados en la UBE de cerramientos que representa la diferencia marcada en los dos sistemas constructivos.

Siendo que los materiales de cada UBE fueron categorizados por familias de la misma manera como hizo con el análisis del sistema Outinord. Para este caso del sistema

convencional solo se especifica la categorización de la UBE de muros de encerramiento como lo muestra las siguientes tablas:

Tabla 29: Categorías de materiales UBE: MUROS (Sistema Convencional).

Material Genérico	Listado Total de Materiales	
Aceros	Acero laminado Acero galvanizado	Hierro .3/8" 37.000 [Ch]
		Hierro de 60000 psi 420 MPa
		Puntilla 2 cc
		Alambre Negro # 18
		Segueta Sin Marco
Madera	Madera	TABLA 1x10x3m
		VARETA 2"X2"X3m
Mortero 1:3	Mortero 1:3	Mortero 1:3
Mortero 1:4	Mortero 1:4	Mortero 1:4
Ladrillo	Ladrillo tolete	Ladrillo Común Sucio

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 30: Categorías de materiales UVIS – Peso X Módulo (2UVIS).

Descripción	Unidad	Pesos Totales X 2UVIS
PVC	kg	255,901
ACERO	kg	1797,243
PINTURA	kg	2,200
ARIDOS	kg	48037,600
FIBROCEMENTO	kg	1322,160
COBRE	kg	20,220
PORCELANA	kg	111,320
MADERA	kg	4176,599
MEZCLA CONCRETO 1:2.5:4« 2500 PSI-17.5Mpa	kg	21979,773
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 21 Mpa	kg	28122,170
HIERRO GALVANIZADO	kg	620,480
LADR COMUN/SUCIO	kg	24227,151
MORTERO 1:3	kg	14162,785
MORTERO 1:4	kg	4780,071
		149615,673
		2UVIS

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 31: Cálculo de huella de carbono y energía embebida en los materiales (Método Determinístico Sistema Convencional).

ANÁLISIS DE FACTORES X GRUPO DE MATERIALES SEGÚN SU TIPO										Unidad: Kg	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS TOTALES X 2UWS	F.E. ENERGÍA EMBEBIDA MJ/Kg	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	F.E. HUELLA DE CARBONO Kg*CO2/Kg	HUELLA DE CARBONO Kg*CO2eq	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA T*km	F.E. TRANSPORTE Kg*CO2eq/T*km	EMISIÓN TRANSPORTE Kg*CO2eq	VALOR TOTAL X 2UWS \$
ITEM: BASICO											
PVC	Kg	255,901	79,044	2027,450	2,394	663,660	1066,000	270,23	0,120	32,380	\$ 3,747,071,33
ACERO	Kg	1797,243	33,025	58354,146	2,608	4687,809	1082,000	1,944,62	0,120	264,544	\$ 10,118,899,86
PINTURA	Kg	2,200	96,475	212,245	2,144	4,717	1110,000	2,44	0,120	0,260	\$ 52,420,00
ARIDOS	Kg	48037,600	0,120	5764,512	0,008	391,987	4,300	206,56	0,120	24,796	\$ 1,487,616,00
FIBROCEMENTO	Kg	1322,160	8,987	11881,811	0,594	785,033	1046,000	1,382,98	0,120	166,013	\$ 1,884,400,00
COBRE	Kg	20,220	86,763	1754,759	4,767	96,395	633,000	12,80	0,120	1,536	\$ 955,700,00
PORCELANA	Kg	111,320	25,480	2836,434	1,533	170,616	1041,000	115,88	0,120	13,907	\$ 679,400,00
MADERA	Kg	4176,599	6,226	26002,312	0,380	1587,108	40,000	167,06	0,120	20,054	\$ 3,168,958,92
MEZCLA CONCRETO 1:2,5:4 c 2500 PS-17,5MPa	Kg	21979,773	0,750	16484,829	0,076	1670,463	-	-	0,120	184,706	\$ 1,863,477,44
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PS/21 MPa	Kg	28122,170	1,024	28767,728	0,125	3508,241	-	-	0,120	280,925	\$ 3,897,863,76
HIERRO GALVANIZADO	Kg	620,480	28,700	17807,776	4,168	2597,453	1082,000	671,36	0,120	140,474	\$ 4,691,500,00
LADR COMUNJUCIO	Kg	2427,151	3,584	86837,031	0,233	5649,772	1125,000	27,255,54	0,120	3271,756	\$ 5,491,487,56
MORTERO 1:3	Kg	14162,785	1,320	18694,876	0,199	2818,394	-	-	0,120	206,525	\$ 1,967,640,67
MORTERO 1:4	Kg	4780,071	1,132	5411,041	0,270	1292,213	-	-	0,120	56,841	\$ 583,873,23
		149615,673		302056,949		25924,049				4664,717	\$ 40,590,308,77
		2UWS		EE		HC					2UWS
										COSTO DIRECTO \$ 40,590,308,77	
										40,590,309,00	

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 32: Cálculo de huella de carbono en los materiales (Método Probabilístico Sistema Convencional).

CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO DE MATERIALES LUIS																					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS TOTALES X ZUVIS	F E HUELLA DE CARBONO kg*CO2/kg	HUELLA DE CARBONO kg*CO2q	DESVIACIÓN ESTÁNDAR σ	VARIANZA [σ] ²	Derivada X1	Derivada X2	Derivada X3	Derivada X4	Derivada X5	Derivada X6	Derivada X7	Derivada X8	Derivada X9	Derivada X10	Derivada X11	Derivada X12	Derivada X13	Derivada X14	
MATERIALES							MATERIAL	ACERO	PINTURA	AMIDOS	FIBROCEMENTO	COBRE	PORCELANA	MADERA	MEZCLA CONCRETO PS-17.5MPa	MEZCLA CONCRETO 12.54- 2500 12.3 3100 PS 21 MPa	HIERRO GALVANIZADO COMUN/SUCIO	LADR COMUN/SUCIO	MORTERO 1:3 1:4	MORTERO 1:3 1:4	
PVC	kg	255.901	2.594	663.856	0.538674038	0.290169716		2.594		2.594	2.594	2.594	2.594	2.594	2.594	2.594	2.594	2.594	2.594	2.594	2.594
ACERO	kg	1797.246	2.608	4687.896	0.4010168	0.160816898		2.608	2.608	2.608	2.608	2.608	2.608	2.608	2.608	2.608	2.608	2.608	2.608	2.608	2.608
PINTURA	kg	2.203	2.144	4.717	1.38955288	1.93887208		2.144	2.283	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144	2.144
AMIDOS	kg	48937.000	0.008	391.587	0.005389948	3.173996709		0.008	0.008	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
COBRE	kg	1327.160	0.594	785.033	0.416221467	0.173240909		0.594	0.594	0.594	0.594	0.594	0.594	0.594	0.594	0.594	0.594	0.594	0.594	0.594	0.594
PORCELANA	kg	20.220	4.767	96.395	4.767	4.767		4.767	4.767	4.767	4.767	4.767	4.767	4.767	4.767	4.767	4.767	4.767	4.767	4.767	4.767
MADERA	kg	111.320	1.533	170.616	0.82573101	0.681868184		1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533
MEZCLA CONCRETO 12.54- 2500 PS-17.5MPa	kg	4176.599	0.380	1587.108	0.44343972	0.201119712		0.380	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380
MEZCLA CONCRETO 12.3 3100 PS-11 MPa	kg	21979.778	0.076	1670.463	0.05467693	0.00257482		0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076
HIERRO GALVANIZADO	kg	28122.170	0.125	3508.411	0.02088304	0.000436138		0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
MORTERO 1:3	kg	620.480	4.186	2597.653	3.17071103	1.370002602		4.186	4.186	4.186	4.186	4.186	4.186	4.186	4.186	4.186	4.186	4.186	4.186	4.186	4.186
MORTERO 1:4	kg	24277.151	0.233	5649.772	0.01073537	0.00012619		0.233	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233
	kg	4780.071	0.706	2833.394	0.07394684	0.005468662		0.706	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706	0.706
	kg	148615.673	0.270	1292.213	0.181925016	0.033098915		0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270
	kg			25924.049				25937.834	26001.358	25924.355	25970.081	25932.137	25933.242	25983.292	26001.892	25982.780	25986.675	25950.877	25942.454	26011.011	
	kg							255.901	1797.243	2.200	48937.600	1322.140	20.220	111.320	4176.599	21979.775	620.480	24277.151	4780.071	4780.071	
	kg							19001.878	597655.800	9.345	30282.609	6515.571	8445.808	30967.833	607302.647	348927.780	527444.741	71971.689	33971.057	759234.083	
	kg							3699501.353													
	kg							1923.409													
	kg							7.42%													
	kg							0.51%	16.16%	0.00%	8.19%	0.18%	0.73%	9.49%	16.47%	9.32%	14.26%	1.95%	0.97%	20.44%	

Fuente: (Elaboración propia)

En este sistema la huella ecológica obtenida para los materiales fue:

(Cmi X FEi) = HC	Huella de carbono de los materiales	933,266 t*CO2eq
Aoc es la reducción de emisiones debido a la absorción de los océanos 28%		0,72
Ab es el factor de absorción de los bosques		3,59 t*CO2/ha
FEc es el factor de equivalencia de absorción de carbono		1,26 hag/ha
Huella Ecológica de materiales del proyecto		235,838083 hag

De aquí se considera que, la huella ecológica de los materiales de 2UVIS es igual a **6,5508 hag**.

La huella producida por la gestión de los RCD del proyecto fue:

Tabla 34: Cálculo de horas trabajadas para HE consumo de alimentos GRCD

MANO DE OBRA: CÁLCULO DE HE DE CONSUMO DE ALIMENTOS						
DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	Nº DE PERSONAS	HORAS TRABAJADAS	VR. UNIT.	VR.TOTAL
M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTES	HC	384,000	2,000	768,000	17.062,00	6.551.808,00
MANO OBRA OFICIAL ALBANILERIA	HH	230,400	1,000	230,400	9.428,00	2.172.211,20
			H TRAB	998,400		8.724.019,20
VALOR TOTAL INSUMOS						

Fuente: (Elaboración propia)

Teniendo en cuenta el trabajo de Daniela González Moya, (2019):

Huella Ecológica HE (hag)= 1,1913E-4 hag/persona y año
 Dividiendo por el número de horas al año: 8760 horas
 Se obtiene: 1,3599E-08 hag/h
 Multiplicando por H TRAB = 998,400 horas
Huella Ecológica X Alimento= 1,3578E-05 hag

Tabla 35: Cálculo de horas trabajadas para HE de RSU para GRCD

MANO DE OBRA: CÁLCULO DE HE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA GRCD						
DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	Nº DE PERSONAS	HORAS TRABAJADAS	VR. UNIT.	VR.TOTAL
M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTE	HC	384,000	2,000	768,000	17.062,00	6.551.808,00
MANO OBRA OFICIAL ALBANILERIA	HH	230,400	1,000	230,400	9.428,00	2.172.211,20
			H TRAB	998,400		8.724.019,20

Fuente: (Elaboración propia)

Teniendo en cuenta las cifras de DANE (Departamento Nacional de Estadísticas) para la producción de residuos sólidos en el país:

Residuos Sólidos generados 2018	21.381.380,00 ton
Número de habitantes en 2018	49.834.000,00 hab
Dividiendo por el número de personas:	0,429 ton/hab
Dividiendo por el número de horas al año:	8760 horas
Se obtiene:	4,8978E-05 ton/h*persona

La huella ecológica de los RSU está dada por:

$$HE_{RSU} = ((H_{TRAB} \times R_{RSU} \times E_{RSU} \times 0,72)/A_F) \times FE_B \quad (13)$$

Donde:

HE_{RSU} es la huella ecológica de los residuos sólidos urbanos

H_{TRAB} es la cantidad total de horas de trabajo

988,400 horas

R_{RSU} es la cantidad de RSU producidos por hora de trabajo

4,897E-05 ton/h*persona

E_{RSU} es el factor de emisión por residuo (tCO₂/tRSU)

0,244 tCO₂/tRSU

0,72 es la Reducción de emisiones a absorber, debido a la absorción por los océanos (28%) (Borucke et al., 2013).

0,72

A_F es productividad de área de absorción de carbono, o factor de absorción (tCO₂/ha)

3,59 tCO₂/h

F_{EB} es el factor de equivalencia de los bosques (hag/ha).

1,29 hag/ha

Huella Ecológica de Residuos Sólidos Urbanos= 3,0869E-3 hag

A partir de estos resultados, sumando HE_{ALIM} y HE_{RSU} ; se obtuvo:

Huella Ecológica producida por M.O. de GRCD = 3,1005E-3 hag

Para el cálculo de la huella generada por el transporte de los RCD, se consideró lo siguiente:

1. Las longitudes a los botaderos no son mayores a 10km por ende se asumen recorridos de ida y regreso de volquetas no mayores a 20km por viaje, considerando el límite superior $L_x=20$ km.
2. El cálculo de emisiones de CO₂ generadas por el transporte se realizó utilizando la fórmula:

$$kg\ CO_2\ eq = \sum DT_j \cdot QM_j \cdot FET_i \quad (14)$$

Tabla 36: Cálculo de emisiones generadas por transporte de RCD.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS RCD X 2UVIS Kg	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA T*km	F.E. TRANSPORTE Kg*CO2eq/T*km	EMISIÓN TRANSPORTE RCD Kg*CO2eq
ÁRIDOS	Kg	480,376	20,00	9,608	0,120	1,153
ASBESTO CEMENTO	Kg	66,108	20,00	1,322	0,120	0,159
PINTURA	Kg	0,011	20,00	0,000	0,120	0,000
COBRE	Kg	0,674	20,00	0,013	0,120	0,002
ACERO	Kg	49,125	20,00	0,982	0,120	0,118
HIERRO GALVANIZADO	Kg	6,205	20,00	0,124	0,120	0,015
MADERA	Kg	208,830	20,00	4,177	0,120	0,501
MEZCLA CONCRETO 1:2:5-4« 2500 PSI-17.5MPa	Kg	989,090	20,00	19,782	0,120	2,374
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	Kg	1265,498	20,00	25,310	0,120	3,037
PORCELANA	Kg	1,670	20,00	0,033	0,120	0,004
PVC	Kg	1,305	20,00	0,026	0,120	0,003
		3068,891			HC=	7,365 Kg*CO2eq
			SON 36 MÓDULOS			
						0,265 Ton*CO2eq

Fuente: (Elaboración propia)

A partir de los datos de las emisiones generadas por el transporte, se utilizó la fórmula:

$$HE_{TRANSP} = \sum_i (DT_j \times QM_j \times FET_i) \times \left(\frac{1 - A_{OC}}{A_B} \right) \times FE_C \quad (15)$$

$(DT_j \times QM_j \times FET_i)$	Emisiones generadas por el transporte	0,265 t*CO ₂ eq
A _{OC} es la reducción de emisiones debido a la absorción de los océanos 28%		0,72
A _B es el factor de absorción de los bosques		3,59 t*CO ₂ /ha
F _{EC} es el factor de equivalencia de absorción de carbono		1,26 hag/ha

Huella Ecológica producida por el transporte de RCD **0,0686 hag**

La huella ecológica producida por la gestión de los RCD está determinada por la suma de (huella ecológica producida por la mano de obra de GRCD + huella ecológica producida por el transporte de RCD):

Huella Ecológica producida por la GRCD **0,0717 hag**

De aquí se considera que, la huella ecológica generada por la gestión de los RCD de 2UVIS es igual a **1,9917E-3 hag**.

El cálculo de la huella ecológica de mano de obra se realizó teniendo en cuenta los aportes producidos por la alimentación y por los RSU del personal que trabaja en el proyecto.

Para el cálculo de la huella producida por la alimentación se tuvo en cuenta el trabajo de Daniela González Moya (2019) en el que se toma el escenario optimista de producción (a) y se analiza una dieta 100% omnívora para un universo de 32'912.293 habitantes:

Huella Ecológica HE (hag)= 1,1913E-4 hag/persona y año
 Dividiendo por el número de horas al año: 8760 horas
 Se obtiene: 1,3599E-08 hag/h
 Multiplicando por H_{TRAB} = 47.137,751 horas
Huella Ecológica X Alimento= 6,4107E-4 hag

La Tabla 37: Cantidad de horas trabajadas mano de obra proyecto convencional. muestra el cálculo de horas de trabajo del personal del proyecto. El proyecto requirió 47.137,751 horas de trabajo del personal.

Tabla 37: Cantidad de horas trabajadas mano de obra proyecto convencional.

DESCRIPCION	UND	CANT.	Nº DE PERSONAS	HORAS TRABAJADAS	VR. UNIT.	VR.TOTAL
DIRECTOR DE OBRA	HC	120,000	1,000	120,000	109.500,00	13.140.000,00
RESIDENTE	HC	240,000	1,000	240,000	85.166,67	20.440.000,00
MAESTRO DE OBRA	HC	240,000	1,000	240,000	48.666,67	11.680.000,00
SUPERVISOR	HC	240,000	1,000	240,000	39.250,00	9.420.000,00
ALMACENISTA	HC	240,000	1,000	240,000	20.933,33	5.024.000,00
SECRETARIA	HC	240,000	1,000	240,000	18.316,67	4.396.000,00
MOTORISTA	HC	240,000	1,000	240,000	18.316,67	4.396.000,00
CONTADOR	HC	120,000	1,000	120,000	48.666,67	5.840.000,00
PROFESIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD	HC	240,000	1,000	240,000	48.666,67	11.680.000,00
TRABAJADORA SOCIAL	HC	120,000	1,000	120,000	48.666,67	5.840.000,00
AUXILIAR CONTABLE	HC	240,000	1,000	240,000	28.783,33	6.908.000,00
M.O. ALBANILERIA 1 AYUDANTE	HC	1.061,173	1,000	1.061,173	8.531,00	9.052.863,86
M.O. ALBANILERIA 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	10.611,115	2,000	21.222,230	22.775,00	241.668.148,68
M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTE	HC	432,815	2,000	865,630	17.062,00	7.384.690,21
M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTE-1 OFI	HC	2.700,536	3,000	8.101,607	31.306,00	84.542.970,00
M.O. ALBANILERIA 3 AYUDANTE	HC	737,068	3,000	2.211,204	25.593,00	18.863.782,14
M.O. ALBANILERIA 3 AYUDANTE-1 OFI	HC	923,760	4,000	3.695,040	25.594,00	23.642.713,44
M.O. CARP.MADERA 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	324,000	2,000	648,000	25.624,00	8.302.176,00
M.O. CARP.TALLER 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	954,000	2,000	1.908,000	24.198,00	23.084.892,00
M.O. ELECTRICAS 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	864,000	2,000	1.728,000	31.885,00	27.548.640,00
M.O. HIDROSANIT. 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	1.512,144	2,000	3.024,288	24.201,00	36.595.396,94
M.O. PINTURA 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	36,000	2,000	72,000	24.201,00	871.236,00
MANO OBRA OFICIAL ALBANILERIA	HH	320,579	1,000	320,579	9.428,00	3.022.414,66
			H TRAB	47.137,751		583.343.923,94

Fuente: (Elaboración propia)

Luego, teniendo en cuenta las cifras del DANE (Departamento Nacional de Estadísticas) para la producción de residuos sólidos en el país:

Residuos Sólidos generados 2018	21.381.380,00 ton
Número de habitantes en 2018	49.834.000,00 hab
Dividiendo por el número de personas:	0,429 ton/hab
Dividiendo por el número de horas al año:	8760 horas
Se obtiene:	4,8978E-05 ton/h*persona

Según Freire (2017) la huella ecológica producida por los RSU está determinada por la fórmula:

$$\mathbf{HE}_{RSU} = ((H_{TRAB} \times R_{RSU} \times E_{RSU} \times 0,72)/A_F) \times FE_B \quad (13)$$

Donde:

\mathbf{HE}_{RSU} es la huella ecológica de los residuos sólidos urbanos

\mathbf{H}_{TRAB} es la cantidad total de horas de trabajo 47.137,751 horas

\mathbf{R}_{RSU} es la cantidad de RSU producidos por hora de trabajo 4,897E-05 ton/h*persona

\mathbf{E}_{RSU} es el factor de emisión por residuo (tCO₂/tRSU) 0,244 tCO₂/tRSU

0,72 es la Reducción de emisiones a absorber, debido a la absorción por los océanos (28%) (Borucke et al., 2013). 0,72

\mathbf{A}_F es productividad de área de absorción de carbono, o factor de absorción (tCO₂/ha) 3,59 tCO₂/h

\mathbf{F}_{EB} es el factor de equivalencia de los bosques (hag/ha). 1,29 hag/ha

Huella Ecológica producida por RSU = 0,1457 hag

A partir de estos resultados, y sumando \mathbf{HE}_{ALIM} y \mathbf{HE}_{RSU} ; se obtuvo:

Huella Ecológica producida por Mano de Obra = 0,1464 hag

De aquí se considera que, la huella ecológica de la mano de obra para 2UVIS es igual a **4,0663E-3 hag**.

En el cálculo de la huella ecológica producida por la maquinaria se requirió conocer la huella producida por los equipos que trabajan con combustible, teniendo en cuenta el tiempo de uso (hrs) durante el proyecto y aplicando la fórmula de (Freire, 2017):

$$\mathbf{HE}_{COMB} = ((V \times E_{COMB} \times 0,72)/A_F) \times FE_B \quad (10)$$

Donde; \mathbf{HE}_{COMB} es la huella ecológica de la maquinaria a combustible; V es el consumo de combustible en litros que está dado por $V = (Pot \times TU \times Rend)$ en la que Pot es la potencia del motor de la maquinaria (kW); TU es el tiempo de uso de la

maquinaria en los trabajos de obra (h) y $Rend$ es el combustible consumido por el motor (l/kW).

Tabla 38: Cálculo de HE producida por maquinaria a combustible.

DESCRIPCION	UND	TU (h)	Pot (kW)	Rend (l/kWh)	Ecomb (tCO2/l)	Af (tCO2/Ha)	% Red	FE (Hag/Ha)	HE (Ha)
VIBROCOMPACTADOR CA-15	HRS	11,693	101	0,412	0,00293	3,59	0,72	1,29	0,369
VIBROCOMPACTADOR TIPO RANA	HRS	1484,136	5,22	0,12	0,00293	3,59	0,72	1,29	0,705
APORTES TOTALES									1,0736

Fuente: (Elaboración propia)

La huella producida por la maquinaria que trabaja a combustible es de **1,0736 hag**.

También se tuvo en cuenta la huella producida por la maquinaria / equipo eléctrico utilizado en la obra, y fue calculado con aplicación de la fórmula de (Freire, 2017):

$$HE_{ELEC} = (((Pot \times TU) \times E_{ELEC} \times 0,72) / A_F) \times FE_B \quad (11)$$

Donde; HE_{ELEC} es la huella ecológica de la maquinaria eléctrica; Pot es la potencia del motor de la maquinaria (kW); TU es el tiempo de uso de la maquinaria en los trabajos de obra (h); E_{ELEC} es el factor de emisión del mix energético (t CO₂/kWh); 0,72 es la reducción de emisiones a absorber, debido a la absorción por los océanos (28%) (Borucke et al., 2013)., A_F es la productividad del área de absorción de carbono, o factor de absorción con un valor de 3,59 tCO₂/ha (Freire, 2017)., y FE_B es el factor de equivalencia de los bosques.

Tabla 39: Cálculo de HE producida por maquinaria eléctrica.

DESCRIPCION	UND	TU (h)	Pot (kW)	Energia (tCO2/kWh)	Af (tCO2/Ha)	% Red	FE (Hag/Ha)	HE (Ha)	
PULIDORA CON PIEDRA O DISCO	HRS	115,200	0,720	0,00019	3,590	0,720	1,290	0,0042	
SOLDADOR ELÉCTRICO	HRS	345,600	26,400	0,00019	3,590	0,720	1,290	0,4579	
VIBRADOR ELÉCTRICO	HRS	1.307,556	2,240	0,00019	3,590	0,720	1,290	0,1470	
APORTES TOTALES									0,6091

Fuente: (Elaboración propia)

La huella producida por la maquinaria eléctrica es de **0,6091 hag**.

A partir de estos resultados, y sumando HE_{COMB} y HE_{ELEC} ; se obtuvo:

$$\text{Huella Ecológica producida por Maquinaria} = \mathbf{1,6827 \text{ hag}}$$

De aquí se considera que, la huella ecológica de la maquinaria para 2UVIS es igual a **4,671E-2 hag.**

Para el cálculo del consumo eléctrico en obra según la metodología planteada (por Gonzalez-Vallejo 2017) se requiere tener los siguientes datos base:

1. Consumo eléctrico de la obra:

Para hallar el consumo eléctrico de la obra se ha tenido en cuenta los consumos producidos por las oficinas, bodegas, comedores y vestuarios (denominados **consumos de energía eléctrica del campamento**)

También se tuvo en cuenta el consumo de la iluminación de la obra.

Utilizando el simulador de CEDENAR (Centrales Eléctricas de Nariño S.A. E.S.P) se obtuvo:

Consumos de energía eléctrica de campamento aprox = **1088 kWh**

2. Factor de emisión de kg de CO₂ por cada kWh de electricidad consumida:

Según la UPME (Unidad de Planeación Minero-Energética) en el año 2014 la contribución al SIN (Sistema de Interconexión Nacional) fue de:

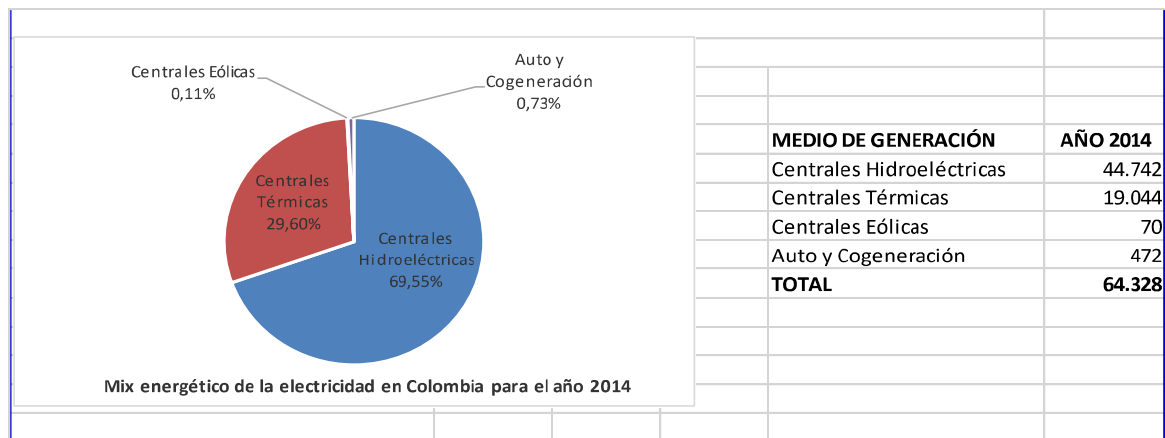


Figura 12: Mix energético en Colombia para el año 2014 (UPME, 2014)

El mayor porcentaje generado se debe a la energía producida por las centrales hidroeléctricas con un aporte de 69,55%, seguida de la generación producida por las centrales térmicas con el 29,60% y las de menor aporte generadas por las centrales eólicas y la auto y cogeneración con 0,11% y 0,73% respectivamente.

Las emisiones correspondientes para el 2014 son de 0,194 tCO₂/MWh = **1,94E-4 tCO₂/kWh**.

Teniendo en cuenta que el dato calculado por el UPME tiene en cuenta las perdidas por transporte de energía desde el origen hasta el punto de consumo final no se le hace reducción por pérdidas.

A partir de estos datos, y con la utilización de la fórmula de (Gonzalez-Vallejo, 2017):

$$\mathbf{HE}_{ELEC} = C_{ELEC} \times E_{ELEC} \times \left(\frac{1 - A_{OC}}{A_B} \right) \times FE_B \quad (14)$$

Se obtuvo;

HE_{ELEC} es la huella ecológica de la electricidad (hag)	
C_{ELEC} es el consumo eléctrico (kWh)	1088 kWh
E_{ELEC} es el factor de emisión de la electricidad	0,000194 tCO ₂ /kWh
A_{OC} es la reducción de emisiones debido a la absorción de los océanos	0,72
A_B es el factor de absorción de los bosques (tCO ₂ /ha)	3,59 tCO ₂ /ha
F_{EB} es el factor de equivalencia de los bosques (hag/ha).	1,29 hag/ha

Huella Ecológica producida por la electricidad 0,0546 hag

De aquí se considera que, la huella ecológica producida por la electricidad durante el proyecto de 2UVIS es igual a **1,5169E-3 hag**

Para ser consecuentes con la metodología para el cálculo de HE de la construcción hasta ahora implementada, se siguen las recomendaciones de (Freire 2017), contabilizar la

energía producida para poder consumir el agua en obra (teniendo en cuenta su uso tanto en los componentes directos como en los componentes indirectos del presupuesto).

La cantidad de agua consumida en obra se calcula teniendo en cuenta dos consideraciones:

La cantidad de agua que se consume en los procesos de producción de concretos y morteros, calculada a partir de las cantidades obtenidas de los Análisis de Precios Unitarios del presupuesto.

Tabla 40: Cálculo del consumo de agua en actividades de obra.

DESCRIPCION	UND	CANT.	VR. UNIT.	VR.TOTAL
AGUA	LTS	178.777,831	19,00	3.396.778,79
		178,778 M3		

Fuente: (Elaboración propia)

Y la cantidad de agua que se consume en los baños y áreas de servicio de oficinas, bodegas, comedores y riegos (denominada consumo de agua de campamento), teniendo en cuenta para su cálculo la Resolución 549 de 2015 y sus anexos para clima cálido húmedo que determina para oficina un consumo base de 45,8 lts/pers/día.

Consumo de agua de campamento aprox = 192,36 m³

Cantidad de agua consumida en obra = **371,138 m³**

Obtenido el dato de cantidad de agua consumida, se aplica la fórmula (Gonzalez-Vallejo, 2017):

$$HE_{AGUA} = C_{AGUA} \times IE_{AGUA} \times E_{ELEC} \times \left(\frac{1 - A_{OC}}{A_B} \right) \times FE_B \quad (15)$$

HE_{AGUA} es la huella ecológica producida por el consumo de agua en el proyecto

C_{AGUA} es el consumo de agua del proyecto (m³) 371,138 m³

IE_{AGUA} es la intensidad energética de consumo de agua (0,44 kWh/m³) (Freire 2017) 0,44 kWh/m³

E_{ELEC} es el factor de emisión de la electricidad (tCO₂/kWh) 1,94E-4 tCO₂/kWh

A_{OC} es la reducción de emisiones debido a la absorción de los océanos 0,72

A_B es el factor de absorción de los bosques (tCO ₂ /ha)	3,59 tCO ₂ /ha
F_{EB} es el factor de equivalencia de los bosques (hag/ha).	1,29 hag/ha
Huella Ecológica producida por el agua	8,196E-3 hag

De aquí se considera que, la huella ecológica del agua requerida para la construcción de 2UVIS es igual a **2,2767E-4 hag**

El cálculo de la superficie consumida se hizo de forma directa a partir de los planos *as built* del proyecto que fueron proporcionados por la firma constructora HMC.

$$S = \sum A_{ti} \times n$$

S es el área total de viviendas del proyecto	
A_{ti} es el área de 1 UVIS (Unidad de Vivienda de Interés Social) (m ²)	48 m ²
n es el número de viviendas del proyecto	72
	3.456,00 m ²
Área Total en (ha)	0,03456 ha

Calculada el área total de viviendas del proyecto, se puede utilizar la fórmula:

$$HE_{SUP} = S \times FE_B \quad (17)$$

HE_{SUP} es la huella ecológica producida por la superficie consumida (hag)	
S es el área total de viviendas del proyecto (ha)	0,03456 ha
F_{EB} es el factor de equivalencia de los bosques (hag/ha).	1,29 hag/ha

Huella Ecológica producida por la superficie 4,4582E-2 hag

De aquí se considera que, la huella ecológica de la superficie para la construcción de 2UVIS es igual a **1,2384E-3 hag**

La siguiente tabla muestra el resumen de resultados de cálculo de huellas para el sistema outinord:

Tabla 41: Resumen de resultados cálculo de huella ecológica sistema convencional.

Descripción	Proyecto Convencional			
	HC (ton CO ₂ eq)	EE (MJ)	HE _{TOTAL} (hag)	HE _{2UVIS} (hag)
Materiales	1101,460		278,346	7,732
Fabricación	933,266	10.874.050,17	235,838	6,551
Transporte	167,929		42,436	1,179
Rcd	0,265		0,072	1,992E-3
Mano De Obra			0,146	4,066E-3
Alimentos			6,410E-4	1,781E-05
Rsu	0,563		0,146	4,048E-3
Equipos	6,504		1,682	4,674E-2
A Combustibles	4,149		1,074	2,982E-2
Eléctricos	2,354		0,609	1,692E-2
Electricidad	0,211		5,461E-2	1,517E-3
Agua	0,0316		8,196E-3	2,277E-4
Superficie			4,458E-2	1,238E-3
Resumen Del Proyecto			280,282	7,785

Fuente: (Elaboración propia)

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Antes de presentar los resultados, es importante resaltar que en la presente investigación las fronteras de análisis del ciclo de vida corresponden a la etapa donde se finaliza la construcción, es decir, de la cuna a la puerta, así que no es incluida la etapa de operación en función de la huella de carbono, la energía embebida y la huella ecológica. Los resultados y análisis son presentados de acuerdo con el orden en el que fueron calculados.

4.1. Materiales

Una consideración importante dentro de la masa involucrada en el análisis del ciclo de vida es la cantidad de materiales empleados en la construcción, en la Tabla 42 se presentan las cantidades (en kilogramos) necesarias para el módulo que comprende dos unidades de vivienda, en la misma, es posible observar que el sistema convencional de muros de ladrillo de arcilla confinados por vigas y columnas genera un peso ligeramente mayor que el sistema industrializado outinord, con una diferencia relativa del orden del 2,5%. En ambas alternativas constructivas la losa de contrapiso es la que mayor masa aporta, seguida por los sistemas de muros, para ambos sistemas las unidades básicas de presupuesto compuestas por concreto y concreto reforzado presentan un aporte superior al 96% en el peso total.

Tabla 42: Contribución de los materiales de construcción en masa por módulo de dos viviendas.

Unidad básica de presupuesto	Sistema Outinord		Sistema con muros confinados	
	Masa (kg)	Porcentaje	Masa (kg)	Porcentaje
Losa de contrapiso por módulo	68329	46,8%	68329	45,7%
Sistema de muros de carga en el sistema Outinord	53743	36,8%	0	0,0%
Sistema de muros de ladrillo de arcilla confinados	0	0,0%	57449	38,4%
Viga de cimentación	18398	12,6%	18398	12,3%
Instalaciones sanitarias	2430	1,7%	2430	1,6%
Cubierta en asbesto cemento	1834	1,3%	1834	1,2%
Carpintería	988	0,7%	988	0,7%
Instalaciones hidráulicas	129	0,1%	129	0,1%
Instalaciones eléctricas	55	0,0%	55	0,0%
Total	145906	100%	149612	100%

En un análisis por materiales, las mezclas de concreto alcanzan un peso del orden de 89 ton, los áridos de 48 ton y el acero de refuerzo de 2 ton de las 146 ton del sistema outinord, mientras que, en el sistema convencional, muros de ladrillo de arcilla confinados, el concreto alcanza un peso de 50 ton, los áridos de 48 ton y el acero de 1,8 ton, cantidades que se incrementan un poco debido a la presencia de morteros con 18,9 ton y ladrillos con 24,2 ton.

4.2. Huella de carbono (HC)

Tal como fue mencionado en la metodología, la huella de carbono o potencial de calentamiento global, fue calculada empleando dos metodologías, una determinística y otra probabilística, de la primera se puede identificar la contribución de cada unidad básica del presupuesto, mientras que en la segunda es posible identificar de forma adicional, cómo es la contribución a la varianza, esto en función de la variabilidad de los factores de emisión empleados.

En el análisis determinístico el sistema outinord genera en la construcción 23,7 ton CO₂ eq por módulo, mientras que el sistema convencional de mampostería confinada 30,6 ton CO₂ eq, lo que produce una diferencia en el sistema industrializado del 22% menos de gases de efecto invernadero. En la Figura 13 se muestra la contribución de cada unidad básica de estudio en la generación de gases de efecto invernadero para el sistema outinord, en este caso la mayor contribución está dada por los muros en concreto reforzado, que aportan 10,83 ton CO₂ eq.

Se infiere que, en el sistema outinord la huella de carbono es de 247,3 kg*CO₂eq/m² de vivienda construida.

La Figura 14 presenta la contribución de las unidades básicas del presupuesto en la generación de gases de efecto invernadero, caso en el cual la mayor contribución está dada por los muros de mampostería confinada, aportando 17,7 ton CO₂ eq, lo que se traduce en una diferencia relativa del 38% más de gases que la alternativa de muros en sistema industrializado tipo outinord.

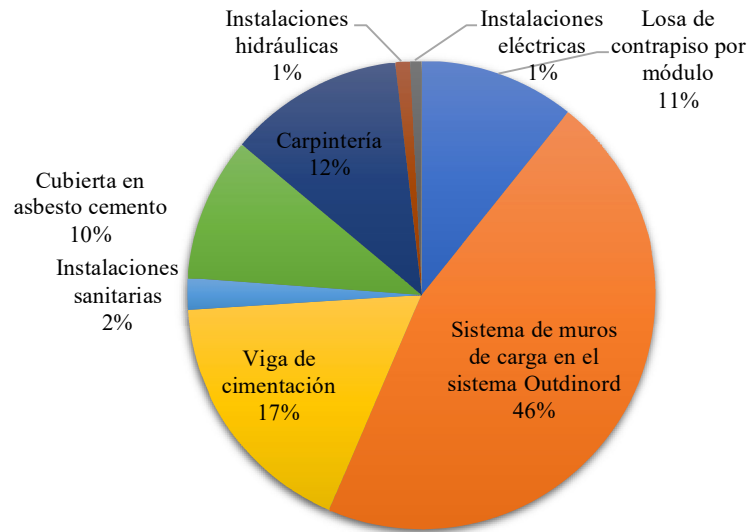


Figura 13. Contribución de cada unidad básica de estudio a la HC en el sistema outinord.

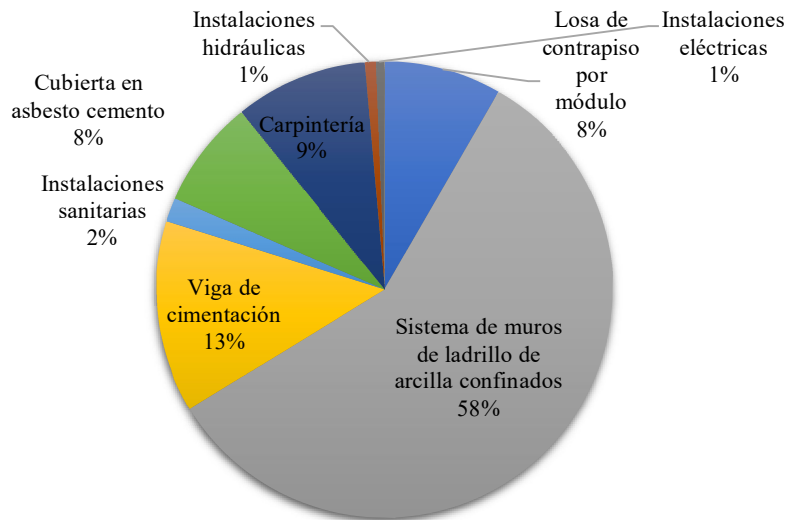


Figura 14. Contribución de cada unidad básica de estudio a la HC en el sistema de mampostería confinada.

De acuerdo con los datos anteriores, Se infiere que, el proyecto en sistema de mampostería confinada o convencional genera una huella de carbono de 319,1 kg CO₂ eq/m² de vivienda construida.

El análisis probabilístico con el método de primer orden segundo momento (FOSM), tal como se mencionó, permite por un lado verificar el cálculo determinístico, y por otro obtener la varianza, así como la contribución de cada variable en la misma. El análisis en este caso se puede considerar anidado, es decir, se elaboró por cada unidad básica de presupuesto, en la Tabla 43 se resumen los resultados obtenidos, de forma similar al análisis determinístico la unidad básica de mayor contribución a la huella de carbono son los muros, pero a su vez, son los que menor coeficiente de variación presentan con 11,6 y 7,6% para el sistema Outinord y convencional respectivamente. Adicionalmente, por la selección de las variables aleatorias para el análisis probabilístico en el valor medio se obtuvo una diferencia del 0,1% con relación a los resultados obtenidos con el método determinístico para cada uno de los sistemas objeto de estudio, diferencia que no se considera significativa.

Tabla 43. Resultados del análisis probabilístico con FOSM por unidad básica de estudio para la huella de carbono.

Unidad básica de presupuesto	Sistema Outinord		Sistema con muros confinados	
	Media (ton CO ₂ eq)	COV (%)	Media (ton CO ₂ eq)	COV (%)
Losa de contrapiso por módulo	2,3	32,5	2,3	32,5
Sistema de muros de carga en el sistema Outinord	10,2	11,6	0	0,0
Sistema de muros de ladrillo de arcilla confinados	0,0	0,0	13,9	7,6
Viga de cimentación	3,9	11,5	3,9	11,5
Instalaciones sanitarias	0,5	18,9	0,5	18,9
Cubierta en asbesto cemento	2,1	27,2	2,1	27,2
Carpintería	2,7	26,6	2,7	26,6
Instalaciones hidráulicas	0,2	40,5	0,2	40,5
Instalaciones eléctricas	0,2	44,5	0,2	44,5
Resumen del análisis probabilístico*	22,1		25,8	

COV = Coeficiente de variación muestral

* En este análisis se excluye el efecto del transporte, el cual asciende a 1,5 y 4,6 ton CO₂ eq para los sistemas Outinord y convencional respectivamente

A partir del análisis probabilístico se puede definir la contribución de cada variable aleatoria en la varianza de la huella de carbono, en las Figura 15 y Figura 16 se ilustra la contribución a la varianza de cada uno de los materiales que conforman las unidades básicas de estudio. Para el caso de la cimentación y la losa de contrapiso la variabilidad

tiene una alta dependencia de los hormigones, con contribuciones del 61 y 87%. En la cubierta y la carpintería la mayor contribución está en el asbesto-cemento y el acero respectivamente, con valores del 91 y 99%.

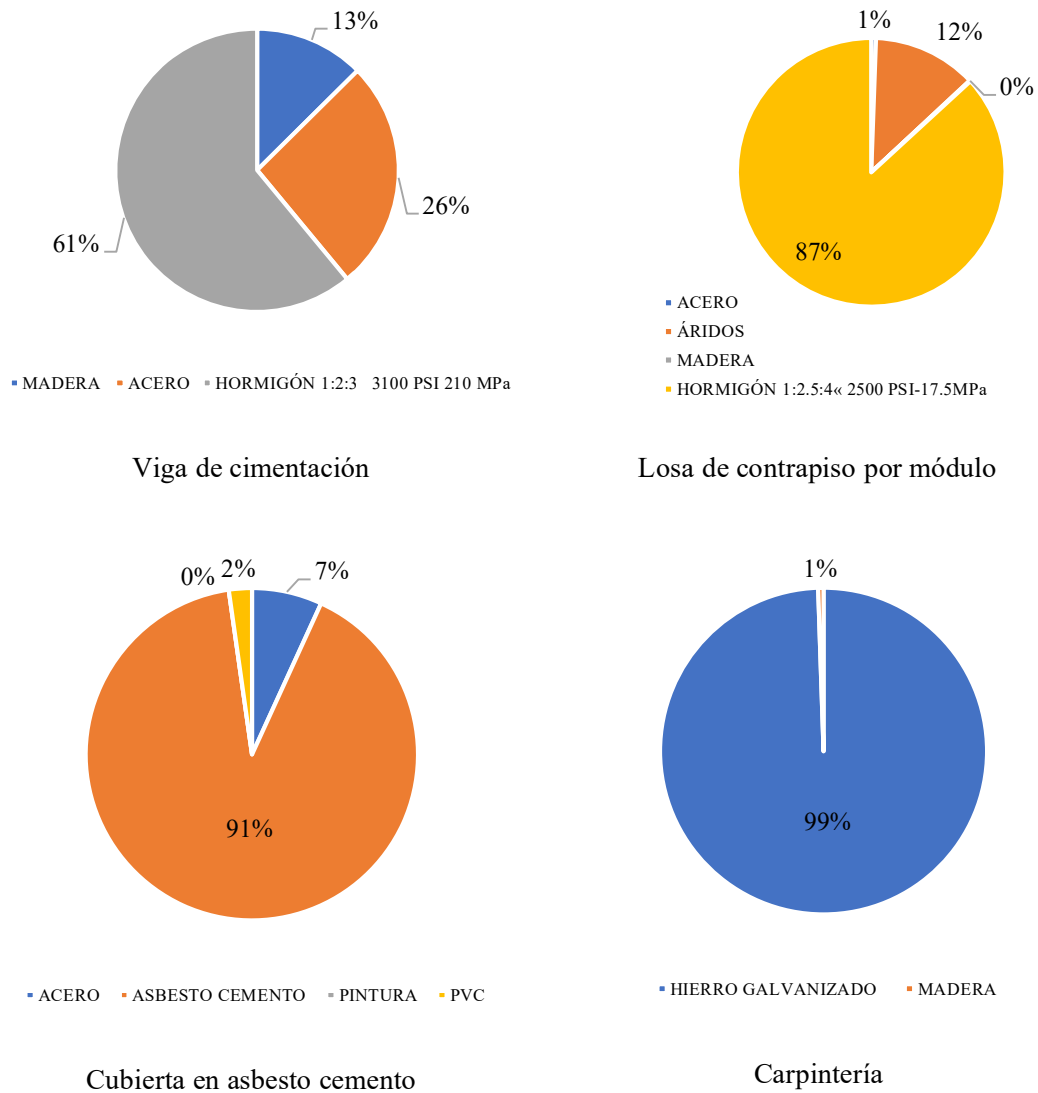


Figura 15. Contribución de a la varianza de la huella de carbono de las variables aleatorias en función de las unidades básicas de estudio.

En lo que corresponde a los muros, con sistema outinord y mampostería confinada, las mayores contribuciones a la variabilidad corresponden al hormigón con 79% y a los

ladrillos de cerámica con el 68%, si (al último) le incluimos la contribución de los morteros esta se eleva al 77%.

De acuerdo con lo anterior, en los dos sistemas la mayor contribución a la variabilidad en la generación de la huella de carbono, es decir las variables de mayor incidencia, corresponden a las que contienen materiales como el cemento, donde su aporte está entre el 74 al 78% para ambos sistemas.

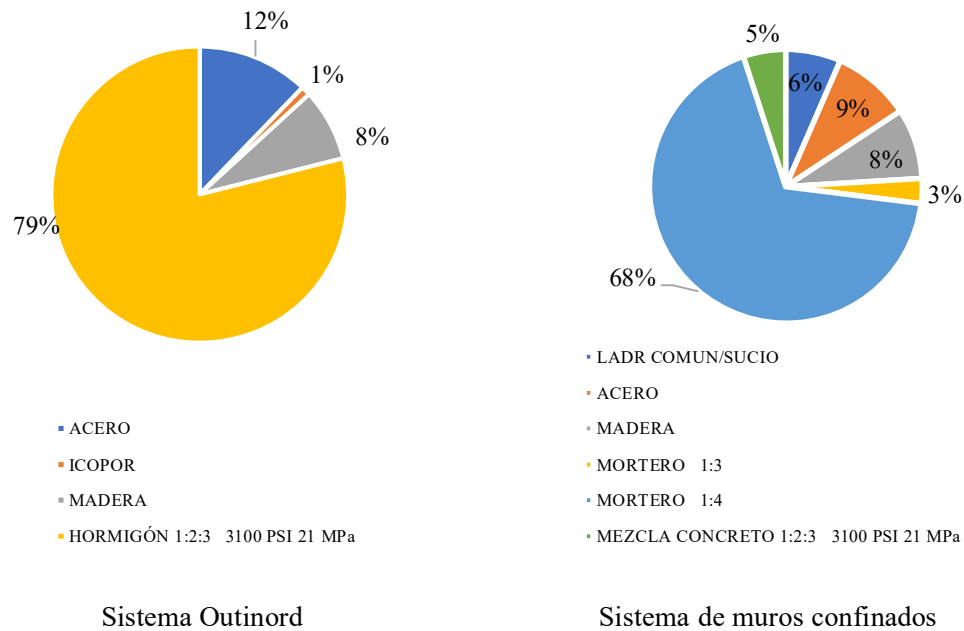


Figura 16. Contribución de a la varianza de la huella de carbono de las variables aleatorias en los muros.

4.3. Energía embebida (EE)

A partir del análisis determinístico se calcularon las energías embebidas en cada uno de los sistemas objeto de estudio, para el sistema outinord el resultado fue de 254.354 MJ mientras que para el sistema de mampostería confinada fue de 302.057 MJ, con una diferencia del 21,3% menos de energía embebida para el sistema industrializado, cifra similar a la obtenida con la huella de carbono.

La Figura 17 muestra la contribución de cada unidad básica de presupuesto en la energía embebida para el sistema outinord, en el mismo los muros equivalen al 44% de la energía embebida.

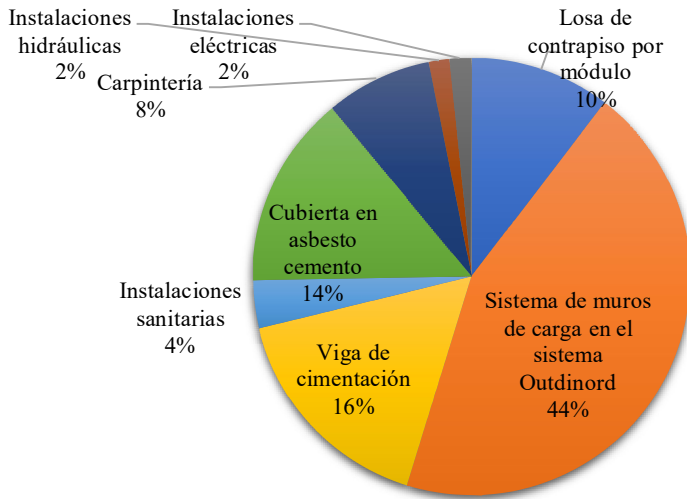


Figura 17. Contribución de cada unidad básica de estudio a la energía embebida en el sistema outinord.

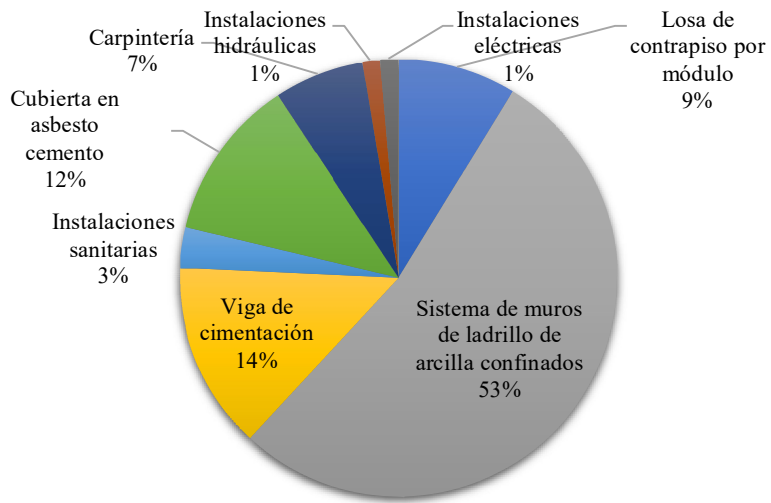


Figura 18. Contribución de cada unidad básica de estudio a la energía embebida en el sistema de mampostería confinada.

En el caso del sistema de mampostería confinada, la mayor contribución a la energía embebida la provocaron los muros con el 53% del aporte (ver Figura 18). Por otro lado, Se

infiere que, el proyecto en sistema convencional tiene 3.156,9 MJ/m² de energía embebida mientras que el sistema outinord 2.656,2 MJ/m².

A partir de los resultados de huella de carbono y energía embebida se analizó si en las unidades básicas de presupuesto tenían alguna relación, dada la similitud en las tendencias de los resultados, esta evidencia se ilustra en la Figura 19.

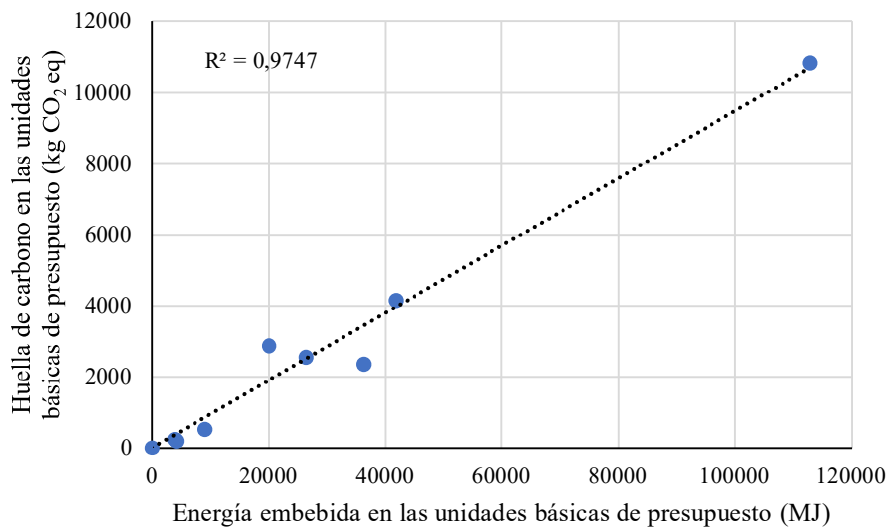


Figura 19. Relación entre la huella de carbono y la energía embebida para el sistema outinord.

En la Tabla 44 se presentan los resultados del análisis probabilístico con el método de primer orden segundo momento (FOSM) agrupado por unidad básica de presupuesto, a diferencia de la huella de carbono, los sistemas de muros presentan un coeficiente de variación muestral alto, con un 18% en el sistema outinord y de 14% para la mampostería confinada en el sistema convencional.

Tabla 44. Resultados del análisis probabilístico con FOSM por unidad básica de estudio para la energía embebida.

Unidad básica de presupuesto	Sistema outinord		Sistema con muros confinados	
	Media (MJ)	COV (%)	Media (MJ)	COV (%)
Losa de contrapiso por módulo	26430	2.87	26430	2.87
Sistema de muros de carga en el sistema outinord.	112839	17.79	0	0.00
Sistema de muros de ladrillo de arcilla confinados	0	0	160580	13.91
Viga de cimentación	41786	17.69	41786	17.69
Instalaciones sanitarias	9014	16.16	9014	16.16

Cubierta en asbesto cemento	36280	12.16	36280	12.16
Carpintería	20040	33.49	20040	33.49
Instalaciones hidráulicas	3835	18.02	3835	18.02
Instalaciones eléctricas	4131	17.30	4131	17.30
Total	254356		302098	

Las Figura 21 y 21 ilustran los resultados del análisis probabilístico en función de la contribución a la varianza de cada uno de los materiales o ítems que conforman cada una de las unidades básicas de estudio en los dos sistemas. En el caso de las vigas de cimentación, el hormigón genera la mayor contribución a la variabilidad con un aporte del 69%, esta misma tendencia se tiene en las losas de contrapiso con un 87%. En el caso de la cubierta la mayor contribución a la variabilidad de la energía embebida está en el PVC con un 36%.

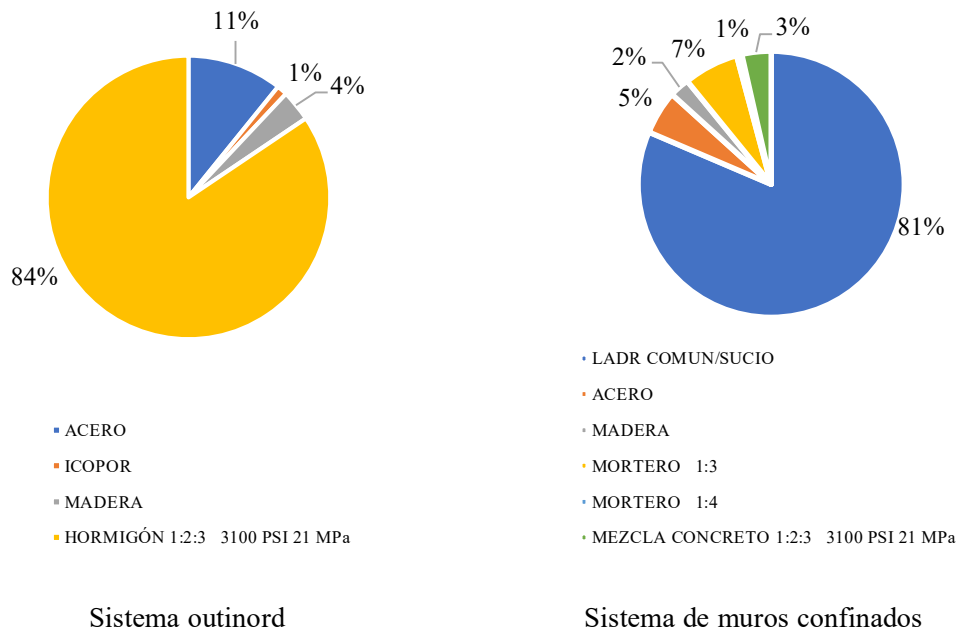
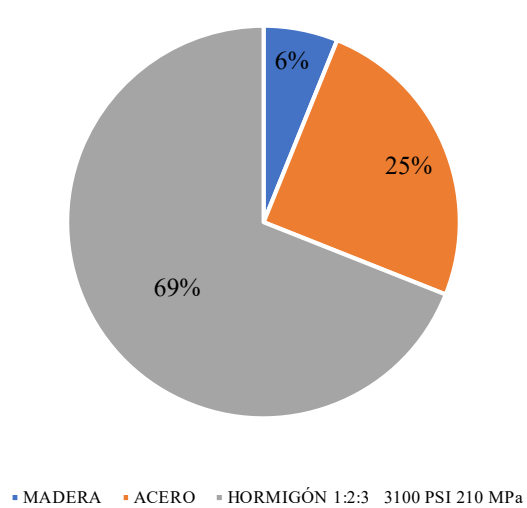
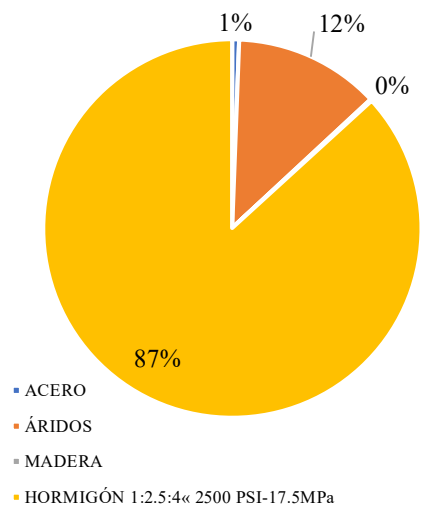


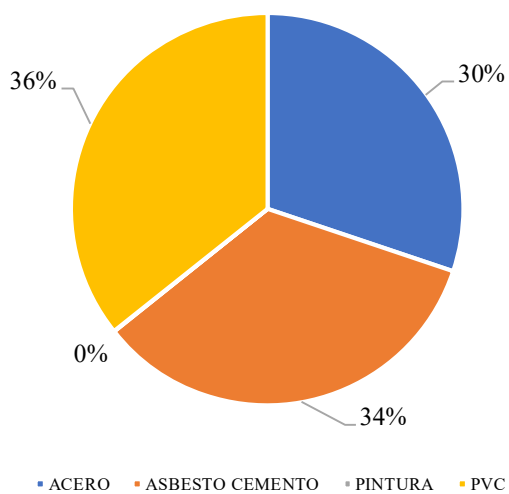
Figura 20. Contribución de la varianza de la energía embebida de las variables aleatorias en los muros.



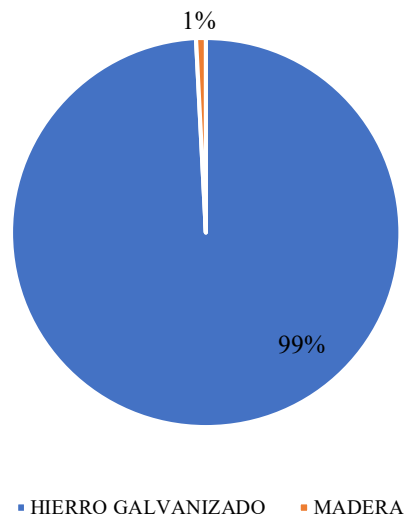
Viga de cimentación



Losas de contrapiso por módulo



Cubierta en asbesto cemento



Carpintería

Figura 21. Contribución de la varianza de la energía embebida de las variables aleatorias en función de las unidades básicas de presupuesto.

4.4. Huella ecológica

En función de identificar acciones para la mitigación de los efectos de la construcción sobre el medio ambiente, en este trabajo se complementan los análisis anteriores con la huella ecológica (HE), la cual hace referencia a la cantidad de área de la superficie terrestre necesaria para producir los recursos empleados en la construcción y reincorporar los residuos generados. En las unidades básicas de estudio para el sistema outinord la huella ecológica se estimó en 5,991 hag, mientras que, para el sistema con mampostería confinada fue de 7,773 hag, mostrando que se produce una diferencia del 22%.

En la Figura 22 se muestra la contribución de cada unidad básica de presupuesto en la huella ecológica, se evidencia que, para el sistema outinord, nuevamente la mayor contribución está en el sistema de muros reforzados. Un comportamiento similar se observa en el sistema convencional con mampostería confinada (ver Figura 23), donde la mayor contribución está de nuevo en los muros. La mayor diferencia en la contribución está en el transporte con una diferencia relativa del 67% más en el sistema convencional, pasando de una huella ecológica de 0,3866 hag para el sistema outinord a 1,1788 hag para el convencional.

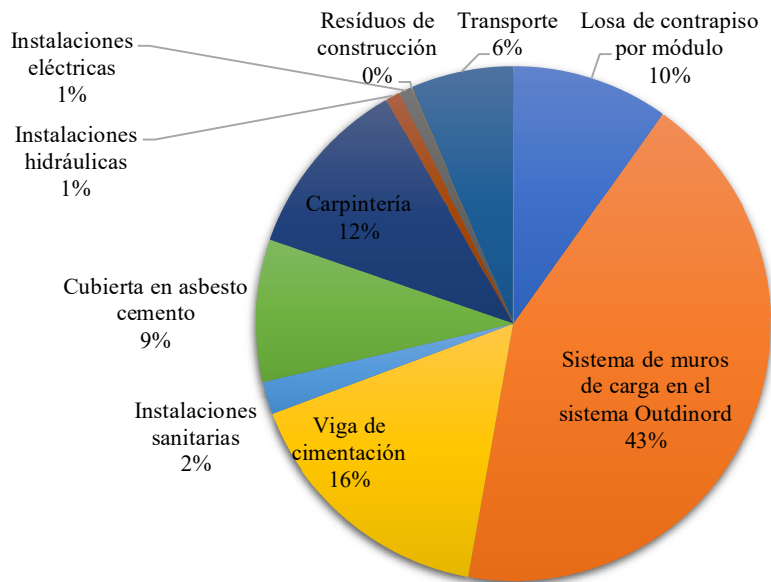


Figura 22. Huella ecológica de la unidad básica de estudio para el sistema outinord.

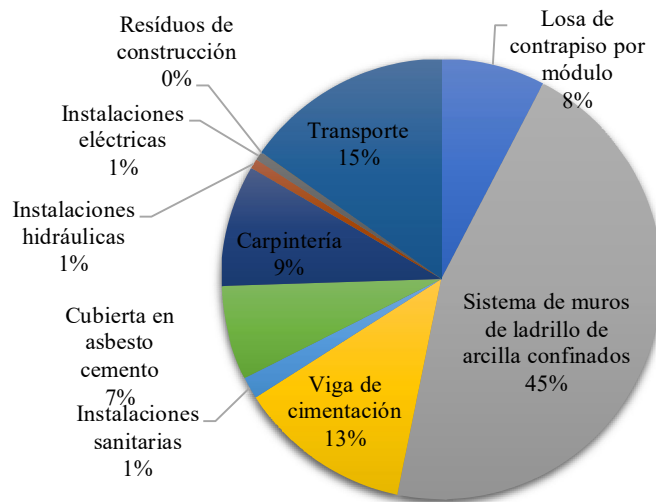


Figura 23. Huella ecológica de la unidad básica de estudio para el sistema de mampostería confinada.

De forma similar a la relación entre la energía embebida y la huella de carbono se observó (Figura 24), una relación lineal entre HC y HE, con un coeficiente de correlación lineal de 0,9998, lo que nos permite pensar que la huella ecológica puede ser estimada rápidamente a partir de la huella de carbón, para este tipo de proyectos.

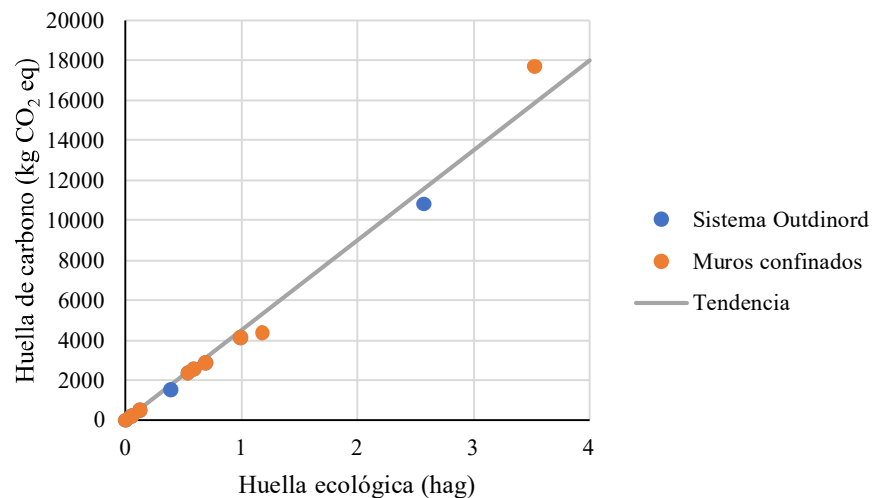


Figura 24. Relación entre la huella ecológica y la huella de carbono

4.5. Resumen de los impactos

De acuerdo con los resultados y su análisis, las categorías de impacto evaluadas en el presente trabajo son: el potencial de calentamiento global evaluado en función de la huella de carbono en kg CO₂ eq; la energía embebida en MJ; y la huella ecológica en el área terrestre necesaria en hag. Las Figuras 25 y 26 muestran el resumen de las categorías e indicadores de impacto, en ambos sistemas la mayor contribución a los impactos se concentra en los muros, con sistema outinord y mampostería confinada.

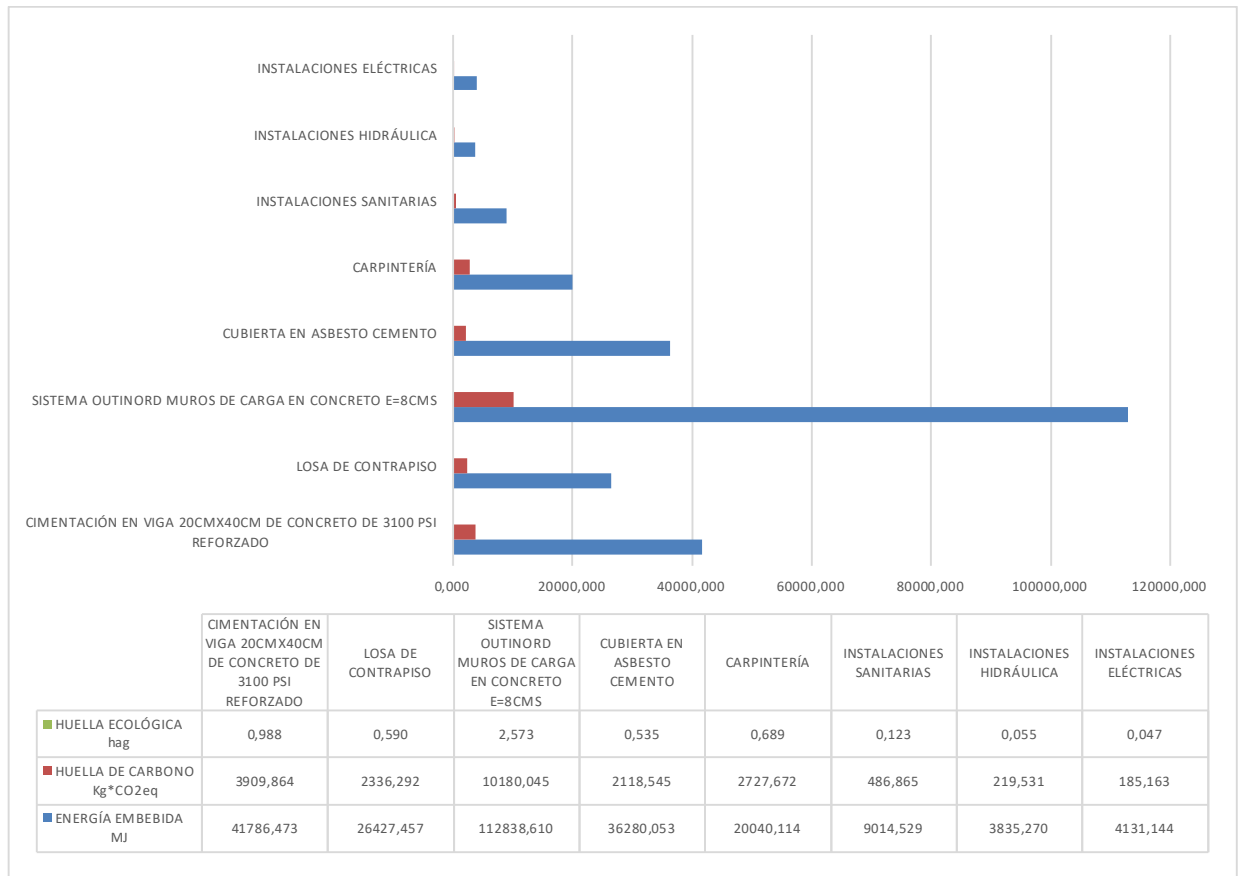


Figura 25 Factores ambientales por UBE para el sistema outinord

Al analizar los impactos para el sistema outinord en función de los materiales empleados para cada unidad básica de estudio, los concretos impactan en el 33% de la energía embebida, seguida del acero con el 26%, lo que totaliza más de la mitad de la energía embebida (59%), y una reducción en la misma se debe centrar en la reducción de estos dos elementos. Con relación a la huella de carbono el 42% corresponde a concretos,

el 22% al acero y el 11% al hierro galvanizado, el transporte sólo aporta el 7%, esto reafirma el postulado anterior.

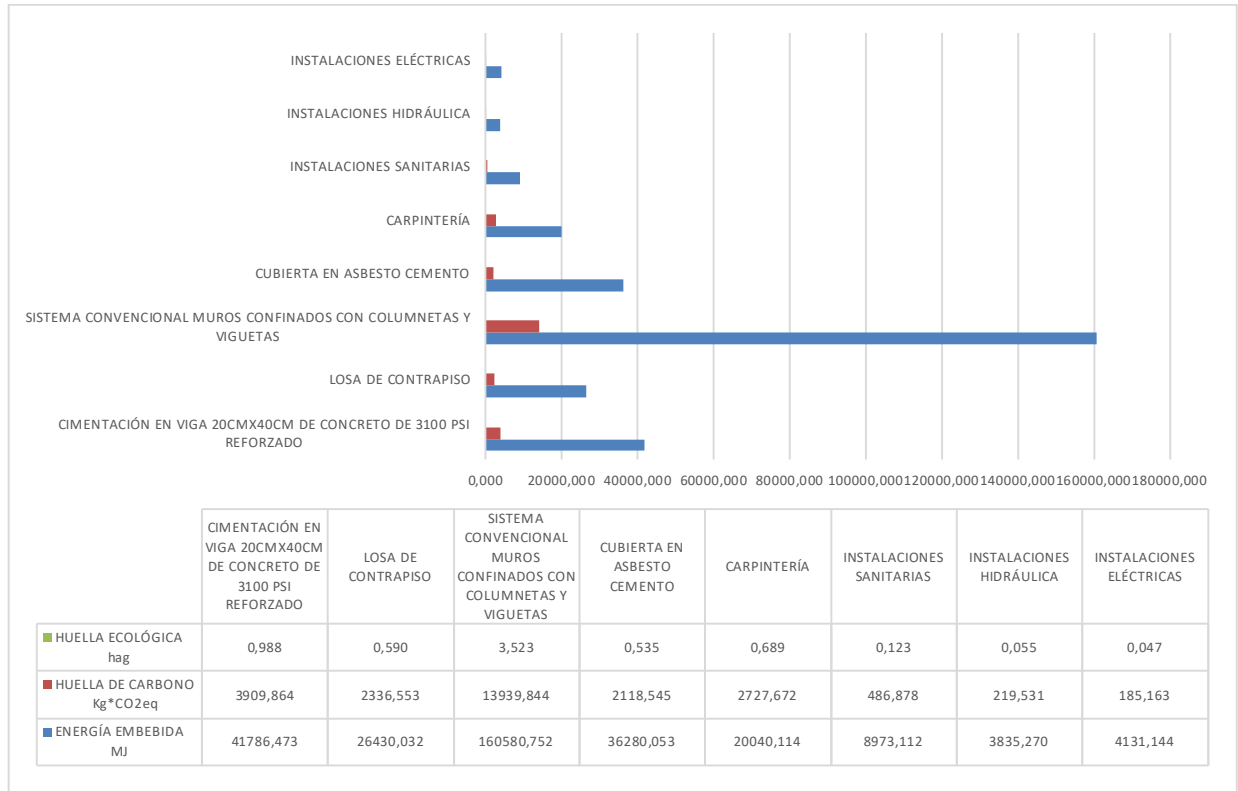


Figura 26 Factores ambientales por UBE para el sistema convencional.

Al analizar los impactos para el sistema de mampostería confinada o convencional en función de los materiales empleados para cada unidad básica de estudio, el ladrillo impacta el 29%, seguida del acero con el 26%, y los concretos impactan en el 14%. Con relación a la huella de carbono el 17% corresponde a concretos, el 19% a los ladrillos, 13% a los morteros, 15% al acero y el 9% al hierro galvanizado, el transporte aporta el 15%, lo que indica en contraposición al sistema outinord, que el transporte tiene un peso fundamental en los impactos.

En la Figura 27 se resumen los impactos totales, en ella es claro como el sistema convencional impacta más que el sistema industrializado outinord. La reducción de los impactos del sistema outinord con relación al convencional son del orden del 19% para la energía embebida, del 15% para la huella de carbono y del 23% para la huella ecológica.

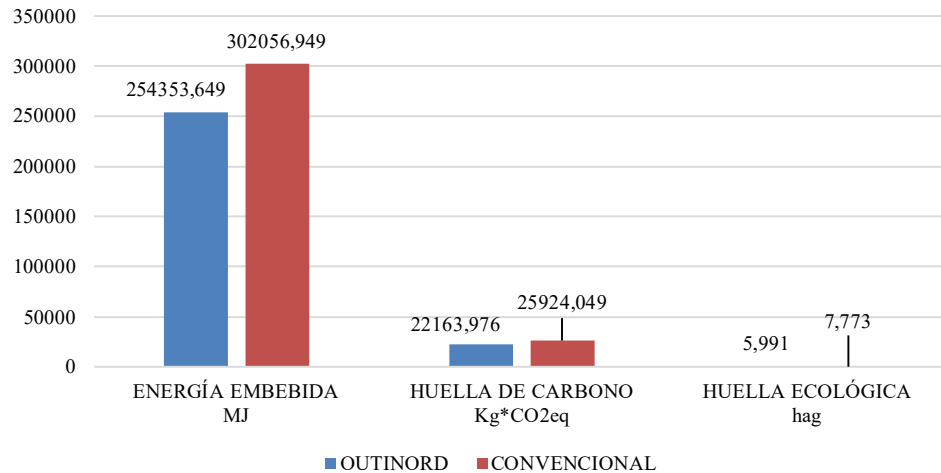


Figura 27 Factores ambientales por sistema constructivo.

De forma separada, los órdenes de magnitud de los indicadores obtenidos son acordes con los encontrados en la literatura. En la Figura 28 se muestra la comparación en función de la huella de carbono, en general, los valores obtenidos en este trabajo son menores a los reportados en la literatura, pero coherentes a los de casos colombianos, como el de González et al. (2019), del cual el sistema convencional sólo difiere en 24 kg CO₂ eq/m². La generación promedio en España (González-Vallejo, 2017), supera o duplica la obtenida en el presente estudio.

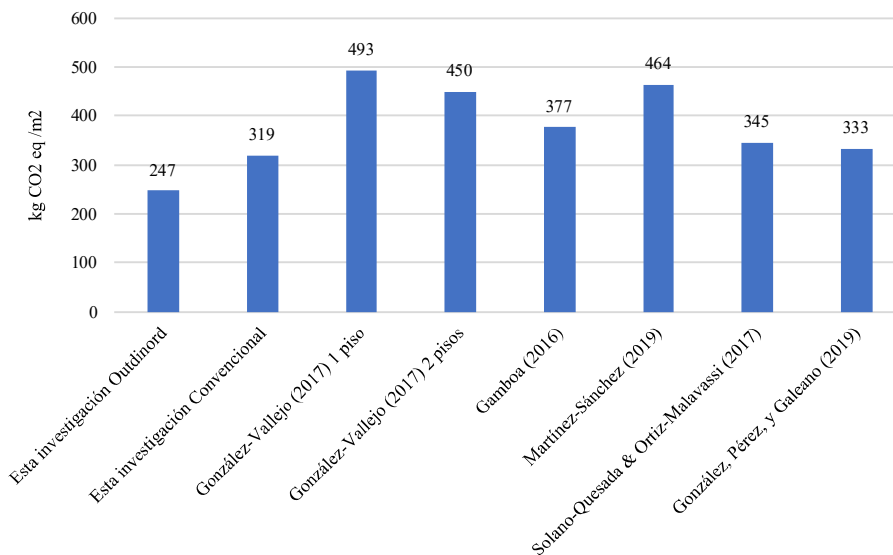


Figura 28. Comparación de la huella de carbono por área construida con algunos trabajos de la literatura.

El cálculo de la energía embebida (EE), tiene una tendencia similar a la huella de carbono, es decir, presenta valores más bajos que los promedios encontrados en la literatura (ver Figura 29).

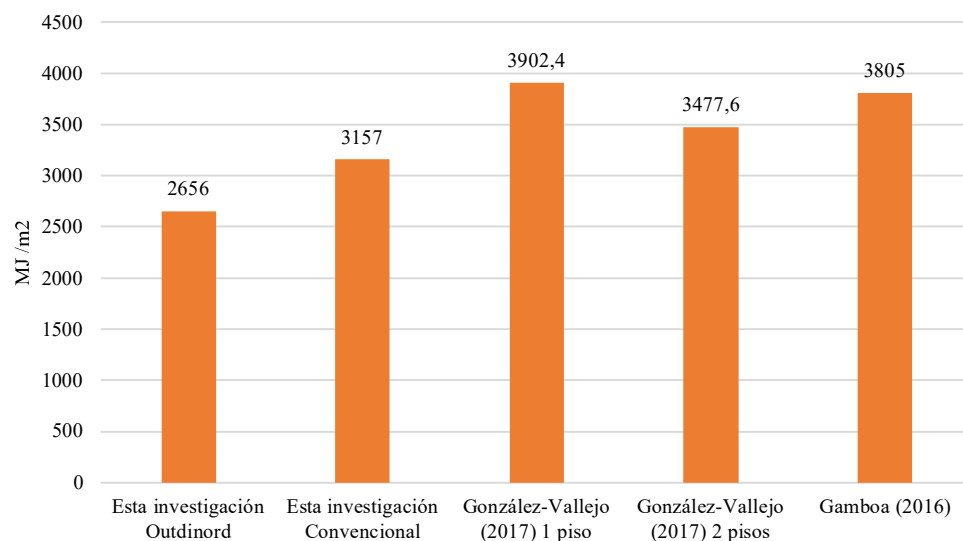


Figura 29. Comparación de la energía embebida por área construida con algunos trabajos de la literatura.

Con relación a la huella ecológica, la relación es del orden del doble o casi el triple en referencia a las viviendas de uno y dos pisos en España (ver Figura 30).

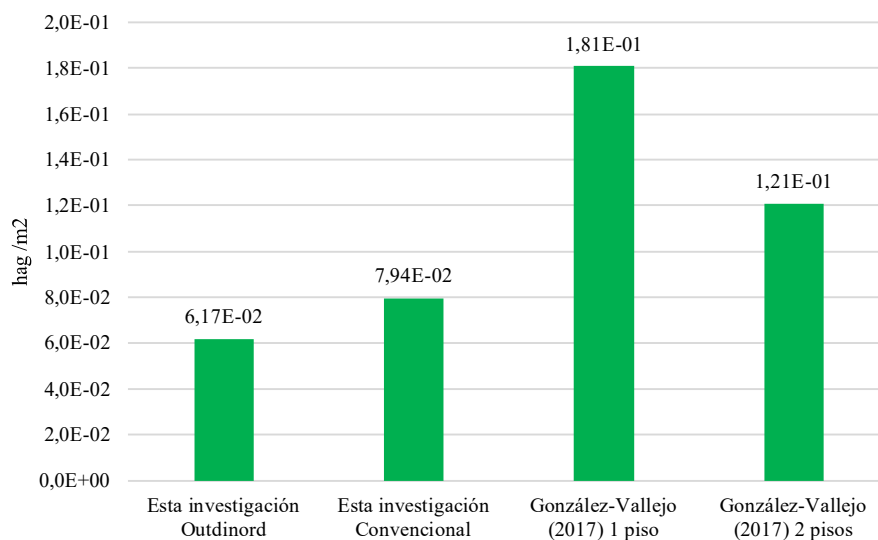


Figura 30. Comparación de la huella ecológica por área construida con algunos trabajos de la literatura.

4.6. Acciones de mitigación de impactos negativos

Siendo que, como quiera que sea los impactos negativos de mayor proporción producidos por ambos sistemas se concentran en las unidades básicas de cerramiento las acciones de mitigación obedecen a proponer, como medida preventiva, cambios en las materialidades de los muros propuestos que permitan disminuir la proporción de los impactos, considerando el uso de materiales alternativos para los muros divisorios en los módulos de vivienda y considerando desde los diseños la menor cantidad posible de muros en mampostería convencional y en concreto reforzado.

Otra consideración, importante para tener en cuenta, resultaría de la investigación de materiales alternativos (con menor energía embebida) para ser usados como conglomerantes en la producción de concreto.

Ya en materia correctiva o de compensación, a partir del cálculo de la huella de carbono, se prevé la regeneración ambiental requerida dado los impactos producidos por el proyecto. La Tabla 45: Cuantificación de la regeneración ambiental en una adaptación de Gómez (2019) muestra, por cada método constructivo, la cantidad de árboles requeridos para la captura del dióxido de carbono producido por cada módulo del proyecto construido.

Tabla 45: Cuantificación de la regeneración ambiental en función de la huella de carbono.

Sistema constructivo	Total kg CO ₂ eq	Especie	kg CO ₂ eq capturado por año	Longevidad años	Potencial de captura	Número de árboles
Outinord	22164	Cedro	45	60	2700	8
Convencional	25924	Cedro	45	60	2700	10

Se infiere a partir de la Tabla 45: Cuantificación de la regeneración ambiental que para el proyecto en sistema outinord se requieren 288 árboles, mientras que en el sistema convencional se requieren 360 árboles.

5. CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones de la investigación efectuada, así como las sugerencias para trabajos futuros.

5.1. Conclusiones

De acuerdo con el objetivo general planteado, en este trabajo se evaluó el impacto ambiental de dos sistemas constructivos de vivienda de interés social en la costa pacífica colombiana a partir del análisis de la huella de carbono, la energía embebida y la huella ecológica. La diferencia de los dos sistemas se concentra en la solución de los cerramientos o muros, el primero en muros de concreto construidos con un sistema industrializado tipo outinord y el segundo en muros de mampostería con ladrillos de arcilla cocida confinada por vigas y columnas de concreto reforzado construido de forma convencional. En los análisis, la evaluación de los impactos resultó con indicadores menores en el sistema industrializado, e incluso estos indicadores fueron menores que los referentes nacionales e internacionales.

A partir del análisis de las cantidades de obra, elaboradas para el presupuesto del proyecto, se empleó como primera referencia la estructura de desglose del trabajo para estimar la huella de carbono y la energía embebida a partir de la evaluación de la cantidad de materiales en peso y el transporte de los mismos hasta el sitio de obra. De acuerdo con los resultados del análisis determinístico, se produce mayor huella de carbono en el sistema convencional con la generación de 319 kg CO₂eq/m² de vivienda construida, así como 3.157 MJ/m² de energía embebida en sus materiales; en comparación con el sistema outinord que genera por sus materiales una huella de carbono de 247 kg CO₂eq/m², y energía embebida de 2.656 MJ/m².

Partiendo de las cantidades de obra, el área de superficie terrestre ocupada por el proyecto, la generación de residuos de construcción, de residuos sólidos urbanos y de las necesidades de alimentación se estimó el indicador ambiental, o ecoindicador, de huella ecológica. En los proyectos analizados, la huella ecológica total para el sistema outinord es de 0,0617 hag/m² mientras que para el sistema convencional 0,0794 hag/m².

Mediante los análisis de los resultados, se identificó que en general, los encerramientos son los que mayor impacto generan, y por tanto las acciones de reducción del daño ambiental, deberán concentrarse en ellos, es decir, en el sistema outinord en los concretos, y en el sistema convencional en concretos, muros de ladrillo y transporte.

Adicionalmente, este trabajo sirve como base de información metodológica para aportar al propósito de la Política Nacional de Gestión Urbana y a la Resolución 0549 de 2015 abonando terreno para acometer los tópicos de eficiencia en agua y uso de materiales de construcción de baja energía embebida, en su propósito de incorporación de directrices y criterios ambientales en los planes y programas de vivienda.

Por su fácil adaptación a las bases de cálculos de aplicativos como el SAGUT 2020.1 (utilizado en este trabajo) y otros del mercado, se puede recomendar el uso de la metodología (antes de) para estimar los impactos generados por la ejecución de proyectos en el sector público y privado, definiendo desde la planeación del proyecto qué alternativa de material resulta viable desde el punto de vista ambiental.

5.2. Sugerencias para trabajos futuros

Una vez expuestas las metodologías empleadas en el presente estudio, así como los resultados en función de eco-indicadores, como la huella ecológica, se reconoce el alto potencial de los mismos, así como las posibles líneas de investigación que se derivan de ellos dando origen a las siguientes sugerencias:

- En los análisis presentados, fueron seleccionados dos sistemas constructivos para evaluar sus impactos en la solución de viviendas de interés social, esta comparación se concentró en viviendas de a nivel, por tanto, se recomienda extender el estudio a edificaciones en altura, haciendo énfasis en edificaciones de 5, 10 y 20 niveles como posibles referentes.
- En la dirección anterior, se recomienda ampliar las fronteras empleadas en el análisis de ciclo de vida, donde se incluya por lo menos la fase de vida de operación, ya que es clave en la energía consumida.

- Con relación al eco-indicador de huella ecológica, se sugiere incluir más categorías de impacto en su determinación para afinar los resultados en función de los estándares internacionales.
- De la misma forma, se recomienda comparar los resultados acá obtenidos con programas comerciales de análisis de ciclo de vida.
- A futuro, se debe de complementar el presupuesto en función del eco-indicador de huella ecológica para incluir el costo necesario para mitigar los impactos ambientales y tener una mirada más holística en el momento de seleccionar el método constructivo de viviendas de interés social a nivel.
- Evaluar la posibilidad de integrar al modelo BIM de la edificación, en función de las cantidades de obra y presupuesto, los eco-indicadores acá presentados como la huella ecológica.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, H., Vásquez, A., & Ramírez, D. A. (2012). Sostenibilidad: Actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia. *Revista Gestión y Ambiente*, 15(1), 105–118. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169424101009>
- Álvarez, S., Sánchez, A. R., Olalla, A. R., Avilés, C., & López, M. (2020). *Conceptos básicos de la huella de carbono*. PDF.
- Barrett, J., & Wiedmann, T. (2007). A Comparative Carbon Footprint Analysis of On-Site Construction and an Off-Site Manufactured House. In *SEI & ISA Research Report* (Vol. 07, Issue 04). http://ekinoid.com/pdf/ISA-UK_Report_07-04_OSM_House.pdf
- Benveniste, G., Gazulla, C., Fullana, P., Celades, I., Ros, T., Zaera, V., & Godes, B. (2011). Análisis de ciclo de vida y reglas de categoría de producto en la construcción. El caso de las baldosas cerámicas. *Informes de la construcción*, 63(522), 71–81. <https://doi.org/10.3989/ic.10.034>
- Borucke, M., Moore, D., Cranston, G., Gracey, K., Iha, K., Larson, J., Lazarus, E., Morales, J. C., Wackernagel, M., & Galli, A. (2013). Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework. *Ecological Indicators*, 24, 518–533. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.08.005>
- BSI, B. S. I. (2011). *PAS 2050:2011 Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*. British Standards Institution, London. BSI.
- Burington, R., & May Jr, D. (1970). *Handbook of Probability and Statistics with Tables* (M. Graw-Hill (ed.); 2nd Edition).
- Cabeza, L. F., Boquera, L., Chàfer, M., & Vérez, D. (2021). Embodied energy and embodied carbon of structural building materials: Worldwide progress and barriers through literature map analysis. *Energy and Buildings*, 231, 110612. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110612>

- Cadavid M, G. (2014). *Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del proceso siderúrgico*. Universidad Nacional de Colombia.
- Cang, Y., Yang, L., Luo, Z., & Zhang, N. (2020). Prediction of embodied carbon emissions from residential buildings with different structural forms. *Sustainable Cities and Society*, 54(December), 101946. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101946>
- CAR, CAEM, & Bogotá, C. de C. de. (2013). Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono corporativa a nivel sectorial.
- Carrasco L, J. (2015). Mecanismo para la mitigación voluntaria de emisiones de gases efecto invernadero para Colombia.
- CEPAL. (2013). Panorama del cambio climático en Colombia. In *Serie Medio Ambiente y Desarrollo*. <https://doi.org/10.13043/dys.30.1>
- Chen, T. Y., Burnett, J., & Chau, C. K. (2001). Analysis of embodied energy use in the residential building of Hong Kong. *Energy*, 26(4), 323–340.
[https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(01\)00006-8](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(01)00006-8)
- Cherian, P., Palaniappan, S., Menon, D., & Anumolu, M. P. (2020). Comparative study of embodied energy of affordable houses made using GFRG and conventional building technologies in India. *Energy and Buildings*, 223, 110138.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110138>
- Christoforou, E., Kylili, A., Fokaides, P. ., & Ioannou, I. (2016). Cradle to site Life Cycle Assessment (LCA) of adobe bricks. *Journal of Cleaner Production*, 112, 443–452.
- Contreras, O. E., González G, C., & Barbosa C, A. (2015). Estado del arte de las metodologías para la evaluación ambiental en proyectos de inversión. *Revista de Investigaciones de la EAM del Quindío*, 20–42.
- CUEVAS. Melo, A. V. (Universidad P. de C. (2012). Estado del arte sobre el Análisis del Ciclo de Vida en la construcción de vivienda potencial en Colombia. Universidad Piloto de Colombia.
- DANE. (2018). *Estadísticas Asociadas al desarrollo sostenible*. (SEN) Sistema Estadístico Nacional.

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/ambientales/estadisticas-asociadas-al-desarrollo-sostenible>

- Daniela González Moya, J. (2019). *Cálculo de la huella ecológica en Colombia a partir de la comparación del plan nutricional omnívoro vs. el vegetariano*. 1–21.
- De Carvalho Filho, A. C. (2001). Análisis del ciclo de vida de productos derivados del cemento – Aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento. In *Universidad Politécnica de Cataluña*. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Dias, W. P. S., & Pooliyadda, S. P. (2004). Quality based energy contents and carbon coefficients for building materials: A systems approach. *Energy*, 29(4), 561–580. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2003.10.001>
- Diaz-Rubio, R. (2011). *Repercusión medioambiental del uso de la cerámica estructural en España. Energía Embebida y Emisiones de CO2* [Universidad Politécnica de Madrid]. <https://zaguan.unizar.es/record/10321/files/TAZ-TFM-2013-144.pdf>
- Dissanayake, D. M. K. W., Jayasinghe, C., & Jayasinghe, M. T. R. (2017). A comparative embodied energy analysis of a house with recycled expanded polystyrene (EPS) based foam concrete wall panels. *Energy and Buildings*, 135, 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.11.044>
- DNP, D. N. de P. (2018a). CONPES 3918 Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia. *CONPES 3918*, 3918, 74.
- DNP, D. N. de P. (2018b). CONPES 3943 Política para el mejoramiento de la calidad del aire. *CONPES*, 3943, 86.
- DNP, D. N. de P. (2018c). Documento CONPES 3919: Política Nacional de Edificaciones Sostenibles. *CONPES 3919*, 3919, 98. <https://doi.org/10.1109/ISSPA.1999.815782>
- DNP, D. N. de P. (2019). Plan Nacional De Desarrollo 2018 - 2022: *Pacto por Colombia, pacto por la equidad* (D. N. de P. DNP (ed.)).
- ECOINGENIERÍAS, S., UPME, & PNUD. (2012). *Determinación de propiedades físicas y estimación del consumo energético en la producción de acero, concreto, vidrio, ladrillo y otros materiales, entre ellos los alternativos y otros de uso no tradicional*,

utilizados en la construcción de edificaciones.

- Encord. (2012). *ENCORD Construction CO₂e Measurement Protocol A Guide to reporting against the Green House Gas Protocol for construction companies*. 1–36. [http://www.group.skanska.com/cdn-1cd47f384b7a8ca/Global/About Skanska/Sustainability/Environmental responsibility/ENCORD Construction CO2 Measurement Protocol Lo Res - Jun 2012.pdf](http://www.group.skanska.com/cdn-1cd47f384b7a8ca/Global/AboutSkanska/Sustainability/Environmental%20responsibility/ENCORD%20Construction%20CO2%20Measurement%20Protocol%20Lo%20Res%20-%20Jun%202012.pdf)
- Espiñdola, C., & Valderrama, J. (2017). *Huella de Carbono: Cambio Climático, Gestión Sustentable y Eficiencia Energética - César Espindola, José Valderrama - Google Libros*.
- EUROSTAT. (2015). *Municipal waste generated by country in selected years (kg per capita)*.
- Fernanda, R., Nelson, S., & Souza, M. De. (2021). Life cycle energy assessment and carbon dioxide emissions of wall systems for rural houses. *Ambiente Construido*, 21(1), 37–50. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000100492>
- Flores-Alés, V., Martín-del Río, J. J., Blasco-López, F. J., & Alejandre, F. J. (2015). Análisis de impactos ambientales producidos durante la fase de ejecución en edificación: Operaciones de limpieza y recuperación de aguas de lavado de hormigones en España. *Informes de la construcción*, 67(538). <https://doi.org/10.3989/ic.14.031>
- Freire-Guerrero, A., Alba-Rodríguez, M. D., & Marrero, M. (2019). A budget for the ecological footprint of buildings is possible: A case study using the dwelling construction cost database of Andalusia. *Sustainable Cities and Society*, 51, 101737. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2019.101737>
- Freire, A. (2017). *Presupuesto ambiental. evaluación de la huella ecológica del proyecto a través de la clasificación de la base de costes de la construcción de Andalucía*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación.
- Freire, A., & Marrero, M. (2015). Evaluación a través del presupuesto de la energía incorporada al proyecto de edificación. *Hábitat Sustentable*, 5(1), 54–63.

- Freire, A., Marrero, M., & Muñoz, J. (2016). Incorporación de huella de carbono y huella ecológica en las bases de costes de construcción. Estudio de caso de un proyecto de urbanización en Écija, España. *Revista Hábitat Sustentable*, 6(1), 6–17.
- Freire Guerrero, A., & Marrero, M. (2015). Evaluación a través del presupuesto de la energía incorporada al proyecto de edificación. *Hs*, 5(1), 54–63.
- García-Erviti, F., Armengot-Paradinas, J., & Ramírez-Pacheco, G. (2015). El análisis del coste del ciclo de vida como herramienta para la evaluación económica de la edificación sostenible. Estado de la cuestión. *Informes de la construcción*, 67(537). <https://doi.org/10.3989/ic.12.119>
- García, J. A., Quito, J. C., & Perdomo, J. A. (2020). *Análisis de la huella de carbono en la construcción y su impacto sobre el ambiente*. 22. <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/16031>
- Gieseckam, J., Barrett, J., Taylor, P., & Owen, A. (2014). The greenhouse gas emissions and mitigation options for materials used in UK construction. In *Elsevier*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778814003570>
- GlobalABC, IEA, & UNEP. (2019). 2019 Global Status Report for Buildings and Construction. In *Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector*.
- Gómez, A. M. (2019). Estrategias para reducir el impacto ambiental en pequeños generadores de residuos de construcción y demolición [Pontificia Universidad Javeriana Cali]. <http://hdl.handle.net/11522/12247>
- Gonzalez-Vallejo, P. (2017). Evaluación Económica y Ambiental de la Construcción de Edificios Residenciales. Aplicación a España y Chile. Universidad de Sevilla.
- González, K., Pérez, L. F., & Galeano, E. (2019). Análisis del ciclo de vida de un edificio residencial en Colombia. *Inventum*, 14(27), 3–14. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.14.27.2019.3-14>
- González, P. (2018). Herramienta para la estimación de costes económicos y ambientales en el ciclo de vida de edificios residenciales. Fase de construcción. *Revista Hábitat*

Sustentable, 8(2), 32–51. <https://doi.org/10.22320/07190700.2018.08.02.03>

González, P., Solís, J., Llácer, R., & Marrero, M. (2015). La construcción de edificios residenciales en España en el período 2007-2010 y su impacto según el indicador Huella Ecológica. *Informes de la construcción*, 67(539), 1–13.

<https://doi.org/10.3989/ic.14.017>

Hammond, G., & Jones, C. (2006). Inventory of Carbon & Energy (ICE). In *Mechanical Engineering*.

Hammond, G. P., & Jones, C. (2008). Inventory Of Carbon & Energy (ICE) Version 1.6a. www.bath.ac.uk/mech-eng/sert/embodied/

Hammond, Geoffrey, Jones, C., Lowrie, E. F., & Tse, P. (2011). *A BSRIA guide Embodied Carbon: The Inventory of Carbon and Energy*.

ICONTEC, I. C. de N. T. y C. (2016). Etiquetas ambientales Tipo I. Sello Ambiental Colombiano (SAC). Criterios ambientales para diseño y construcción de edificaciones sostenibles para uso diferente a vivienda. NTC 6112, NTC 6112, 15.

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLEÍA. (2015). Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) Colombia (Tercera).

Ihobe, S. A. (2009). Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono: Dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto.

ISO. (2013). ISO 14067:2013 Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification and communication. International Organization for Standardization, 64.

Jiménez, L., De la Cruz, J., Carballo, A., & Domench, J. (2010). Enfoques metodológicos para el cálculo de la Huella de Carbono. *Observatorio de La Sostenibilidad En España*, 60.

http://www.carbonfeel.org/Carbonfeel_2/Bitacora/Entradas/2011/9/15_Informe_Enfoques_metodologicos_para_el_calculo_de_la_Huella_de_Carbono_del_Isntituo_de_la_Sostenibilidad_en_Espana_files/Informe_OSE.pdf

Khan, J. S., Zakaria, R., Aminuddin, E., Abidin, N. I., Sahamir, S. R., Ahmad, R., & Abas,

- D. N. (2018). Web-based automation of green building rating index and life cycle cost analysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 143(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/143/1/012062>
- Kibert, C. (2013). SUSTAINABLE CONSTRUCTION Green Building Design and Delivery (J. Wiley (ed.); Third). Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Kim, H., Shen, Z., Kim, I., Kim, K., Stumpf, A., & Yu, J. (2016). BIM IFC information mapping to building energy analysis (BEA) model with manually extended material information. *Automation in Construction*, 68, 183–193.
<https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2016.04.002>
- Lemainang, B., & Wilmotte, J. Y. (2013). EFFC-DFI Carbon Calculator. How To Use The Tool. <http://www.geotechnicalcarboncalculator.com/de/userguide>
- Lledó, P. (2013). ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS El ABC para un Director de Proyectos exitoso. In Pablo Lledó (Ed.), *Journal of Chemical Information and Modeling* (3ra ed.).
- López-Mesa, B., Tomás, A., & Gallego, T. (2009). Comparison of environmental impacts of building structures with in situ cast floors and with precast concrete floors. *Building and Environment*, 44(4), 699–712. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.05.017>
- Resolución 472 de 2017 Gestión Integral del los RCD, 18 (2017).
- Maestre-García, J. F. (2016). Análisis y cuantificación del coste de la energía de los equipos de obra durante la ejecución de las edificaciones. Propuesta de reducción mediante la utilización de energías renovables. Universidad de Alicante.
- Marin-Orrego, J. (2019). Análisis de la generación de residuos de construcción y demolición (RCD) en un proyecto institucional: estudio de caso. Pontificia Universidad Javeriana Cali.
- Marrero, M., Martínez-Escobar, L., Mercader, M. P., & Leiva, C. (2013). Minimización del impacto ambiental en la ejecución de fachadas mediante el empleo de materiales reciclados. *Informes de la construcción*, 65(529), 89–97.
<https://doi.org/10.3989/ic.11.034>

- Marrero, Madelyn, Puerto, M., Rivero-Camacho, C., Freire-Guerrero, A., & Solís-Guzmán, J. (2017). Assessing the economic impact and ecological footprint of construction and demolition waste during the urbanization of rural land. *Resources, Conservation and Recycling*, *117*, 160–174.
- <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.10.020>
- Méndez, T. D. R., & Burgos, A. (2008). Análisis del impacto ambiental asociado a los materiales de construcción empleados en las viviendas de bajo coste del programa 10 x10. *Informes de la construcción*, *60*(509), 25–34.
- Mercader, M. P., Camporeale, P. E., & Cózar-Cózar, E. (2019). Evaluación de impacto ambiental mediante la introducción de indicadores a un modelo bim de vivienda social. *Revista Hábitat Sustentable*, *9*(2), 78–93.
- <https://doi.org/10.22320/07190700.2019.09.02.07>
- Mercader, M. P., Marrero, M., Solís, J., Montes, M. V., & Ramírez, A. (2010). Cuantificación de los recursos materiales consumidos en la ejecución de la cimentación. *Informes de la construcción*, *62*(517), 125–132.
- <https://doi.org/10.3989/ic.09.000>
- Muñoz, C., & Quiroz, F. (2014). Análisis de Ciclo de Vida en la determinación de la energía contenida y la huella de carbono en el proceso de fabricación del hormigón premezclado. Caso estudio planta productora Región del Bío Bío, Chile. *Hábitat Sustentable*, *4*(2), 16–25.
- Muntean, M., Guizzardi, D., Schaaf, E., Crippa, M., Solazzo, E., Olivier, J. G. J., & Vignati, E. (2018). Fossil CO2 emissions of all world countries: 2018 report. In *Jrc Science for Policy Report*. <https://doi.org/10.2760/30158>
- Resolución Número 0549 de 10 de Julio de 2015 “Parámetros Y Lineamientos De Construcción Sostenible,” 9 (2015). Colombia.
- Nadoushani, Z., & Akbarnezhad, A. (2015). *Effects of structural system on the life cycle carbon footprint of buildings*. *Energy and Buildings*, *102*, 337–346. *102*, 337–346.
- Network, G. F. (2014). *Global Footprint Network: Learning Package of National*

Footprint Accounts 2014 edition. url: <http://tinyurl.com/jwa3w7o>

- Nouri, J., Fatemi, M. R., Danekar, A., Fahimi, F. G., & Karimi, D. (2009). Determination of environmentally sensitive zones along Persian Gulf coastlines through geographic information system. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7(2), 718–725.
- Núñez B, C. (2019). Cálculo de la huella de carbono de las estructuras tipo de la zona céntrica de la ciudad de Ambato. Universidad Técnica de Ambato.
- ONU. (2015). Transformar el mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. *Asamblea General*, 1–40.
- Ortiz-Rodríguez, O., Castells, F., & Sonnemann, G. (2010). Life cycle assessment of two dwellings: One in Spain, a developed country, and one in Colombia, a country under development. *Science of the Total Environment*, 408(12), 2435–2443.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.02.021>
- Otálvaro, I., & Cordão-Neto, M. . (2011). *Avaliação da estabilidade em maciços de solo não saturado : um enfoque probabilístico*. 215–220.
- Quiroga, R. (2007). Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe. In *Publicación de las Naciones Unidas*. Naciones Unidas.
- Rincón G, N., & Medina B, I. D. (2019). *Análisis De La Construcción Sostenible Frente a La Construcción Convencional Desde El Punto De Vista De Costos Y Beneficios : Caso Refugio Toibita , Paipa - Boyacá Analysis of Sustainable Construction Versus Conventional Construction From the Point of Vie*. 1–13.
- Rivero-Camacho, C. (2020). Estudio de huellas en el ciclo de vida del edificio residencial. Universidad de Sevilla.
- Rodríguez, F., & Fernández, G. (2010). Ingeniería sostenible: nuevos objetivos en los proyectos de construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, 25(2), 147–160.
<https://doi.org/10.4067/s0718-50732010000200001>
- Ros García, J. M., & Sanglier Contreras, G. (2017). Análisis del Ciclo de Vida de una Unidad Prototipo de Vivienda de Emergencia. La búsqueda del impacto nulo.

Informes de la construcción, 69(547). <https://doi.org/10.3989/ic.16.035>

Scheuer, C., Keoleian, G. A., & Reppe, P. (2003). Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modeling challenges and design implications. *Energy and Buildings*, 35(10), 1049–1064.

[https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(03\)00066-5](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(03)00066-5)

Sesana, M. M., & Salvalai, G. (2013). Overview on life cycle methodologies and economic feasibility for nZEBs. *Building and Environment*, 67, 211–216.

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.05.022>

Sharma, A., & Marwaha, B. M. (2017). A methodology for energy performance classification of residential building stock of Hamirpur. *HBRC Journal*, 13(3), 337–352. <https://doi.org/10.1016/j.hbrj.2015.11.003>

Shukla, A., Tiwari, G. N., & Sodha, M. S. (2009). Embodied energy analysis of adobe house. *Renewable Energy*, 34(3), 755–761.

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.04.002>

Sinha, R., Lennartsson, M., & Frostell, B. (2016). *Environmental footprint assessment of building structures: A comparative study*, *Building and Environment*. 104, 162–171.

<https://doi.org/doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.05.012>

Solano, S., & Ortiz, E. (2016). Metodología de medición de la huella de carbono para edificaciones en Costa Rica y su aplicación en el módulo habitacional Trópika. *Revista Tecnología En Marcha*, 29(3), 73. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2889>

Solís-Guzmán, J. (2010). Evaluación de la huella ecológica del sector edificación (uso residencial) en la comunidad andaluza Departamento de Construcciones Arquitectónicas II. Universidad de Sevilla.

Solís-Guzmán, J. (2011). Evaluación de la huella ecológica del sector edificación (uso residencial) en la comunidad andaluza [Universidad de Sevilla].

<http://hdl.handle.net/11441/23950>

Solís-Guzmán, J., Marrero, M., & Ramírez-De-Arellano, A. (2013). Methodology for

determining the ecological footprint of the construction of residential buildings in Andalusia (Spain). *Ecological Indicators*, 25, 239–249.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.10.008>

Solís-Guzmán, J., Martínez-Rocamora, A., & Marrero, M. (2014). *Methodology for Determining the Carbon Footprint of the Construction of Residential Buildings* (pp. 49–83). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-4560-41-2_3

Solís, J., Rivero, C., Alba, D., & Martínez, A. (2018). Carbon footprint estimation tool for residential buildings for non-specialized users: OERCO2 project. *Sustainability (Switzerland)*, 10(5), 15. <https://doi.org/10.3390/su10051359>

Tullos, D. (2009). Assessing the influence of environmental impact assessments on science and policy: An analysis of the Three Gorges Project. *Journal of Environmental Management*, 90(SUPPL. 3), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.07.031>

UNEP, Chemicals, & IOMC, I. P. F. T. S. M. O. C. (2002). *GLOBAL MERCURY ASSESSMENT* (Chemical UNEP (ed.); Tercero). <http://www.chem.unep.ch>

Vale, B., & Vale, R. (1991). *Green architecture: design for a sustainable future*. London: Thames and Hudson.

Vasquez, J. R., & Quesada, J. F. (2017). Determinación del costo de construcción de las diferentes clasificaciones para una vivienda sustentable en la Ciudad de Cuenca, Ecuador. *Revista Hábitat Sustentable*, 7(2), 28–39.

<https://doi.org/10.22320/07190700.2017.07.02.03>

Vázquez, M. (2012). Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales. *Tecnología y Construcción*, 21(3).

Venkatarama Reddy, B. V., & Jagadish, K. S. (2003). Embodied energy of common and alternative building materials and technologies. *Energy and Buildings*, 35(2), 129–137. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(01\)00141-4](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(01)00141-4)

Wackernagel, M., & Rees, W. E. (1996). *Our Ecological Footprint: reducing human impact on the earth* (P. Testemale (ed.); Vol. 1). New Society Publisher.

<https://doi.org/10.5070/g31710273>

- Wan Omar, W. M. S., Doh, J. H., & Panuwatwanich, K. (2014). Variations in embodied energy and carbon emission intensities of construction materials. *Environmental Impact Assessment Review*, 49, 31–48. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.06.003>
- Woolley, T., Kimmins, S., Harrison, P., & Harrison, R. (2005). *Green Building Handbook Volume 1*.
- Wszolek, T., Kłaczyński, M., Mleczko, D., & Ozga, A. (2014). On certain problems concerning environmental impact assessment of wind turbines in scope of acoustic effects. *Acta Physica Polonica A*, 125(4 A), 38–44.
<https://doi.org/10.12693/APhysPolA.125.A-38>
- Yu, X., Sekhari, A., Nongaillard, A., Bouras, A., & Yu, S. (2014). A sensitivity analysis approach to identify key environmental performance factors. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/918795>
- Zabalza Bribián, I., & Aranda Usón, A. (2011). *Ecodiseño en la edificación (Serie Eficiencia Energética) (Vol. 196)*. Prensas de la Universidad de Zaragoza. (Vol. 196).

7. ANEXOS

Anexo 7.1. SISTEMA OUTINORD

Anexo 7.1.1. Estructura de Desglose de Trabajo EDT (SISTEMA OUTINORD)

Anexo 7.1.2. Cálculo de cantidades de materiales (SISTEMA OUTINORD)

Anexo 7.1.3. Cantidades de obra X módulo (SISTEMA OUTINORD)

Anexo 7.1.4. Análisis de Precios Unitarios (SISTEMA OUTINORD)

Anexo 7.1.5. Factores de emisión de utilizados en el cálculo de huellas (S OUTINORD)

Anexo 7.1.6. Unidad Básica de Estudio VIGAS (SISTEMA OUTINORD)

Anexo 7.1.7. Unidad Básica de Estudio LOSA (SISTEMA OUTINORD)

Anexo 7.1.8. Unidad Básica de Estudio MUROS (SISTEMA OUTINORD)

Anexo 7.1.9. Unidad Básica de Estudio CUBIERTA (SISTEMA OUTINORD)

Anexo 7.1.10. Unidad Básica de Estudio CARPINTERÍAS (SISTEMA OUTINORD)

Anexo 7.1.11. Unidad Básica de Estudio I. SANITARIAS (SISTEMA OUTINORD)

Anexo 7.1.12. Unidad Básica de Estudio I. HIDRÁULICAS (SISTEMA OUTINORD)

Anexo 7.1.13. Unidad Básica de Estudio I. ELÉCTRICAS (SISTEMA OUTINORD)

Anexo 7.1.14. Cálculo de huellas de materiales X módulo (SISTEMA OUTINORD)

Anexo 7.1.15. Resumen de análisis de materiales (SISTEMA OUTINORD)

Anexo 7.1.16. Cálculo Probabilístico de huellas (SISTEMA OUTINORD)

Anexo 7.1.17. Cálculo de HE para mano de obra del proyecto (SISTEMA OUTINORD)

Anexo 7.1.18. Cálculo de HE de maquinaria del proyecto (SISTEMA OUTINORD)

Anexo 7.1.19. Cálculo de HE de RCD del proyecto (SISTEMA OUTINORD)

Anexo 7.1.20. Cálculo de HE de AGUA Y ENERGÍA del proyecto (S OUTINORD)

Anexo 7.1.21. Cálculo de HE de SUPERFICIE CONSUMIDA (SISTEMA OUTINORD)

Anexo 7.2. SISTEMA CONVENCIONAL

Anexo 7.2.1. Estructura de Desglose de Trabajo EDT (SISTEMA CONVENCIONAL)

Anexo 7.2.2. Cálculo de cantidades de materiales (SISTEMA CONVENCIONAL)

Anexo 7.2.3. Cantidades de obra X módulo (SISTEMA CONVENCIONAL)

Anexo 7.2.4. Análisis de Precios Unitarios (SISTEMA CONVENCIONAL)

Anexo 7.2.5. Unidad Básica de Estudio MUROS (SISTEMA CONVENCIONAL)

Anexo 7.2.6. Cálculo de huellas de materiales X módulo (SISTEMA CONVENCIONAL)

Anexo 7.2.7. Cálculo de HC y EE de materiales (SISTEMA CONVENCIONAL)

Anexo 7.2.8. Cálculo de HE de mano de obra (SISTEMA CONVENCIONAL)

Anexo 7.2.9. Cálculo de HE maquinaria (SISTEMA CONVENCIONAL)

Anexo 7.2.10. Cálculo de HE de RCD en obra (SISTEMA CONVENCIONAL)

Anexo 7.2.11. Cálculo de HE AGUA y ENERGÍA (SISTEMA CONVENCIONAL)

Anexo 7.2.12. Cálculo de HE SUPERFICIE (SISTEMA CONVENCIONAL)

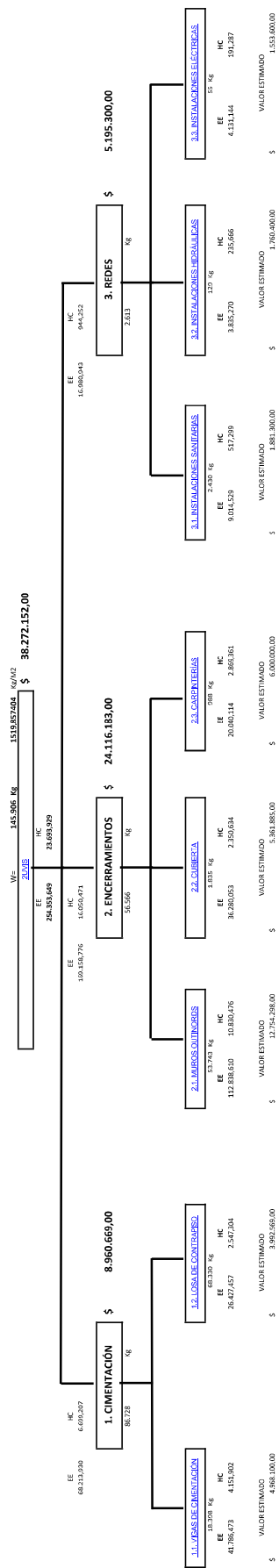
Anexo 7.3. Resumen de huellas del proyecto

Anexo 7.4. Glosario de términos especiales

Anexo 7.1. SISTEMA OUTINORD

Anexo 7.1.1. Estructura de Desglose de Trabajo EDT (SISTEMA OUTINORD)

WILLIAN SOLÍS PÉREZ COD: 8924315	HUELLA ECOLÓGICA TOTAL=	6,044336	hag/m ²	ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS MUROS OUTINORDS
EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL- ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACAC, NAHUIRO	FECHA:	13-05-2021		
	ARCHIVO:	20210513_FOTOMADO OUTINORD		



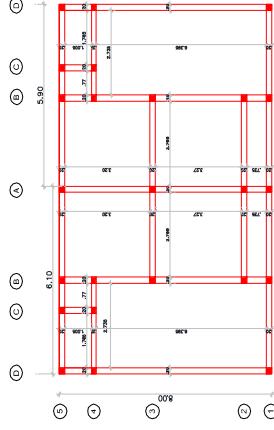
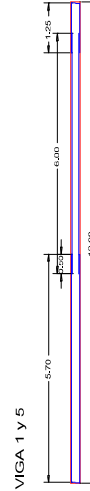
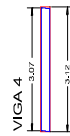
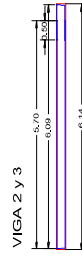
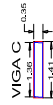
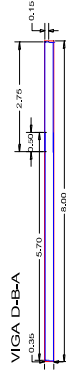
Anexo 7.1.2. Cálculo de cantidades de materiales (SISTEMA OUTINORD)

 WILLIAN SOLÍS PEREZ COD: 8924315	CÁLCULO DE CANTIDADES	ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS MUROS OUTINORDS
EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, MARÍÑO		FECHA: 15 de abril de 2021 2104H755 PQTUMACO OUTINORD

CARTILLA DE HIERROS CANDELLAS POR DOS VIVIENDAS

VIGA No	CANTIDAD	LONGITUD VIGA (m)	SENTIDO DEL REFUERZO	CANTIDAD DE BARRAS	No DESIGNACION	LONGITUD	LONGITUDES EN (m)		PESO EN (KG)
							GANCHO	TRASLAPO	
V1	1	12,00	LONGITUDINAL	4	4	11,85	0,00	1,00	51,80
	1	8,00	TRANSVERSAL	4	3	8,00	0,00	0,00	32,00
V2	1	6,14	LONGITUDINAL	4	4	6,09	0,00	0,50	26,28
	1	8,00	TRANSVERSAL	26	3	8,00	0,00	0,50	28,60
V3	1	6,14	LONGITUDINAL	4	4	6,09	0,00	0,50	26,36
	1	8,00	TRANSVERSAL	26	3	8,00	0,00	0,50	28,60
V4	2	3,12	LONGITUDINAL	4	4	3,07	0,00	0,00	24,56
	2	8,00	TRANSVERSAL	13	3	8,00	0,00	0,00	28,60
V5	1	12,00	LONGITUDINAL	4	4	11,95	0,00	1,00	51,80
	1	8,00	TRANSVERSAL	46	3	8,00	0,00	0,50	53,90
VA	1	8,00	LONGITUDINAL	4	4	7,95	0,00	0,50	33,80
	2	8,00	LONGITUDINAL	33	3	8,00	0,00	0,50	36,30
VB	2	8,00	LONGITUDINAL	4	4	7,95	0,00	0,50	37,60
	2	8,00	TRANSVERSAL	33	3	8,00	0,00	0,50	37,60
VC	2	1,41	LONGITUDINAL	4	4	1,36	0,00	0,00	10,81
	2	8,00	TRANSVERSAL	7	3	8,00	0,00	0,50	15,40
VD	2	8,00	LONGITUDINAL	4	4	7,95	0,00	0,50	37,60
	2	8,00	TRANSVERSAL	33	3	8,00	0,00	0,50	37,60
TOTAL ACERO POR 2 VIVIENDAS									377,28
TOTAL ACERO POR VIVIENDAS									188,64

VIGA No	L TOTAL	CONCRETO VIGAS INTERFERENCIAS		L EFECTIVA (m)
		CANTIDAD	ANCHO	
V1	12,00	5,00	0,20	11,00
V2	6,14	3,00	0,20	5,54
V3	6,14	3,00	0,20	5,54
V4	3,12	3,00	0,20	5,04
V5	12,00	7,00	0,20	10,80
VA	8,00	0,00		8,00
VB	8,00	0,00		16,00
VC	1,41	0,00		2,82
VD	8,00	0,00		16,00
TOTAL POR 2 VIVIENDAS				80,54
TOTAL POR VIVIENDA				40,27





WILLIAN SOLIS PEREZ
COD: 8924315

CÁLCULO DE CANTIDADES

ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS
MUROS OUTINORDS

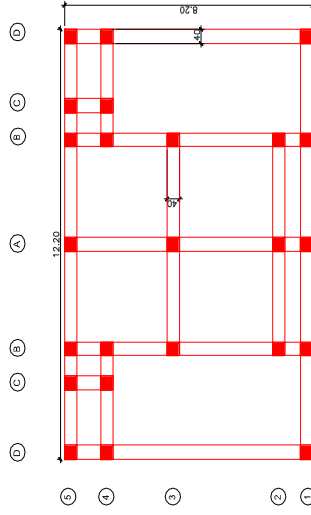
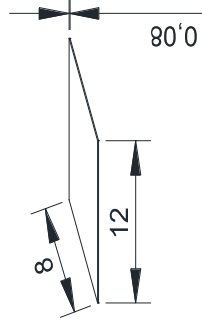
EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMIACO, NARIÑO

FECHA: 16 de abril de 2021

21045755 PGTUMIACO OUTINORD

VIGA No	L TOTAL	INTERFERENCIAS CANTIDAD	EXCAVACIÓN			VOLUMEN DE EXCAVACIÓN	
			L EFECTIVA (m)	ANCHO	PROF		
V1	12,20	5,00	0,40	10,20	0,40	0,35	1,43
V2	6,33	3,00	0,40	5,13	0,40	0,35	0,72
V3	6,33	3,00	0,40	5,13	0,40	0,35	0,72
V4	6,66	6,00	0,40	4,26	0,40	0,35	1,20
V5	12,20	7,00	0,40	9,40	0,40	0,35	1,32
VA	8,20	0,00		8,20	0,40	0,35	1,15
VB	8,20	0,00		8,20	0,40	0,35	2,30
VC	1,61	0,00		1,61	0,40	0,35	0,46
VD	8,20	0,00		8,20	0,40	0,35	2,30
TOTAL POR 2 VIVIENDAS						11,6	33
TOTAL POR VIVIENDA						5,8	16,5

PLACA DE CONTRAPISO		AREA TOTAL VIVIENDAS		A EFECTIVA PLACA	
L EFECTIVA	ANCHO	TOTAL m ²	LARGO	TOTAL m ²	TOTAL m ²
12,00	0,00	12,00	8,00	96,00	96,00
TOTAL POR 2 VIVIENDAS					96,00
TOTAL POR VIVIENDA					48





WILLIAN SOLÍS PÉREZ
COD: 8924315

CÁLCULO DE CANTIDADES

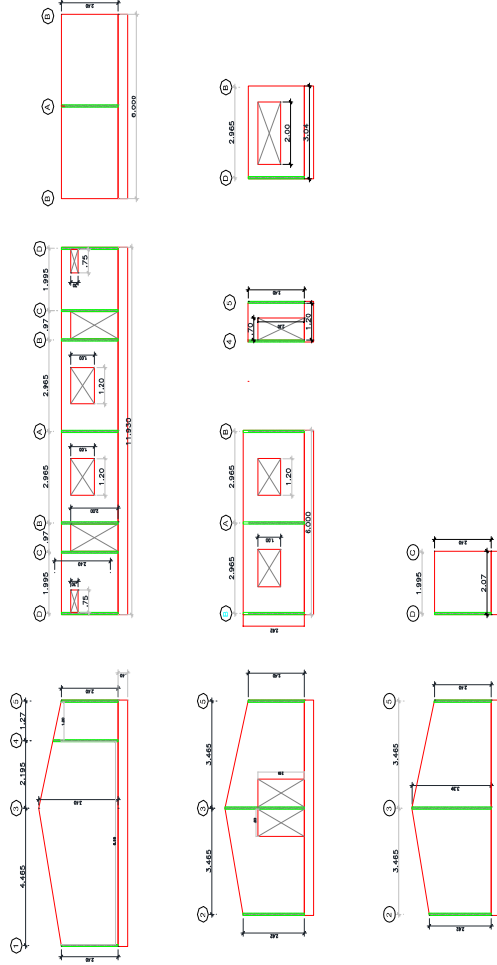
ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS
MUROS OUTINORDS

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL - ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO

FECHA: 15 de abril de 2021

210415755 PGTUMACO OUTINORD

E/E	L TOTAL	CANTIDAD	INTERFERENCIAS		L EFECTIVA (m)	MUROS		ÁREA MURO	ÁREA VANDOS		ÁREA VANDOS		
			CANTIDAD	ANCHO		H MURO	H CULATA		VENTANAS	PUERTAS			
1	3.09	2.00	1.00	0.07	3.02	2.40	0.00	14.47	2.2	1.2	2.1	0.9	6.66
2	6.00	1.00	3.00	0.07	5.79	2.62		15.17	2.2	1.2	2.1	0.9	6.66
3	6.00	1.00	3.00	0.07	5.79	2.40		11.90	0.75	0.3	2.1	0.7	3.30
4	2.07	2.00	1.00	0.07	2.00	2.40		9.58			2.1	0.33	3.006
5	12.00	1.00	7.00	0.07	11.51	2.40		27.62					
A	7.00	1.00	0.00		3.50	2.62	0.78	9.85					
B	7.00	2.00	0.00		3.50	2.62	0.78	19.71					
C	1.34	2.00	0.00		3.50	2.40	1.00	18.55					
D	8.00	2.00	0.00		8.00	2.40	1.00	46.40					
TOTAL POR 2 VIVIENDAS								191.43			TOTAL POR 2 VIVIENDAS	29.2	
TOTAL POR VIVIENDA								95.71			TOTAL POR VIVIENDA	14.6	
TOTAL POR 2 VIVIENDAS								162.23			TOTAL POR VIVIENDA	81.12	



Anexo 7.1.3. Cantidades de obra X módulo (SISTEMA OUTINORD)

	CÁLCULO DE CANTIDADES DE OBRA	WILLIAN SOLÍS PERÉZ COD: 8924315
	Obra: EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO	15 de abril de 2021 210415755 PGTUMACO OUTINORD


ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	VALOR TOTAL
------	-------------	-----	----------	-------------

1 CIMENTACIÓN				
1.1.	CIMENTACIÓN EN VIGA 20CMX40CM DE CONCRETO DE 3100 PSI REFORZADO POR MÓDULO / 80,54ML	ML	80,54	
A1,01	Viga perimetral de cimentación de 0,20MX0,35M	ML	80,54	
1.2.	LOSA DE CONTRAPISO POR MÓDULO E=10CMS / 96M2	M2	96,00	
A1,02	Subbase C5	M3	19,2	
A1,03	Relleno para cimentación con material importado	M3	4,64	
A1,04	Piso en concreto 2500 PSI	M2	96,00	

2 ENCERRAMIENTOS				
2.1.	SISTEMA OUTINORD MUROS DE CARGA EN CONCRETO E=8CMS POR MÓDULO / 164,63M2	M2	164,63	
A2,01	Muros de carga en Sistema Outinord E=8CMS	M2	162,23	
A2,02	Mesones	M2	2,4	
2.2.	CUBIERTA EN ASBESTO CEMENTO POR VIVIENDA A=61M2	UND	2	
A2,03	Cubierta en teja X Vivienda 61M2	UND	2	
A2,04	Bajante de aguas lluvias	ML	12	
A2,05	Estructura de cubierta metálica	UND	2	
2.3.	CARPINTERÍA POR VIVIENDA	UND	2	
A2,06	Ventana Metálica 1,20MX1,20M V1	UND	2	
A2,07	Ventana Metálica 2,00MX1,20M V2	UND	1	
A2,08	Ventana Metálica 0,75MX0,30M V3	UND	1	
A2,09	Puerta en madera para baño 0,70MX2,10M	UND	1	
A2,10	Puerta en madera 0,90MX2,10M Según diseño	UND	2	
A2,11	Puerta metálica 0,90MX2,10M Según diseño	UND	2	

3 REDES				
3.1.	INSTALACIONES SANITARIAS POR VIVIENDA	UND	2	
A3,01	Cajas inspección	UND	2	
A3,02	Instalaciones Sanitarias X Vivienda	UND	1	
3.2.	INSTALACIONES HIDRÁULICA POR VIVIENDA	UND	2	
A3,03	Instalaciones Hidraulicas X Vivienda	UND	2	
A3,04	Combo sanitario línea económica	JGO	2	
3.3.	INSTALACIONES ELÉCTRICAS POR VIVIENDA	UND	2	
A3,05	Instalaciones Eléctricas X Vivienda	UND	2	

Anexo 7.1.4. Análisis de Precios Unitarios (SISTEMA OUTINORD)

	ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS MUROS OUTINORDS	WILLIAN SOLÍS PERÉZ COD: 8924315	
	EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO	FECHA: 15 de abril de 2021	210415755 PGTUMACO OUTINORD

MEZCLA CONCRETO 1:2:4 2500 PSI - 17,5 Mpa			1,00	Unidad: M3 ITEM: BASICO
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
MATERIALES				
AGUA	LTS	160	19,00	3.040,00
GASOLINA CORRIENTE	GLN	0,1	9.446,00	944,60
ACEITE MOTOR	GLN	0,006	78.888,00	473,33
BALASTRO PARA FUNDICIÓN	M3	1,460	48.000,00	70.080,00
CEMENTO GRIS	KLS	260,000	552,00	143.520,00
				218.057,93
			218.057,93	218.058,00

MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI - 22,0 Mpa			1,00	Unidad: M3 ITEM: BASICO
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
MATERIALES				
AGUA	LTS	190	19,00	3.610,00
GASOLINA CORRIENTE	GLN	0,1	9.446,00	944,60
ACEITE MOTOR 4 TIEMPOS	GLN	0,006	78.888,00	473,33
ARENA GRUESA	M3	0,560	85.000,00	47.600,00
GRAVA TRITURADA DE 3/4	M3	0,840	180.000,00	151.200,00
CEMENTO GRIS	KLS	350,000	552,00	193.200,00
				397.027,93
			397.027,93	397.028,00



**ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS
MUROS OUTINORDS**

**WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315**

**EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN
VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE
TUMACO, NARIÑO**

FECHA: 15 de abril de 2021

210415755 PGTUMACO OUTINORD

Viga perimetral de cimentación de 0,20MX0,35M			1,00	UNIDAD: ML ITEM: A1,01
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
MATERIALES				
PUNTILLA 2 CC	LBS	0,150	2.000,00	300,00
TABLA 1X10x3M [2C]	UND	0,700	6.500,00	4.550,00
VARETA 2"x2"x3M	UND	0,500	2.400,00	1.200,00
VARILLA 1/2" L=6,00M	UND	0,727	22.900,00	16.652,88
ESTRIBO 3/8" 15X30 L=100 0.56K	UND	3,500	4.300,00	15.050,00
ALAMBRE NEGRO # 18	KLS	0,230	5.800,00	1.334,00
SEGUETA SIN MARCO	UND	0,120	3.400,00	408,00
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	M3	0,072	397.027,93	28.586,01
				68.080,89
			68.080,89	68.081,00

Subbase C5			1	UNIDAD: M3 ITEM: A1,02
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
MATERIALES				
AGUA	LTS	10	19,00	190,00
BALASTRO	M3	1,300	48.000,00	62.400,00
				62.590,00
			62.590,00	62.590,00



**ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS
MUROS OUTINORDS**

**WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315**

**EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN
VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE
TUMACO, NARIÑO**

FECHA: 15 de abril de 2021

210415755 PGTUMACO OUTINORD

Relleno para cimentación con material importado				1	Unidad: M3 ITEM: A1,03
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$	
MATERIALES					
BALASTRO	M3	1,300	48.000,00	62.400,00	
				62.400,00	
				62.400,00	62.400,00

Piso en concreto 2500 PSI				96,00	UNIDAD: M2 ITEM: A1,04
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$	
MATERIALES					
LISTON 1 x4x3M.	UND	0,335	1.572,00	526,62	
PUNTILLA 1.1/2 CC 363 UND/LB	LBS	0,050	2.000,00	100,00	
MALLA ELEC.H-1.31/U131 ESP 15X30 1.38K/M2	KLS	1,380	5.700,00	7.866,00	
MEZCLA CONCRETO 1:2.5:4« 2500 PSI-17.5MPa	M3	0,082	218.057,93	17.967,97	
				26.460,59	
				26.460,59	26.461,00



ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS MUROS OUTINORDS

WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN
VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE
TUMACO, NARIÑO

FECHA: 15 de abril de 2021

210415755 PGTUMACO OUTINORD

Muros de carga en Sistema Outinord E=8CMS				1	UNIDAD: M2 ITEM: A2,01
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$	
MATERIALES					
PUNTILLA 2.1/2 104 UND/LB	LBS	0,100	2.000,00	200,00	
TABLA 1x05x300 AMARILL[1C]	UND	0,425	4.512,00	1.917,60	
LAM.ICOPOR 5CM DE 125x200CM	UND	0,400	22.550,00	9.020,00	
MALLA ELECTROSOLD Q5 ESPAC 15X15 3K/M2	KG	3,000	5.700,00	17.100,00	
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	M3	0,088	397.027,93	34.938,46	
				63.176,06	
				63.176,06	

Mesones				1	UNIDAD: UND ITEM: A2,02
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$	
MATERIALES					
MALLA ELECTROSOLDADA Q5 ESP 15X15 3KG/M2	KG	3,000	5.700,00	17.100,00	
PUNTILLA 2 CC	LBS	0,190	2.000,00	380,00	
TABLA 1x10x3M	UND	0,800	8.000,00	6.400,00	
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	M3	0,048	397.027,93	19.057,34	
				42.937,34	
				42.937,34	



**ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS
MUROS OUTINORDS**

**WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315**

**EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN
VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE
TUMACO, NARIÑO**

FECHA: 15 de abril de 2021

210415755 PGTUMACO OUTINORD

Cubierta en teja X Vivienda 61M2			1	Unidad: UND ITEM: A2,03
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
MATERIALES				
IGASOL GRIS [SELLANTE] 3,5KG.	KLS	0,800	13.700,00	10.960,00
GANCHO P/TEJA ASB. MADERA	UND	70,000	790,00	55.300,00
AMARRAS PARA TEJA ASBESTO	UND	20,000	150,00	3.000,00
CANAL PVC AGUAS LLUVIAS	ML	12,000	36.700,00	440.400,00
UNIÓN DE CANAL PVC	UND	2,000	21.433,00	42.866,00
UNIÓN DE CANAL PVC A BAJANTE	UND	2,000	25.000,00	50.000,00
TAPAS DE CANAL PVC	UND	4,000	9.400,00	37.600,00
SOPORTE CANAL PVC	UND	12,000	3.850,00	46.200,00
SOPORTE METÁLICO CANAL PVC	UND	12,000	9.400,00	112.800,00
TORN INOXIDABLE	UND	50,000	250,00	12.500,00
CABALLETE FIJO ASBESTO CEM L=94 U=87CM P=15-20%	UND	7,000	20.000,00	140.000,00
TEJA ASB.CEMENTO P 7 # 4 L= 122 /108 A=	UND	7,000	18.000,00	126.000,00
TEJA ASB.CEMENTO P 7 # 8 L= 244 /230 A=	UND	21,000	32.200,00	676.200,00
				1.753.826,00
			1.753.826,00	1.753.826,00



ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS MUROS OUTINORDS

WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN
VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE
TUMACO, NARIÑO

FECHA: 15 de abril de 2021

210415755 PGTUMACO OUTINORD

Bajante de aguas lluvias				1	UNIDAD: ML ITEM: A2,04
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$	
MATERIALES					
SOLDADURA PVC 1/ 2 GLN	UND	0,004	157.800,00	631,20	
CODO BAJANTE 45°	UND	0,667	14.300,00	9.533,33	
CODO BAJANTE 90°	UND	0,667	9.200,00	6.133,33	
BAJANTE PVC AGUAS LLUVIAS	ML	1,000	29.200,00	29.200,00	
SOPORTE BAJANTE PVC	UND	1,000	3.000,00	3.000,00	
LIMPIADOR PVC 760-G 1/4 GL	UND	0,004	51.000,00	204,00	
				48.701,87	
			48.701,87	48.702,00	

Estructura de cubierta metálica				1	Unidad: UND ITEM: A2,05
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	
MATERIALES					
SOLDADURA LAMINA 1/8 WEST ARCO 6013 20 K	KLS	3,000	7.000,00	21.000,00	
ANTICORROSIVO PHCL 25M2/GLN	GLN	2,500	6.100,00	15.250,00	
PERFIL AG C 60mmX 120mm-1.5 CAL.16 L= 6MTS. ACESCO	UND	9,000	96.000,00	864.000,00	
				900.250,00	
			900.250,00	900.250,00	



**ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS
MUROS OUTINORDS**

**WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315**

**EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN
VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE
TUMACO, NARIÑO**

FECHA: 15 de abril de 2021

210415755 PGTUMACO OUTINORD

Cajas inspección				1	UNIDAD: UND ITEM: A3,01
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$	
MATERIALES					
ALAMBRE NEGRO # 18	KLS	0,050	5.800,00	290,00	
HIERRO .3/8" 37.000 [CH]	KLS	4,720	5.800,00	27.376,00	
TABLA 1x10x3M	UND	5,350	8.000,00	42.800,00	
MEZCLA CONCRETO 1:2.5:4« 2500 PSI-17.5MPa	M3	0,200	218.057,93	43.611,59	
					114.077,59
				114.077,59	114.078,00

Instalaciones Sanitarias X Vivienda				1	UNIDAD: PTO ITEM: A3,02
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$	
MATERIALES					
CODO SAN PVC 4 x90ø CxC	UND	1,000	13.670,00	13.670,00	
CODO SAN PVC 2 x90ø CXC	UND	7,000	3.450,00	24.150,00	
CODO SAN PVC 2 x45ø CxC	UND	2,000	4.100,00	8.200,00	
SIFON SANI PVC 2" REGISTRO	UND	1,000	9.300,00	9.300,00	
SOLDADURA PVC 1/ 2 GLN	UND	0,100	157.800,00	15.780,00	
REJILLA PLANA 2X3"	UND	1,000	2.600,00	2.600,00	
TUBO SANIT PVC 2"	ML	10,000	7.500,00	75.000,00	
TUBO SANIT PVC 4"	ML	1,545	26.200,00	40.479,00	
TUBO SANIT PVC 6"	ML	9,270	55.200,00	511.704,00	
UNION SAN PVC 2	UND	2,000	2.800,00	5.600,00	
UNION SAN PVC 6	UND	1,000	35.000,00	35.000,00	
LIMPIADOR PVC 760-G 1/4 GL	UND	0,100	51.000,00	5.100,00	
					746.583,00
				746.583,00	746.583,00



ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS MUROS OUTINORDS

WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN
VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE
TUMACO, NARIÑO

FECHA: 15 de abril de 2021

210415755 PGTUMACO OUTINORD

Instalaciones Hidraulicas X Vivienda			1	UNIDAD: UND
				ITEM: A3,03
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
MATERIALES				
ADAP.M PRS PVC .1/2	UND	10,000	460,00	4.600,00
CODO GALV .1/2x90	UND	1,000	4.900,00	4.900,00
CODO PRS PVC .1/2x90ø	UND	7,000	670,00	4.690,00
NIPLE GALV .1/2x 5 CM	UND	1,000	3.900,00	3.900,00
UNION PRS PVC .1/2	UND	7,000	450,00	3.150,00
TEE PRS PVC .1/2	UND	5,000	880,00	4.400,00
UNION CON ROSCA PVC 1/2"	UND	4,000	450,00	1.800,00
SOLDADURA PVC 1/ 2 GLN	UND	0,210	157.800,00	33.138,00
TAPON PRS PVC .1/2 R	UND	4,000	400,00	1.600,00
TUBO PVC 1/2" X 3 MTS	UND	7,160	17.250,00	123.510,00
VALVULA UNIVERSAL 1/2"	UND	1,000	34.500,00	34.500,00
GRIFO LAVADERO BLANCO 1/2"	UND	1,000	12.000,00	12.000,00
DUCHA SENCILLA ARTESA GRIVAL	UND	1,000	55.000,00	55.000,00
LAVAPLATO EN ACERO 100X50 SOCODA	UND	1,000	82.500,00	82.500,00
GRIFO LAVAPLATOS MEZCLADOR	UND	1,000	88.200,00	88.200,00
LIMPIADOR PVC 112 GRMS	UND	0,105	8.900,00	934,50
				458.822,50
			458.822,50	458.823,00



**ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS
MUROS OUTINORDS**

**WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315**

**EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN
VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE
TUMACO, NARIÑO**

FECHA: 15 de abril de 2021

210415755 PGTUMACO OUTINORD

Combo sanitario línea económica			1	Unidad: JGO ITEM: A3,04
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
MATERIALES				
AGUA	LTS	2	19,00	38,00
GRIF.LAVAM.MEZC.4" ARTESA GRIVAL	UND	1,000	70.000,00	70.000,00
NIPLE GALV .1/2x 5 CM	UND	2,000	3.900,00	7.800,00
TEE GALV .1/2"	UND	1,000	3.900,00	3.900,00
MANGUERA FLEXIBLE GRIFLEX GRIVAL REF.38014001	UND	3,000	16.250,00	48.750,00
LAVAMANOS LAGUNA/ACUACER [COLGAR]	UND	1,000	65.000,00	65.000,00
SANITARIO LAGUNA/ACUACER CORONA GRIFERIA-MUEBLE-PORC	JGO	1,000	260.000,00	260.000,00
CINTA TEFLON 10 MTS CARRETE DE 10 METROS	UND	0,200	1.500,00	300,00
				455.788,00
			455.788,00	455.788,00



**ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS
MUROS OUTINORDS**

**WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315**

**EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN
VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE
TUMACO, NARIÑO**

FECHA: 15 de abril de 2021

210415755 PGTUMACO OUTINORD

Instalaciones Eléctricas X Vivienda			1	UNIDAD: UND ITEM: A3,05
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
MATERIALES				
TUBO PVC 1/2" X 3 MTS	UND	20,000	5.100,00	102.000,00
TUBO PVC 3/4" X 3 MTS	UND	3,000	6.200,00	18.600,00
CURVA PVC 1/2" PLASTIMEC	UND	20,000	450,00	9.000,00
CURVA PVC 3/4" PLASTIMEC	UND	3,000	600,00	1.800,00
TERMINAL PVC 1/2"	UND	40,000	150,00	6.000,00
TERMINAL PVC 3/4"	UND	3,000	200,00	600,00
CABLE COBRE AISLADO THHN N°8 BLANCO	ML	10,000	4.100,00	41.000,00
CABLE COBRE AISLADO THHN N°8 NEGRO	ML	10,000	4.250,00	42.500,00
CABLE COBRE AISLADO THHN N°12 BLANCO	ROLLO	1,000	148.900,00	148.900,00
CABLE COBRE AISLADO THHN N°12 NEGRO	ROLLO	1,000	193.000,00	193.000,00
CABLE COBRE AISLADO THHN N°14	ROLLO	0,500	104.900,00	52.450,00
CINTA AISLANTE # 33 ROLLO x 20 MTS	UND	0,500	18.650,00	9.325,00
CAJA OCTOGONAL PVC	UND	7,000	1.700,00	11.900,00
CAJA 2x4 PVC	UND	11,000	1.050,00	11.550,00
SWITCHE TRIPLE AMBIA LEGRAND	UND	1,000	8.350,00	8.350,00
SWITCHE SENCILLO AMBIA LEGRAND	UND	4,000	2.250,00	9.000,00
TOMA 2X20 CODELCA	UND	6,000	4.150,00	24.900,00
PLAFON-BLANCO 200W CILES	UND	7,000	2.100,00	14.700,00
TABLERO 1F- 4 CTOS VTQ SQUAR-D	UND	1,000	25.750,00	25.750,00
BREAKER 1x 16 AMP	UND	1,000	17.100,00	17.100,00
BREAKER 1x 20 AMP	UND	1,000	18.850,00	18.850,00
BREAKER 1x 30 AMP	UND	1,000	18.850,00	18.850,00
				786.125,00
			786.125,00	786.125,00



**ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS
MUROS OUTINORDS**

**WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315**

**EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN
VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE
TUMACO, NARIÑO**

FECHA: 15 de abril de 2021

210415755 PGTUMACO OUTINORD

Ventana Metálica 1,20MX1,20M V1				1	UNIDAD: UND
					ITEM: A2,06
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$	
MATERIALES					
VENTANA METALICA 1,20MX1,20M V1	UND	1,000	320.000,00	320.000,00	
				320.000,00	
			320.000,00	320.000,00	

Ventana Metálica 2,00MX1,20M V2				1	UNIDAD: UND
					ITEM: A2,07
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$	
MATERIALES					
VENTANA METÁLICA 2,00MX1,20M V2	UND	1,000	540.000,00	540.000,00	
				540.000,00	
			540.000,00	540.000,00	

Ventana Metálica 0,75MX0,30M V3				1	UNIDAD: UND
					ITEM: A2,08
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$	
MATERIALES					
VENTANA METÁLICA 0,75MX0,30M V3	UND	1,000	200.000,00	200.000,00	
				200.000,00	
			200.000,00	200.000,00	



ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS MUROS OUTINORDS

WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN
VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE
TUMACO, NARIÑO

FECHA: 15 de abril de 2021

210415755 PGTUMACO OUTINORD

Puerta en madera para baño 0,70MX2,10M				1	UNIDAD: UND ITEM: A2,09
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$	
MATERIALES					
PUERTA EN MADERA PARA BAÑO 0,70MX2,10M	UND	1,000	220.000,00	220.000,00	
				220.000,00	
			220.000,00	220.000,00	

Puerta en madera 0,90MX2,10M Según diseño				1	UNIDAD: UND ITEM: A2,10
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$	
MATERIALES					
PUERTA EN MADERA 0,90MX2,10M SEGUN DISEÑO	UND	1,000	230.000,00	230.000,00	
				230.000,00	
			230.000,00	230.000,00	

Puerta metálica 0,90MX2,10M Según diseño				1	UNIDAD: UND ITEM: A2,11
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$	
MATERIALES					
PUERTA METÁLICA 0,90MX2,10M SEGUN DISEÑO	UND	1,000	470.000,00	470.000,00	
				470.000,00	
			470.000,00	470.000,00	

Anexo 7.1.5. Factores de emisión de utilizados en el cálculo de huellas (SISTEMA OUTINORD)

 WILLIAN SOLIS PEREZ COD: 8924315	FACTORES DE EMISIÓN	ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS MUROS OUTINORDS
EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO		15 de abril de 2021

DESCRIPCIÓN	FACTOR DE EMISIÓN DE ENERGÍA EMBEBIDA (MJ/Kg)										F.E.	N	min	Max.	Desviación estándar	Var [x]	Burlington, R.S., e May, D.C. (1970) Handbook of Probability and Statistics, McGraw-Hill, New York.
ACERO	29.02	35.40	35.30	21.50	36.00	32.00	32.68	42.00	33.33	33.03	9	21,500	42,000	6,902	47,643	N	Ns
AGUA	0.060	0.060	0.010							0.040	3	0,010	0,060	0,030	0,001		
COBRE	109.17	40.55	110.20	42.00	50.40	110.00	98.93			86.78	6	42,000	110,200	26,914	724,362		
ASBESTO CEMENTO	7.40	8.86	10.70							5.99	3	7,400	10,700	1,949	3,799	2	1,128
ÁRIDOS	0.10	0.01	0.15	0.22						0.12	4	0,010	0,220	0,102	0,010	3	1,693
CEMENTO	7.80	7.92	7.79	7.00	8.88	5.56	5.85	6.85	4.54	6.92	9	4,540	8,981	1,495	2,236	4	2,059
HIERRO GALVANIZADO	34.80	22.60								25.70	2	22,600	34,800	10,816	116,977	5	2,326
ICOPOR	105.00	82.00	89.50							92.37	3	82,000	105,000	13,231	175,058	6	2,534
LADRILLO COMUN	4.95	2.90	3.00	4.75	4.04	2.70	2.75			3.58	7	2,700	4,950	0,832	0,692	7	2,704
MADERA	5.18	4.50	7.20	4.10	7.00	7.10	8.50			6.23	7	4,100	8,500	1,627	2,648	8	2,847
MORTERO 1:3	1.09	1.55								1.32	2	1,090	1,550	0,408	0,166	9	2,97
MORTERO 1:4	0.92	1.34								1.13	2	0,920	1,340	0,369	0,136	10	3,079
HIERRO GALVANIZADO	4.00	0.50								0.75	2	0,500	1,000	0,443	0,196	15	3,472
HORMIGÓN 1:2.5:4+ 2500 PSI-17.5MPa	0.75	0.95	1.37							1.02	3	0,750	1,371	0,367	0,135	20	3,735
HORMIGÓN 1:2:3 3100 PSI 21 MPa	90.40	144.00	81.50	70.00						96.48	4	70,000	144,000	35,940	1291,668	30	4,09
PINTURA	70.00	74.52	106.00	87.50	77.28					79.04	5	67,500	106,000	16,552	273,969		
PVC	21.96	29.00								25.48	2	21,960	29,000	6,241	38,952		
PORCELANA																	

DESCRIPCIÓN	FACTOR DE EMISIÓN DE CO2eq (Kg CO2eq / Kg)										F.E.	N	min	Max.	Desviación estándar	Var [x]	Burlington, R.S., e May, D.C. (1970) Handbook of Probability and Statistics, McGraw-Hill, New York.
ACERO	2.750	2.700	2.800	2.890	2.710	1.800				2.608	6	1,800	2,890	0,430	0,185	N	Ns
AGUA	0.002	0.000								0.001	2	0,000	0,002	0,002	0,000	N	Ns
COBRE	3.830	8.622	1.850							4.767	3	1,850	8,622	4,000	16,000		
ASBESTO CEMENTO	0.691	0.052	0.999	0.723						0.594	4	0,052	0,909	0,416	0,173	2	1,128
ÁRIDOS	0.095	0.010					0.016		0.003	0.005	3	0,003	0,016	0,006	0,000	3	1,693
CEMENTO	0.830	1.185	0.980	0.614				1.221	0.758	0.933	6	0,758	1,226	0,185	0,034	4	2,059
HIERRO GALVANIZADO	2.820	3.789	4.900	5.230						4.186	4	2,820	5,230	1,170	1,370	5	2,326
ICOPOR	2.700	3.930								3.177	3	2,700	3,930	0,727	0,528	6	2,534
LADRILLO COMUN	0.220	0.243		0.240	0.230					0.233	4	0,220	0,243	0,011	0,000	7	2,704
MADERA	0.460				0.300					0.380	2	0,300	0,460	0,142	0,020	8	2,847
MORTERO 1:3	0.191	0.163	0.243							0.199	3	0,191	0,213	0,013	0,000	9	2,97
MORTERO 1:4	0.471	0.163	0.177							0.270	3	0,163	0,471	0,182	0,033	10	3,079
HORMIGÓN 1:2.5:4+ 2500 PSI-17.5MPa	0.096	0.056								0.076	2	0,056	0,096	0,035	0,001	15	3,472
HORMIGÓN 1:2:3 3100 PSI 21 MPa	0.129			0.107	0.150	0.113				0.125	4	0,107	0,150	0,021	0,000	20	3,735
PINTURA	3.560	0.408				0.900	3.040	2.212		2.144	5	0,408	3,640	1,390	1,931	30	4,09
PVC	2.410		2.940	3.100	3.200	1.835	2.080			2.594	6	1,835	3,200	0,539	0,290		
TRANSPORTE DE CARGA	0.150	0.103	0.138	0.138	0.078					0.120	5	0,078	0,150	0,031	0,001		
PORCELANA	1.480	0.860	2.258							1.833	3	0,860	2,258	0,826	0,682		

MATERIAL	PROCENTAJES DE RCD ENCONTRADOS EN LA LITERATURA										F.E.	N	min	Max.	Desviación estándar	Var [x]	Burlington, R.S., e May, D.C. (1970) Handbook of Probability and Statistics, McGraw-Hill, New York.
ACERO	0.0100	0.0300	0.0420							0.0273	3	0,010	0,042	0,019	0,000	N	Ns
COBRE	0.0100	0.0500	0.0400							0.0333	3	0,010	0,050	0,024	0,001		
ASBESTO CEMENTO	0.0500									0.0500	1	0,050	0,050	0,000	0,000	2	1,128
ÁRIDOS	0.0100									0.0100	1	0,010	0,010	0,000	0,000	3	1,693
CEMENTO	0.0500	0.0500								0.0500	2	0,050	0,050	0,000	0,000	4	2,059
HIERRO GALVANIZADO	0.0100									0.0100	1	0,010	0,010	0,000	0,000	5	2,326
ICOPOR	0.0500									0.0500	1	0,050	0,050	0,000	0,000	6	2,534
LADRILLO COMUN	0.0500	0.0200	0.1380							0.0727	3	0,020	0,138	0,070	0,005	7	2,704
MADERA	0.0500	0.0500								0.0500	2	0,050	0,050	0,000	0,000	8	2,847
MORTERO 1:3	0.0500									0.0500	1	0,050	0,050	0,000	0,000	9	2,97
MORTERO 1:4	0.0500									0.0500	1	0,050	0,050	0,000	0,000	10	3,079
HORMIGÓN 1:2.5:4+ 2500 PSI-17.5MPa	0.0500		0.0400							0.0450	2	0,040	0,050	0,009	0,000	15	3,472
HORMIGÓN 1:2:3 3100 PSI 21 MPa	0.0500		0.0400							0.0450	2	0,040	0,050	0,009	0,000	20	3,735
PINTURA	0.0500	0.0100								0.0500	2	0,000	0,010	0,009	0,000	30	4,09
PVC	0.0100	0.0002								0.0051	2	0,000	0,010	0,009	0,000		
PORCELANA	0.0200	0.0100								0.0150	2	0,010	0,020	0,009	0,000		

Anexo 7.1.6. Unidad Básica de Estudio VIGAS (SISTEMA OUTINORD)

WILLIAN SOLIS PEREZ COD: 8924315	ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS MUROS OUTINORDS	
	FECHA: 15 de abril de 2021 20416355 POTUMACO OUTINORD	

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL X ZUBIV	PESO UNITARIO Kg	PESO TOTAL X UNO	PESOS TOTALES X ZUBIV	FE ENERGÍA EMBEBIDA MJ/Kg	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	FE HUELLA DE CARBONO Kg*CO2eq/Kg	HUELLA DE CARBONO Kg*CO2eq	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA TKM	FE TRANSPORTE Kg*CO2eq*TKm	EMISIÓN TRANSPORTE Kg*CO2eq	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL X UNO \$	VALOR TOTAL X ZUBIV \$	
MATERIALES																		
MEN GRUESA	MS	0.560	3.315	2100.000	1175.000	690.555	0.120	825.360	0.008	25.808	4.3	20.935	0.12	3.592	\$ 85.000.00	\$ 47.600.00	\$ 261.772.00	
GRAYA TRIFURADA DE 34	MS	0.840	4.973	1550.000	1500.000	770.436	0.120	250.496	0.008	25.808	4.3	30.144	0.12	3.977	\$ 150.000.00	\$ 151.200.00	\$ 892.027.13	
CEMENTO GRIS	MS	350.000	2071.892	1.000	350.000	2071.892	0.901	1430.021	0.983	2036.428	84	190.154	0.12	159.619	\$ 5.500.00	\$ 193.200.00	\$ 1.143.884.11	
					2828.000	16740.883		16160.381		2156.127				167.188	\$ 302.000.00	\$ 2328.816.48		
			UNO			ZUBIV		0.962		0.129						UNO	ZUBIV	
COSTO DIRECTO																\$ 992.000.00		\$ 2328.816.80

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL X ZUBIV	PESO UNITARIO Kg	PESO TOTAL X UNO	PESOS TOTALES X ZUBIV	FE ENERGÍA EMBEBIDA MJ/Kg	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	FE HUELLA DE CARBONO Kg*CO2eq/Kg	HUELLA DE CARBONO Kg*CO2eq	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA TKM	FE TRANSPORTE Kg*CO2eq*TKm	EMISIÓN TRANSPORTE Kg*CO2eq	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL X UNO \$	VALOR TOTAL X ZUBIV \$	
MATERIALES																		
PUNTLA 2 CC	MS	0.100	12.081	0.500	0.075	6.041	33.025	199.488	2.608	15.758	1030	6222	0.120	0.747	\$ 2.000.00	\$ 300.00	\$ 24.162.00	
TABLA 1X10x3M [C]	UND	0.700	58.378	800.000	10.839	872.943	0.228	543.474	0.380	351.720	40	34.918	0.120	4.190	\$ 6.500.00	\$ 4.560.00	\$ 368.457.00	
MARCA 2X20x3M	UND	0.500	40.370	800.000	3.000	249.610	0.228	125.378	0.380	34.372	40	39.17	0.120	1.017	\$ 2.000.00	\$ 2.000.00	\$ 162.800.00	
MARCA 12" Lx4.00M	UND	0.727	59.589	1.000	4.363	351.412	33.025	1165.425	2.608	916.500	1082	380.228	0.120	45.627	\$ 22.000.00	\$ 16.522.88	\$ 1341.222.88	
HIERRO 3P PARA ESTRIBOS 15X30 Lx100 0.568	MS	1.940	157.858	1.000	1.940	157.858	33.025	5213.231	2.608	411.747	1082	170.803	0.120	20.498	\$ 4.300.00	\$ 8.428.00	\$ 67.879.12	
ALAMBRE NEGRO # 18	MS	0.230	18.524	1.000	0.230	18.524	33.025	611.764	2.608	48.317	1082	20.043	0.120	2.405	\$ 5.800.00	\$ 1.334.00	\$ 107.440.30	
SEGUETA SIN MARCO	UND	0.120	9.666	1.000	0.012	0.966	33.025	31.918	2.608	2.521	1082	0.123	1.022	\$ 3.400.00	\$ 408.00	\$ 32.880.32		
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 21 MPa	MS	0.073	5.920	2828	207.858	16740.883	1.024	17137.084	0.125	2088.425	0	0.000	0.120	167.188	\$ 302.000.00	\$ 26.812.00	\$ 2328.816.48	
			UNO		228.434	18398.047		41788.473		3909.864				241.973	\$ 61.888.00	\$ 61.888.00	\$ 4988.108.24	
COSTO DIRECTO																\$ 61.888.00		\$ 4988.108.00

Volver a EOI.

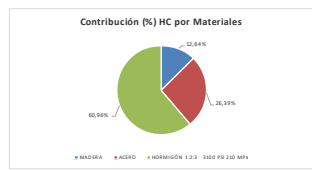
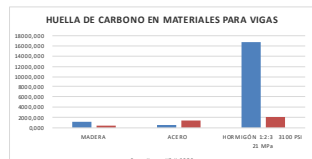
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS TOTALES X ZUBIV	FE ENERGÍA EMBEBIDA MJ/Kg	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	FE HUELLA DE CARBONO Kg*CO2eq/Kg	HUELLA DE CARBONO Kg*CO2eq	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA TKM	FE TRANSPORTE Kg*CO2eq*TKm	EMISIÓN TRANSPORTE Kg*CO2eq	VALOR TOTAL X ZUBIV \$
MATERIALES											
MADERA	Kg	1122.362	0.23	6987.503	0.380	426.497	40	44.80446505	0.120	5.389	\$ 463.105.00
ACERO	Kg	534.802	33.03	17861.866	2.608	1394.941	1082	578.854481	0.120	69.462	\$ 2.184.476.76
HORMIGÓN 1:2:3 3100 PSI 21 MPa	Kg	16740.883	1.02	17137.084	0.125	2088.425			0.120	167.188	\$ 2328.518.48
		18398.047		41788.473		3909.864				242.039	\$ 4988.108.24
		ZUBIV		EE		HC					
COSTO DIRECTO											\$ 4988.108.00

Material Genérico	Listado Total de Materiales
ACERO	Acero laminado Acero galvanizado
MADERA	Madera
HORMIGÓN 1:2:3	Concreto En Sitio

Tabla de materiales genéricos

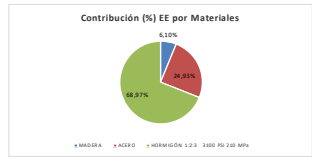
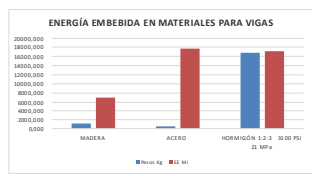
CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO DE CIMENTACIÓN

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS TOTALES X ZUBIV	FE ENERGÍA EMBEBIDA MJ/Kg	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	FE HUELLA DE CARBONO Kg*CO2eq/Kg	HUELLA DE CARBONO Kg*CO2eq	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VARIANZA [σ]	Derivada X1	Derivada X2	Derivada X3	
MATERIALES												
MADERA	Kg	1122.362	0.380	426.497	0.141883922	0.020119713			0.380	0.380	0.380	
ACERO	Kg	534.802	2.608	1394.941	0.430149961	0.185028989			2.608	2.651	2.608	
HORMIGÓN 1:2:3 3100 PSI 21 MPa	Kg	16740.883	0.125	2088.425	0.020883924	0.000436133			0.125	0.125	0.127	
					#01	3909.864			3925.783757	3937.868227	3944.824268	
									Derivada	1122.361626	134.801708	16740.88332
									Derivada	25144.71345	12920.67147	122330.8852
									Varianza [σ²]	200496.2701		
									DESVIACIÓN ESTÁNDAR σ	447.7680986		
									CoV [%]	11.45%		
									Contribución (%)	12.64%	16.39%	8.96%



CÁLCULO DE ENERGÍA EMBEBIDA DE VIGAS DE CIMENTACIÓN

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS TOTALES X ZUBIV	FE ENERGÍA EMBEBIDA MJ/Kg	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VARIANZA [σ]	Derivada X1	Derivada X2	Derivada X3			
MATERIALES												
MADERA	Kg	1122.362	0.28	6987.503	1.627218935	2.642841462	0.380	0.278	0.278			
ACERO	Kg	534.802	33.025	17861.866	6.902316902	47.242510881	2.608	30.215	30.215			
HORMIGÓN 1:2:3 3100 PSI 21 MPa	Kg	16740.883	1.024	17137.084	0.166804489	0.134545531	1.024	1.024	1.060			
					#01	41786.473						
									Derivada	1122.361626	134.801708	16740.88332
									Derivada	335474.292	13626376.82	3707350.95
									Varianza [σ²]	5668202.07		
									DESVIACIÓN ESTÁNDAR σ	793.862459		
									CoV [%]	17.69%		
									Contribución (%)	61.0%	24.93%	8.97%



CÁLCULO DE RCD EN MATERIALES DE VIGAS DE CIMENTACIÓN

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS TOTALES X ZUBIV	PORCENTAJES DE RCD	PESOS DE RCD X ZUBIV
MATERIALES				
MADERA	Kg	1122.362	0.050	56.118
ACERO	Kg	534.802	0.027	14.618
HORMIGÓN 1:2:3 3100 PSI 21 MPa	Kg	16740.883	0.045	753.340
		18398.047	#01	824.076

HUELLA ECOLÓGICA PRODUCIDA POR LOS MATERIALES DE VIGA DE CIMENTACIÓN

$$HE_{j,mat} = \sum_i (C_{mat} \cdot F_{mat}) \left(1 - \frac{A_{mat}}{A_b} \right) FE_j$$

(Cm1 X FE) = HC Huella de carbono de los materiales 3.910 t*CO2eq
 Ac es la reducción de emisiones debido a la absorción de los océanos 28% 0.72
 Ab es el factor de absorción de los bosques 3.59 t*CO2/ha
 FE es el factor de equivalencia de absorción de carbono 1.26 kg/ha
 Huella Ecológica de materiales para vigas cimiento 0.988930 kg

Volver a EOI.

Anexo 7.1.13. Unidad Básica de Estudio I. ELÉCTRICAS (SISTEMA OUTINORD)

WILLIAN SOLÍS PÉREZ COD: 824315	ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS MUROS OUTINORDS
EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO	FECHA: 15 de abril de 2021 20415125 PEFUMACO OUTINORD

INSTALACIONES ELÉCTRICAS POR VIVIENDA										UNIDAD: UNO								
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL X ZUVIS	PESO UNITARIO %	PESO TOTAL X UNO	PESO TOTALES X ZUVIS	FE ENERGÍA EMBEBIDA MJ/Kg	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	FE HUELLA DE CARBONO KgCO2e/Kg	HUELLA DE CARBONO KgCO2e	DISTANCIA A OBRA M	PESO X DISTANCIA T/m	FE TRANSPORTE KgCO2e/m ² km	EMISIÓN TRANSPORTE KgCO2e/Kg	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL X UNO \$	VALOR TOTAL X ZUVIS \$	
MATERIALES																		
TUBO PVC 1/2" X 3 MTS	UND	20,000	40,000	0,450	9,000	18,000	79,044	1,422,760	2,594	40,850	1056	10,000	0,020	2,340	\$ 5,100.00	\$ 102,000.00	\$ 204,000.00	
TUBO PVC 3/4" X 3 MTS	UND	2,000	4,000	0,050	1,000	2,000	79,044	223,673	2,594	5,189	136	5,875	0,128	0,441	\$ 5,200.00	\$ 10,400.00	\$ 20,800.00	
CURVA PVC 1/2" PLASTIMEC	UND	20,000	40,000	0,530	10,600	21,200	79,044	24,921	2,594	5,113	1056	1,267	0,128	0,151	\$ 4,900.00	\$ 98,000.00	\$ 196,000.00	
CURVA PVC 3/4" PLASTIMEC	UND	2,000	4,000	0,080	1,600	3,200	79,044	27,841	2,594	1,245	1056	0,507	0,128	0,061	\$ 600.00	\$ 1,200.00	\$ 2,400.00	
TERMINAL PVC 1/2"	UND	40,000	80,000	0,020	8,000	16,000	79,044	29,226	2,594	2,075	1056	0,845	0,128	0,149	\$ 500.00	\$ 10,000.00	\$ 20,000.00	
TERMINAL PVC 3/4"	UND	2,000	4,000	0,010	2,000	4,000	79,044	4,743	2,594	1,155	1056	0,063	0,128	0,004	\$ 200.00	\$ 4,000.00	\$ 8,000.00	
CABLE COBRE ABLAADO THHN N°8 BLANCO	ML	18,000	20,000	0,100	1,800	2,000	86,783	173,567	4,781	8,335	833	1,266	0,138	0,152	\$ 4,100.00	\$ 41,000.00	\$ 42,000.00	
CABLE COBRE ABLAADO THHN N°8 NEGRO	ML	18,000	20,000	0,080	1,440	1,600	86,783	156,210	4,781	3,361	833	1,139	0,138	0,137	\$ 4,200.00	\$ 42,000.00	\$ 43,000.00	
CABLE COBRE ABLAADO THHN N°12 BLANCO	ROLLO	1,000	2,000	3,330	3,330	7,040	86,783	610,951	4,781	33,562	633	4,456	0,138	0,535	\$ 148,000.00	\$ 148,000.00	\$ 148,000.00	
CABLE COBRE ABLAADO THHN N°12 NEGRO	ROLLO	1,000	2,000	3,330	3,330	7,040	86,783	610,951	4,781	33,562	633	4,456	0,138	0,535	\$ 148,000.00	\$ 148,000.00	\$ 148,000.00	
CABLE COBRE ABLAADO THHN N°14	ROLLO	6,500	13,000	2,340	15,240	3,340	86,783	203,073	4,781	11,158	1056	1,441	0,138	0,178	\$ 104,000.00	\$ 62,450.00	\$ 104,000.00	
CAJA OCTOGONAL PVC	UND	7,000	14,000	0,050	3,500	7,000	79,044	55,371	2,594	1,818	1056	0,739	0,138	0,040	\$ 1,700.00	\$ 11,900.00	\$ 23,800.00	
CAJA 24 PVC	UND	11,000	22,000	0,050	5,500	11,000	79,044	89,941	2,594	2,854	1056	1,162	0,138	0,139	\$ 1,200.00	\$ 13,200.00	\$ 26,400.00	
SWITCH TRIPLE AMBIA LEGRAND	UND	1,000	2,000	0,080	1,600	3,200	79,044	14,223	2,594	2,467	1056	0,160	0,128	0,073	\$ 8,300.00	\$ 8,300.00	\$ 16,600.00	
SWITCH DOBLO AMBIA LEGRAND	UND	4,000	8,000	0,050	2,000	4,000	79,044	17,678	2,594	1,028	1056	0,423	0,128	0,041	\$ 2,500.00	\$ 10,000.00	\$ 20,000.00	
CAJA 2000 COODECLA	UND	6,000	12,000	0,020	1,200	2,400	79,044	59,511	2,594	1,865	1056	0,760	0,138	0,091	\$ 4,100.00	\$ 24,600.00	\$ 49,200.00	
PLAFONBLANCO 200W OLEO	UND	7,000	14,000	0,080	5,600	11,200	25,480	358,820	1,533	8,008	1024	4,003	0,120	0,447	\$ 2,100.00	\$ 14,700.00	\$ 29,400.00	
PLAFON BLANCO 400W VTD SQUARE	UND	1,000	2,000	0,060	1,200	2,400	26,700	64,080	1,460	8,260	1056	4,017	0,120	0,491	\$ 28,700.00	\$ 28,700.00	\$ 57,400.00	
BREAKER 16 AMP	UND	1,000	2,000	0,120	2,400	4,800	79,044	10,551	2,594	3,974	1056	0,275	0,120	0,033	\$ 17,000.00	\$ 17,000.00	\$ 34,000.00	
BREAKER 20 AMP	UND	1,000	2,000	0,130	2,600	5,200	79,044	20,501	2,594	8,274	1056	0,275	0,120	0,033	\$ 18,800.00	\$ 18,800.00	\$ 37,600.00	
BREAKER 25 AMP	UND	1,000	2,000	0,150	3,000	6,000	79,044	29,921	2,594	10,414	1056	0,275	0,120	0,033	\$ 18,800.00	\$ 18,800.00	\$ 37,600.00	
					37,200	54,820		4191,144		184,183				6,131		1,453,620.00		2,915.000
									EE	HC								
COSTO DIRECTO															\$ 776,800.00	UND	2,000	\$ 1,553,600.00

Ver a EDI.

ANÁLISIS DE FACTORES X GRUPO DE MATERIALES SEGUN SU TIPO										Unidad: Kg	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESO TOTALES X ZUVIS	FE ENERGÍA EMBEBIDA MJ/Kg	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	FE HUELLA DE CARBONO KgCO2e/Kg	HUELLA DE CARBONO KgCO2e	DISTANCIA A OBRA M	PESO X DISTANCIA T/m	FE TRANSPORTE KgCO2e/m ² km	EMISIÓN TRANSPORTE KgCO2e/Kg	VALOR TOTAL X ZUVIS \$
MATERIALES											
COBRE	Kg	20,220	86,783	1,754,739	4,781	96,335	633	12,738	0,120	1,036	\$ 855,700.00
HERRO GALVANIZADO	Kg	2,480	28,760	71,176	4,184	10,382	1888	4,677	0,120	0,561	\$ 51,500.00
PORCELANA	Kg	3,820	25,480	99,882	1,533	6,008	1041	4,081	0,120	0,498	\$ 28,400.00
PVC	Kg	27,900	79,044	2,055,328	2,594	72,377	1056	29,462	0,120	3,537	\$ 517,000.00
		54,820		4191,144		184,183				6,134	\$ 1,553,600.00
						EE					2,915.000
COSTO DIRECTO											\$ 1,553,600.00

CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESO TOTALES X ZUVIS	FE HUELLA DE CARBONO KgCO2e/Kg	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VARIANZA [σ]	Derivada X1	Derivada X2	Derivada X3	Derivada X4
MATERIALES										
COBRE	Kg	20,220	86,783	1,754,739	4,781	96,335	633	12,738	0,120	1,036
HERRO GALVANIZADO	Kg	2,480	28,760	71,176	4,184	10,382	1888	4,677	0,120	0,561
PORCELANA	Kg	3,820	25,480	99,882	1,533	6,008	1041	4,081	0,120	0,498
PVC	Kg	27,900	79,044	2,055,328	2,594	72,377	1056	29,462	0,120	3,537
		54,820		4191,144		184,183				6,134
CO2 (kgCO2e)										
		20,220		1,754,739		96,335				1,036
		2,480		71,176		10,382				0,561
		3,820		99,882		6,008				0,498
		27,900		2,055,328		72,377				3,537
		54,820		4,191,144		184,183				6,134
Derivada										
		20,220		1,754,739		96,335				1,036
		2,480		71,176		10,382				0,561
		3,820		99,882		6,008				0,498
		27,900		2,055,328		72,377				3,537
		54,820		4,191,144		184,183				6,134
Derivada (Var[σ])										
		20,220		1,754,739		96,335				1,036
		2,480		71,176		10,382				0,561
		3,820		99,882		6,008				0,498
		27,900		2,055,328		72,377				3,537
		54,820		4,191,144		184,183				6,134
Varianza (σ²)										
		20,220		1,754,739		96,335				1,036
		2,480		71,176		10,382				0,561
		3,820		99,882		6,008				0,498
		27,900		2,055,328		72,377				3,537
		54,820		4,191,144		184,183				6,134
DESVIACIÓN ESTÁNDAR										
		20,220		1,754,739		96,335				1,036
		2,480		71,176		10,382				0,561
		3,820		99,882		6,008				0,498
		27,900		2,055,328		72,377				3,537
		54,820		4,191,144		184,183				6,134
COV (%)										
		20,220		1,754,739		96,335				1,036
		2,480		71,176		10,382				0,561
		3,820		99,882		6,008				0,498
		27,900		2,055,328		72,377				3,537
		54,820		4,191,144		184,183				6,134
Contribución (%)										
		20,220		1,754,739		96,335				1,036
		2,480		71,176		10,382				0,561
		3,820		99,882		6,008				0,498
		27,900		2,055,328		72,377				3,537
		54,820		4,191,144		184,183				6,134

CÁLCULO DE ENERGÍA EMBEBIDA EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESO TOTALES X ZUVIS	FE ENERGÍA EMBEBIDA MJ/Kg	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VARIANZA [σ]	Derivada X1	Derivada X2	Derivada X3	Derivada X4
MATERIALES										
COBRE	Kg	20,220	86,783	1,754,739	4,781	96,335	633	12,738	0,120	1,036
HERRO GALVANIZADO	Kg	2,480	28,760	71,176	4,184	10,382	1888	4,677	0,120	0,561
PORCELANA	Kg	3,820	25,480	99,882	1,533	6,008	1041	4,081	0,120	0,498
PVC	Kg	27,900	79,044	2,055,328	2,594	72,377	1056	29,462	0,120	3,537
		54,820		4,191,144		184,183				6,134
Derivada										
		20,220		1,754,739		96,335				1,036
		2,480		71,176		10,382				0,561
		3,820		99,882		6,008				0,498
		27,900		2,055,328		72,377				3,537
		54,820		4,191,1						

Anexo 7.1.14. Cálculo de huellas de materiales X módulo (SISTEMA OUTINORD)

 WILLIAN SOLIS PERÉZ COD: 8924315	ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS	15 de abril de 2021
	MUROS OUTINORDS	210415755 PGTUMACO OUTINORD

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS TOTALES X 2UWS	F.E. ENERGÍA EMBEDIA MJ/Kg	ENERGÍA EMBEDIA MJ	F.E. HUELLA DE CARBONO Kg ^{CO2} /Kg	HUELLA DE CARBONO Kg ^{CO2} eq	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA T ^{KM}	F.E. TRANSPORTE Kg ^{CO2} eq/T ^{Km}	EMISIÓN TRANSPORTE Kg ^{CO2} eq	ITEM: MÓDULO	
											VALOR TOTAL X 2UWS \$	Unidad: KG
PUNTIILLA 2 CC	LBS	6,041	33,025	198,488	2,608	15,756	10,300	6,222	0,120	0,747	\$	24,162,000
TABLA 1X10X3M [2C]	UND	872,946	6,226	5434,724	0,330	40,320	34,816	40	0,120	4,190	\$	368,457,000
VARETA 2X2X3M	UND	249,414	6,226	1552,778	0,330	94,777	90,777	40	0,120	1,197	\$	96,648,000
VARILLA 1/2" L=6,00M	UND	351,412	33,025	11605,425	2,608	916,600	380,228	1082	0,120	45,627	\$	1,341,222,360
HIERRO 3/8" PARA ESTRIOS 15X30 L=100 0.56K	CLS	157,858	33,025	5213,251	2,608	411,747	170,803	1082	0,120	20,496	\$	678,791,112
ALAMBRE NEGRO # 18	UND	18,524	33,025	614,764	2,608	48,317	1082	20,043	0,120	2,405	\$	107,440,336
SEGUETA SIN MARCO	UND	0,966	33,025	31,918	2,608	2,521	1057	1,022	0,120	0,123	\$	32,880,320
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	M3	16740,883	1,024	17157,084	0,125	2088,425	0	0,000	0,120	167,188	\$	2,320,578,448
BALASTRO	M3	48037,600	0,120	5764,512	0,008	391,987	4,3	206,592	0,120	24,796	\$	1,487,616,000
LISTON 1 X4X3M.	UND	189,184	6,226	1240,063	0,330	75,600	40	7,597	0,120	0,956	\$	50,565,520
PUNTIILLA 1/2 CC 3/83 UNDI/LB	LBS	2,400	33,025	79,260	2,608	6,260	1082	2,597	0,120	0,312	\$	9,600,000
MALLA ELEC-H-1.31/0131 ESP 15X30 1.38K/M2	CLS	132,480	33,025	4375,167	2,608	345,552	1082	143,343	0,120	17,207	\$	755,196,000
MEZCLA CONCRETO 1:2.5:4+ 2500 PSI-17.5MPa	M3	19857,939	0,750	14968,454	0,076	1516,603	0	0,000	0,120	167,741	\$	1,689,661,440
ALAMBRE NEGRO # 18	UND	16,463	33,025	543,892	2,608	42,941	1082	17,813	0,120	2,138	\$	58,934,016
LISTON 2 X2X3M.	UND	2007,169	6,226	12496,080	0,330	762,724	40	80,287	0,120	9,638	\$	28,810,225
HIERRO .3/8" 37.000 [CH]	KG	431,495	33,025	14280,178	2,608	1125,463	1082	466,878	0,120	56,044	\$	2,078,738,080
MALLA ELECTROSOLD O5 ESPAC 15X15 3K/M2	KG	493,890	33,025	16310,772	2,608	1288,200	1082	534,389	0,120	64,148	\$	2,815,173,000
PUNTIILLA 2 CC	LBS	6,503	33,025	214,758	2,608	16,862	10300	6,898	0,120	0,804	\$	26,011,544
PUNTIILLA 2 1/2 104 UNDI/LB	LBS	8,232	33,025	271,846	2,608	21,470	10300	8,478	0,120	1,078	\$	32,926,000
TABLA 1X10X3M	UND	331,364	6,226	2063,100	0,330	125,926	40	13,255	0,120	1,591	\$	171,215,200
TABLA 1X05X300 AMARILL[IC]	UND	1,593	6,226	9,919	0,330	0,695	40	0,064	0,120	0,008	\$	92,851,320
LAMINOPOR 5CM DE 125X200CM	UND	164,630	92,367	15206,324	3,177	523,030	639	105,189	0,120	12,628	\$	1,494,962,600
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	M3	50281,953	1,024	51471,959	0,125	6272,674	0	0,000	0,000	502,323	\$	6,963,775,680
ANTICORROSIVO PHCL 25M2/GLN	GLN	0,600	96,475	57,885	2,141	1,268	1110	0,666	0,120	0,090	\$	30,500,000
AMARRAS PARA TEJA ASBESTO	UND	8,400	33,025	13,210	2,608	1,043	1082	0,433	0,120	0,052	\$	6,000,000
BAJANTE PVC AGUAS LLUVIAS	ML	0,400	79,044	663,970	2,594	21,791	1056	8,970	0,120	1,065	\$	58,400,000
CABALLETE FUGO ASBESTO CEM L=94 U=87CM P=15-20%	UND	73,640	8,987	661,778	0,594	43,724	1046	77,027	0,120	9,246	\$	280,000,000
CANAL PVC AGUAS LLUVIAS	ML	144,000	79,044	11382,336	2,594	373,860	1056	152,084	0,120	18,254	\$	886,800,000
CODO BAJANTE 45°	UND	1,016	79,044	80,310	2,594	2,536	1056	1,073	0,120	0,129	\$	18,066,672
CODO BAJANTE 90°	UND	1,288	79,044	101,809	2,594	3,341	1056	1,380	0,120	0,163	\$	12,266,657
GANCHO PITEJA ASB. MADERA	UND	12,600	33,025	416,116	2,608	32,865	1082	13,633	0,120	1,637	\$	110,600,000
IGASOL GRIS [SELLANTE] 3.5KG.	CLS	1,600	96,475	154,360	2,141	3,430	1110	1,716	0,120	0,213	\$	21,920,000
PERFIL AG C 60mmX 120mm+1.5 CAL.16 L= 6MTS.	UND	330,840	33,025	10926,028	2,608	862,941	1082	357,699	0,120	42,971	\$	1,728,000,000
ACESCO	UND	0,336	79,044	26,559	2,594	0,872	1056	0,355	0,120	0,043	\$	6,000,000
SOPORTE BAJANTE PVC	UND	0,216	79,044	17,074	2,594	0,960	1056	0,228	0,120	0,027	\$	92,400,000
SOPORTE METALICO CANAL PVC	UND	3,120	33,025	103,038	2,608	8,138	1082	3,376	0,120	0,405	\$	225,600,000
TAPAS DE CANAL PVC	UND	1,152	79,044	91,059	2,594	2,988	1056	1,217	0,120	0,146	\$	75,200,000
TEJA ASB.CEMENTO P 7 # 4 L= 122 /108 A= 92/87CM	UND	178,360	8,987	1602,862	0,594	105,901	1046	188,365	0,120	22,395	\$	252,000,000
TEJA ASB.CEMENTO P 7 # 8 L= 244 /230 A= 92/87CM	UND	1070,160	8,987	9617,171	0,594	635,068	1046	1119,387	0,120	134,371	\$	1,352,400,000
TORN INOXIDABLE	UND	4,000	33,025	132,100	2,608	10,433	1082	4,328	0,120	0,520	\$	25,000,000
UNION DE CANAL PVC	UND	0,960	79,044	77,463	2,594	2,542	1056	1,035	0,120	0,124	\$	85,732,000
UNION DE CANAL PVC A BAJANTE	UND	1,960	79,044	154,926	2,594	5,093	1056	2,070	0,120	0,248	\$	100,000,000
PUERTA EN MADERA 0.90MX2.10M SEGUN DISEÑO	UND	260,000	6,226	1618,685	0,330	98,800	40	10,400	0,120	1,248	\$	920,000,000
PUERTA EN MADERA PARA BAÑO 0.70MX2.10M	UND	110,000	6,226	684,829	0,330	41,800	40	4,400	0,120	0,528	\$	440,000,000
PUERTA METALICA 0.90MX2.10M SEGUN DISEÑO	UND	348,000	28,700	9987,600	4,196	1456,798	1886	656,338	0,120	78,796	\$	1,880,000,000
VENTANA METALICA 0.75MX0.30M V3	UND	40,000	28,700	1148,000	4,196	167,448	1886	75,448	0,120	9,056	\$	400,000,000
VENTANA METALICA 1.20MX1.20M V1	UND	120,000	28,700	344,000	4,196	502,544	1886	226,320	0,120	27,167	\$	1,280,000,000
VENTANA METALICA 2.00MX1.20M V2	UND	110,000	28,700	3157,000	4,196	460,482	1886	207,460	0,120	24,903	\$	1,060,000,000



WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315

ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS
MUROS OUTINORDS

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO

15 de abril de 2021
210415755 PGTUMACO OUTINORD

ANÁLISIS FACTORES DE MATERIALES		ITEM: MÓDULO										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS TOTALES X 2UWS	F.E. ENERGÍA EMBEBIDA MJ/Kg	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	F.E. HUELLA DE CARBONO Kg-CO2e/Kg	HUELLA DE CARBONO Kg-CO2eq	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA T*km	F.E. TRANSPORTE Kg-CO2eq/T*km	EMISIÓN TRANSPORTE Kg-CO2eq	VALOR TOTAL X 2UWS \$	Unidad: KG
ALAMBRE NEGRO # 18	KLS	0,200	33,025	6,605	2,608	0,522	1082	0,216	0,120	0,026	\$ 654,00	654,00
HERRO .3/8" 37.000 [CH]	KLS	18,880	33,025	623,514	2,608	1082	20,428	2,452	0,120	2,452	\$ 84,223,68	84,223,68
TABLA 1x10x3M	UND	331,354	6,226	205,916	0,300	125,915	40	3,254	0,120	1,591	\$ 171,200,00	171,200,00
MEZCLA CONCRETO 1:2,5:4x 2500 PSI-17,5MPa	M3	2018,400	0,750	1513,800	0,076	153,388	0	0,000	0,120	18,654	\$ 173,816,00	173,816,00
CODO SAN PVC 4 6000 CXC	UND	0,800	79,044	63,235	2,594	1056	0,845	0,120	0,120	0,101	\$ 27,340,00	27,340,00
CODO SAN PVC 2 6000 CXC	UND	0,954	79,044	78,570	2,594	2,579	1056	1,650	0,120	0,126	\$ 48,300,00	48,300,00
CODO SAN PVC 2 4500 CXC	UND	0,284	79,044	27,448	2,594	0,737	1056	0,300	0,120	0,036	\$ 18,400,00	18,400,00
SIFON SANI PVC 2" REGISTRO	UND	0,286	79,044	27,807	2,594	0,742	1056	0,302	0,120	0,036	\$ 18,600,00	18,600,00
REJILLA PLANA 2X3"	UND	0,900	79,044	71,140	2,594	2,335	1056	0,850	0,120	0,114	\$ 5,200,00	5,200,00
TUBO SANIT PVC 2"	ML	15,000	79,044	118,560	2,594	38,913	1056	15,840	0,120	1,901	\$ 150,000,00	150,000,00
TUBO SANIT PVC 4"	ML	4,635	79,044	365,389	2,594	12,024	1056	4,885	0,120	0,588	\$ 80,980,00	80,980,00
TUBO SANIT PVC 6"	ML	37,080	79,044	2930,952	2,594	96,192	1056	39,196	0,120	4,700	\$ 1,023,408,00	1,023,408,00
UNION SAN PVC 2	UND	0,144	79,044	11,342	2,594	0,374	1056	0,152	0,120	0,018	\$ 11,200,00	11,200,00
UNION SAN PVC 6	UND	0,700	79,044	55,311	2,594	1,816	1056	0,739	0,120	0,089	\$ 70,000,00	70,000,00
ADAP.M PRS PVC 1/2	UND	0,240	79,044	18,971	2,594	0,623	1056	0,253	0,120	0,030	\$ 9,200,00	9,200,00
CODO GALV .1/2x90	UND	0,060	33,025	1,982	2,608	0,157	1082	0,065	0,120	0,008	\$ 9,800,00	9,800,00
CODO PRS PVC .1/2x90p	UND	0,364	79,044	28,772	2,594	0,944	1056	0,384	0,120	0,046	\$ 9,800,00	9,800,00
NIFLE GALV .1/2x 5 CM	UND	0,120	33,025	3,963	2,608	0,313	1082	0,130	0,120	0,016	\$ 7,800,00	7,800,00
UNION PRS PVC .1/2	UND	0,196	79,044	15,463	2,594	0,508	1056	0,207	0,120	0,025	\$ 6,300,00	6,300,00
TEE PRS PVC .1/2	UND	0,270	79,044	21,342	2,594	0,700	1056	0,285	0,120	0,034	\$ 8,800,00	8,800,00
UNION CON ROSCA PVC 1/2"	UND	0,160	79,044	12,647	2,594	0,415	1056	0,169	0,120	0,020	\$ 3,600,00	3,600,00
TAPON PRS PVC 1/2 R	UND	0,080	79,044	6,324	2,594	0,208	1056	0,084	0,120	0,010	\$ 3,200,00	3,200,00
TUBO PVC 1/2" X 3 MTS	UND	6,745	79,044	533,130	2,594	17,497	1056	7,122	0,120	0,855	\$ 247,020,00	247,020,00
VALVULA UNIVERSAL 1/2"	UND	0,072	79,044	5,681	2,594	0,187	1056	0,076	0,120	0,009	\$ 69,000,00	69,000,00
GRIFO LAVADERO BLANCO 1/2"	UND	1,440	33,025	47,556	2,608	3,756	1056	1,521	0,120	0,193	\$ 24,000,00	24,000,00
DUCHA SENGILLA ARTESA GRINAL	UND	1,020	33,025	33,688	2,608	2,861	1082	1,104	0,120	0,132	\$ 110,000,00	110,000,00
LAVAPLATO EN AGERO 100X50 SOCODA	UND	6,000	33,025	198,151	2,608	15,650	1082	6,492	0,120	0,779	\$ 165,000,00	165,000,00
GRIFO LAVAPLATOS MEZCLADOR	UND	2,000	33,025	66,050	2,608	5,217	1082	2,164	0,120	0,290	\$ 176,400,00	176,400,00
GRIF LAVAMMEZC-A" ARTESA GRIVAL	UND	1,440	33,025	47,556	2,608	3,756	1082	1,558	0,120	0,187	\$ 140,000,00	140,000,00
NIFLE GALV .1/2x 5 CM	UND	0,240	33,025	7,926	2,608	0,626	1082	0,260	0,120	0,031	\$ 15,600,00	15,600,00
TEE GALV .1/2"	UND	0,054	33,025	1,783	2,608	0,141	1082	0,058	0,120	0,007	\$ 7,800,00	7,800,00
MANGUERA FLEXIBLE GRIFLEX GRIVAL REF .38014001	UND	0,603	79,044	47,687	2,594	1,565	1056	0,637	0,120	0,076	\$ 97,500,00	97,500,00
LAVAMANOS LAGUNACUACER [COLGAR]	UND	19,400	25,480	494,312	1,533	29,734	1041	20,195	0,120	2,424	\$ 130,000,00	130,000,00
SANITARIO LAGUNACUACER CORONA GRIFERIA- WUELEPORC	JGO	88,000	25,460	2242,240	1,533	134,075	1041	91,688	0,120	10,997	\$ 520,000,00	520,000,00
TUBO PVC 1/2" X 3 MTS	UND	18,000	79,044	1422,792	2,594	46,985	1056	19,008	0,120	2,282	\$ 204,000,00	204,000,00
TUBO PVC 3/4" X 3 MTS	UND	3,480	79,044	275,073	2,594	9,028	1056	3,675	0,120	0,441	\$ 37,200,00	37,200,00
CURVA PVC 1/2" PLASTIMEC	UND	1,200	79,044	94,863	2,594	3,113	1056	1,267	0,120	0,152	\$ 18,000,00	18,000,00
CURVA PVC 3/4" PLASTIMEC	UND	0,480	79,044	37,941	2,594	1,245	1056	0,507	0,120	0,061	\$ 3,600,00	3,600,00
TERMINAL PVC 1/2"	UND	0,800	79,044	63,235	2,594	2,075	1056	0,845	0,120	0,101	\$ 12,000,00	12,000,00
TERMINAL PVC 3/4"	UND	0,060	79,044	4,743	2,594	0,156	1056	0,063	0,120	0,008	\$ 1,200,00	1,200,00
CABLE COBRE ASLADO THHN N°8 BLANCO	ML	2,000	86,783	173,587	4,787	9,539	633	1,266	0,120	0,152	\$ 82,000,00	82,000,00
CABLE COBRE ASLADO THHN N°8 NEGRO	ML	1,800	86,783	158,210	4,787	8,381	633	1,139	0,120	0,137	\$ 85,000,00	85,000,00
CABLE COBRE ASLADO THHN N°12 BLANCO	ROLLO	7,040	86,783	610,955	4,787	33,562	633	4,456	0,120	0,535	\$ 297,800,00	297,800,00
CABLE COBRE ASLADO THHN N°12 NEGRO	ROLLO	7,040	86,783	610,955	4,787	33,562	633	4,456	0,120	0,535	\$ 297,800,00	297,800,00
CABLE COBRE ASLADO THHN N°14	ROLLO	2,340	86,783	203,073	4,787	11,156	633	1,481	0,120	0,178	\$ 104,900,00	104,900,00
CAJA OCTOGONAL PVC	UND	1,000	79,044	55,331	2,594	1,816	1056	0,739	0,120	0,089	\$ 23,800,00	23,800,00
CAJA 2x4 PVC	UND	1,100	79,044	86,948	2,594	2,854	1056	1,162	0,120	0,139	\$ 21,100,00	21,100,00
SWITCHE TRIPLE AMBIA LEGRAND	UND	0,180	79,044	14,228	2,594	0,467	1056	0,190	0,120	0,023	\$ 18,700,00	18,700,00
SWITCHE SENCILLO AMBIA LEGRAND	UND	0,400	79,044	31,618	2,594	1,088	1056	0,422	0,120	0,051	\$ 16,000,00	16,000,00
TOMA 2X20 CODECLA	UND	0,720	79,044	58,912	2,594	1,888	1056	0,760	0,120	0,091	\$ 48,800,00	48,800,00



WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315

ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS
MUROS OUTINORDS

15 de abril de 2021
 210415755 PGTUMACO OUTINORD

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO

ANÁLISIS FACTORES DE MATERIALES												
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS TOTALES X 2UVIS	F.E. ENERGÍA EMBEBIDA MJ/Kg	ENERGÍA EMBEBIDA MU	F.E. HUELLA DE CARBONO Kg*CO2/Kg	HUELLA DE CARBONO Kg*CO2eq	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA T*KM	F.E. TRANSPORTE Kg*CO2eq/T*Km	EMISIÓN TRANSPORTE Kg*CO2eq	VALOR TOTAL X 2UVIS \$	Unidad: KG ITEM: MÓDULO
PLAFON-BLANCO 200W CILES	UND	3,920	25,480	98,882	1,533	6,008	1034	4,053	0,120	0,487	\$	29,400,00
TABLERO TF-4 CTOS VTQ SQUARD	UND	2,480	28,700	71,176	4,186	10,382	1886	4,677	0,120	0,561	\$	51,500,00
BREAKER 1x 16 AMP	UND	0,260	79,044	20,551	2,594	0,674	1056	0,275	0,120	0,033	\$	34,200,00
BREAKER 1x 20 AMP	UND	0,260	79,044	20,551	2,594	0,674	1056	0,275	0,120	0,033	\$	37,700,00
BREAKER 1x 30 AMP	UND	0,260	79,044	20,551	2,594	0,674	1056	0,275	0,120	0,033	\$	37,700,00
		145906,311		254353,649		22163,976				1529,768		38.272.151,88
		2UVIS		EE		HC						2UVIS
COSTO DIRECTO											38.272.152,00	

WILLIAN SOLÍS PERÉZ COD: 8924315		ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS MUROS OUTINORDS	
EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO		15 de abril de 2021	
		210415755 PGTUMACO OUTINORD	

RESUMEN DE ANÁLISIS DE MATERIALES (DATOS FINALES)

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS TOTALES X 2UVIS	F.E. ENERGIA EMBEBIDA MJ/Kg	ENERGIA EMBEBIDA MJ	F.E. HUELLA DE CARBONO Kg*CO2/Kg	HUELLA DE CARBONO Kg*CO2eq	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA T*km	F.E. TRANSPORTE Kg*CO2eq/T*km	EMISIÓN TRANSPORTE Kg*CO2eq	Unidad: Kg	
											ITEM: BASICO	VALOR TOTAL X 2UVIS
ÁRIDOS	Kg	48037.600	0,120	5764,512	0,008	391,987	4,300	2,065,62	0,120	24,796	\$	1,487,616,00
ICOPOR	Kg	164.630	92,367	15206,324	3,177	523,030	639,000	1,051,69	0,120	12,628	\$	1,484,962,60
ASBESTO CEMENTO	Kg	1322,160	8,987	11881,811	0,594	765,033	1046,000	13,829,79	0,120	166,013	\$	1,884,400,00
PINTURAS Y SELLANTES	Kg	2,200	96,475	212,245	2,144	4,717	1110,000	24,42	0,120	0,293	\$	52,420,00
COBRE	Kg	20,220	86,783	1754,759	4,767	96,395	633,000	127,99	0,120	1,536	\$	965,700,00
ACERO	Kg	2009,678	33,025	66336,825	2,608	5239,303	1082,000	21,733,90	0,120	260,894	\$	9,792,373,06
HIERRO GALVANIZADO	Kg	620,480	28,700	17807,776	4,186	2597,453	1082,000	6,713,59	0,120	140,474	\$	4,691,500,00
MADERA	Kg	4363,046	6,23	27163,076	0,380	1657,957	40,000	1,745,22	0,120	20,950	\$	2,337,737,29
MEZCLA CONCRETO 1:2.5:4+ 2500 PSI-17.5MPa	Kg	21976,339	0,750	16482,254	0,076	1670,202			0,120	186,396	\$	1,863,477,44
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	Kg	67022,836	1,024	68609,044	0,125	8361,089			0,120	669,511	\$	9,290,294,16
PORCELANA	Kg	111,320	25,480	2836,434	1,533	170,616	1041,000	1,158,84	0,120	13,911	\$	679,400,00
PVC	Kg	256,801	79,044	20296,589	2,594	666,185	1056,000	2,711,82	0,120	32,553	\$	3,752,271,33
		145906.311		254353.649		22163.976				1529.953	\$	38.272.151.88
		2UVIS		EE		HC				COSTO DIRECTO	\$	38.272.152.00

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS TOTALES X 2UVIS	ENERGIA EMBEBIDA MJ	HUELLA DE CARBONO Kg*CO2eq	EMISIÓN TRANSPORTE Kg*CO2eq	Unidad: Kg	
						ITEM: BASICO	VALOR TOTAL X 2UVIS
CIMENTACIÓN EN VIGA 20CMX40CM DE CONCRETO DE 3100 PSI REFORZADO POR MÓDULO / 80.5AHL	Kg	18386,047	4,778,473	3909,864	242,038	\$	4,968,100,00
LOSA DE CONTRAPISO POR MÓDULO E=10CNS / 96M2	Kg	68329,603	26427,457	2336,232	211,012	\$	3,992,569,00
SISTEMA OUTINORD MUROS DE CARGA EN CONCRETO E=8CNS POR MÓDULO / 164.63M2	Kg	53743,311	112838,610	10180,046	660,431	\$	12,754,298,00
CUBIERTA EN ASBESTO CEMENTO POR VIVIENDA A=61M2	Kg	1634,668	36280,053	2118,545	232,089	\$	5,361,885,00
CARRINTERÍA POR VIVIENDA	Kg	988,000	20040,114	2727,672	141,689	\$	6,000,000,00
INSTALACIONES SANITARIAS POR VIVIENDA	Kg	2429,657	9014,529	486,865	30,434	\$	1,681,300,00
INSTALACIONES HIDRAULICA POR VIVIENDA	Kg	128,504	3835,270	219,531	16,136	\$	1,769,400,00
INSTALACIONES ELÉCTRICAS POR VIVIENDA	Kg	54,520	4131,144	185,163	6,124	\$	1,553,600,00
		145906.311	254353.649	22163.976	1529.953	\$	38.272.152.00
		2UVIS	EE	HC	COSTO DIRECTO	\$	38.272.152.00

Anexo 7.1.16. Cálculo Probabilístico de huellas (SISTEMA OUTINORDI)

WILIAN SOLÍS PÉREZ COD: 8924315 EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO		ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS MUROS OUTINORDI 15 de abril de 2021 21063593.PROMOCIONADO.CONTINUA
--	--	--


CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO DE ZUROS

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	PESOS TOTALES X ZUROS	F.E. HUELLA DE CARBONO Kg*CO2/Kg	HUELLA DE CARBONO Kg*CO2eq	DEVIACIÓN ESTÁNDAR σ	VARIANZA [σ] ²	Derivada X1	Derivada X2	Derivada X3	Derivada X4	Derivada X5	Derivada X6	Derivada X7	Derivada X8	Derivada X9	Derivada X10	Derivada X11	Derivada X12	
MATERIALES																			
Kg	ARIDOS	48037,600	0,008	391,887	0,005588924	3,23896E-05	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
Kg	ICOPOL	154,630	92,367	14309,972	0,7297218	5,325E-07	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367
Kg	ASBESTO CEMENTO	1332,160	0,584	785,033	0,4621062	2,132E-07	0,584	0,584	0,584	0,584	0,584	0,584	0,584	0,584	0,584	0,584	0,584	0,584	0,584
Kg	PINTURA	2,200	2,144	4,717	1,3855288	1,93082708	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144	2,144
Kg	ACERO	20,200	4,767	96,395	0,48019041	4E-08	4,767	4,767	4,767	4,767	4,767	4,767	4,767	4,767	4,767	4,767	4,767	4,767	4,767
Kg	ACERO	2008,678	2,608	5239,333	0,48019041	0,350089899	2,608	2,608	2,608	2,608	2,608	2,608	2,608	2,608	2,608	2,608	2,608	2,608	2,608
Kg	ACERO	4363,866	0,386	1682,857	1,114213102	1,240202003	0,386	0,386	0,386	0,386	0,386	0,386	0,386	0,386	0,386	0,386	0,386	0,386	0,386
Kg	MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	21976,339	0,776	1670,202	0,035460993	0,001257482	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776	0,776
Kg	MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	67022,836	0,125	8361,099	0,022688974	0,000436138	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
Kg	MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	111,320	1,533	170,616	0,825193101	0,681868184	1,533	1,533	1,533	1,533	1,533	1,533	1,533	1,533	1,533	1,533	1,533	1,533	1,533
Kg	MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	256,801	2,594	666,185	0,338674033	0,390697114	2,594	2,594	2,594	2,594	2,594	2,594	2,594	2,594	2,594	2,594	2,594	2,594	2,594
Kg	PVC	145986,911	0,181	26313,976	0,338674033	0,390697114	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181
CO2 g/kWh																			
Derivada																			
Derivada Var[σ]																			
Varianza g/kWh																			
DEVIACIÓN ESTÁNDAR σ																			
COV (%)																			
Contribución (%)																			

CÁLCULO DE ENERGÍA EMBEBIDA DE ZUROS

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	PESOS TOTALES X ZUROS	F.E. ENERGÍA EMBEBIDA MJ/Kg	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	DEVIACIÓN ESTÁNDAR σ	VARIANZA [σ] ²	Derivada X1	Derivada X2	Derivada X3	Derivada X4	Derivada X5	Derivada X6	Derivada X7	Derivada X8	Derivada X9	Derivada X10	Derivada X11	Derivada X12	
MATERIALES																			
Kg	ARIDOS	48037,600	0,120	5764,512	0,004002217	0,016017718	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
Kg	ICOPOL	154,630	92,367	14309,972	17,02580637	2,918E-07	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367	92,367
Kg	ASBESTO CEMENTO	1332,160	0,120	159,859	0,004002217	1,601E-07	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
Kg	PINTURA	2,200	96,475	212,245	35,3897659	3,261E-07	96,475	96,475	96,475	96,475	96,475	96,475	96,475	96,475	96,475	96,475	96,475	96,475	96,475
Kg	ACERO	20,200	86,783	1754,759	26,01570001	774,3617814	86,783	86,783	86,783	86,783	86,783	86,783	86,783	86,783	86,783	86,783	86,783	86,783	86,783
Kg	ACERO	2008,678	33,025	66336,825	6,902316002	47,64533081	33,025	33,025	33,025	33,025	33,025	33,025	33,025	33,025	33,025	33,025	33,025	33,025	33,025
Kg	ACERO	620,480	28,700	17807,776	10,81500284	116,9727547	28,700	28,700	28,700	28,700	28,700	28,700	28,700	28,700	28,700	28,700	28,700	28,700	28,700
Kg	MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	21976,339	0,750	16482,254	0,312123215	0,0974681565	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750	0,750
Kg	MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	67022,836	1,024	68609,344	0,366804489	0,134545333	1,024	1,024	1,024	1,024	1,024	1,024	1,024	1,024	1,024	1,024	1,024	1,024	1,024
Kg	MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	111,320	25,480	2836,134	6,241148752	38,95176299	25,480	25,480	25,480	25,480	25,480	25,480	25,480	25,480	25,480	25,480	25,480	25,480	25,480
Kg	MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	256,801	79,044	20398,389	16,55702064	273,9693971	79,044	79,044	79,044	79,044	79,044	79,044	79,044	79,044	79,044	79,044	79,044	79,044	79,044
Kg	PVC	145986,911	0,181	26313,976	0,338674033	0,390697114	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181
TRANSPORTE																			
HUELLA ECOLÓGICA PRODUCIDA POR LOS MATERIALES DEL PROYECTO (NO INCLUYE TRANSPORTE)																			
$HFE_{total} = \sum_{i=1}^n (C_{m_i} F_{e_i}) \left(\frac{1 - A_{m_i}}{A_{m_i}} \right)^{F_{e_i}}$																			
Huella de carbono de los materiales: 56,078 t*CO2eq A es la indicadora de emisiones debidas a la absorción de los océanos: 28% F es el factor de absorción de los bosques: 1,26 Ft es el factor de equivalencia de absorción de carbono: 1,26 hgh/ha																			
Huella Ecológica de materiales del proyecto: 301,631680 hgh Fuente: e-LEED																			

Anexo 7.1.17. Cálculo de HE para mano de obra del proyecto (SISTEMA OUTINORD)

	WILLIAN SOLÍS PERÉZ COD: 8924315	CÁLCULO DE HUELLA ECOLÓGICA
	EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO	FECHA: 13 de junio de 2021 210606 PROTUMACOV001OUTNORD

--	--	--	--	--	--	--

MANO DE OBRA: CÁLCULO DE HE DE CONSUMO DE ALIMENTOS

DESCRIPCION	UND	CANT.	N° DE PERSONAS	HORAS TRABAJADAS	VR. UNIT.	VR.TOTAL
DIRECTOR DE OBRA	HC	120,000	1,000	120,000	109.500,00	13.140.000,00
RESIDENTE	HC	240,000	1,000	240,000	85.166,67	20.440.000,00
MAESTRO DE OBRA	HC	240,000	1,000	240,000	48.666,67	11.680.000,00
SUPERVISOR	HC	240,000	1,000	240,000	39.250,00	9.420.000,00
ALMACENISTA	HC	240,000	1,000	240,000	20.933,33	5.024.000,00
SECRETARIA	HC	240,000	1,000	240,000	18.316,67	4.396.000,00
MOTORISTA	HC	240,000	1,000	240,000	18.316,67	4.396.000,00
CONTADOR	HC	120,000	1,000	120,000	48.666,67	5.840.000,00
PROFESIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD	HC	240,000	1,000	240,000	48.666,67	11.680.000,00
TRABAJADORA SOCIAL	HC	120,000	1,000	120,000	48.666,67	5.840.000,00
AUXILIAR CONTABLE	HC	240,000	1,000	240,000	28.783,33	6.908.000,00
M.O. ALBANILERIA 1 AYUDANTE	HC	460,440	1,000	460,440	8.531,00	3.928.013,64
M.O. ALBANILERIA 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	14.805,360	2,000	29.610,720	22.775,00	337.192.074,00
M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTE	HC	18,000	2,000	36,000	17.062,00	307.116,00
M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTE-1 OFI	HC	2.700,536	3,000	8.101,607	31.306,00	84.542.970,00
M.O. ALBANILERIA 3 AYUDANTE	HC	1.158,903	3,000	3.476,709	25.593,00	29.659.806,32
M.O. CARP.MADERA 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	324,000	2,000	648,000	25.624,00	8.302.176,00
M.O. CARP.TALLER 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	954,000	2,000	1.908,000	24.198,00	23.084.892,00
M.O. ELECTRICAS 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	864,000	2,000	1.728,000	31.885,00	27.548.640,00
M.O. HIDROSANIT. 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	1.512,144	2,000	3.024,288	24.201,00	36.595.396,94
M.O. PINTURA 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	36,000	2,000	72,000	24.201,00	871.236,00
MANO OBRA OFICIAL ALBANILERIA	HH	512,322	1,000	512,322	9.428,00	4.830.169,55
				H TRAB	51.858,086	655.626.490,46

VALOR TOTAL INSUMOS

Teniendo en cuenta el trabajo de González Moya (2019) se toma el escenario optimista de producción (a) en el que se analiza una dieta 100% omnívora para un universo de 32'912.293 habitantes:

Huella Ecológica HE (hag)= **0,000119135 hag/persona y año**
 Dividiendo por el número de horas al año: 8760 horas
 Se obtiene: 1,35999E-08 hag/h
 Multiplicando por H TRAB = 51.858,086 horas
Huella Ecológica X Alimento= **0,000705263 hag**

1



WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315

CÁLCULO DE HUELLA ECOLÓGICA

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO

FECHA: 13 de junio de 2021

210606 PROTUMACOV001OUTNORD

MANO DE OBRA: CÁLCULO DE HE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

DESCRIPCION	UND	CANT.	N° DE PERSONAS	HORAS TRABAJADAS	VR. UNIT.	VR.TOTAL
DIRECTOR DE OBRA	HC	120,000	1,000	120,000	109.500,00	13.140.000,00
RESIDENTE	HC	240,000	1,000	240,000	85.166,67	20.440.000,00
MAESTRO DE OBRA	HC	240,000	1,000	240,000	48.666,67	11.680.000,00
SUPERVISOR	HC	240,000	1,000	240,000	39.250,00	9.420.000,00
ALMACENISTA	HC	240,000	1,000	240,000	20.933,33	5.024.000,00
SECRETARIA	HC	240,000	1,000	240,000	18.316,67	4.396.000,00
MOTORISTA	HC	240,000	1,000	240,000	18.316,67	4.396.000,00
CONTADOR	HC	120,000	1,000	120,000	48.666,67	5.840.000,00
PROFESIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD	HC	240,000	1,000	240,000	48.666,67	11.680.000,00
TRABAJADORA SOCIAL	HC	120,000	1,000	120,000	48.666,67	5.840.000,00
AUXILIAR CONTABLE	HC	240,000	1,000	240,000	28.783,33	6.908.000,00
M.O. ALBANILERIA 1 AYUDANTE	HC	460,440	1,000	460,440	8.531,00	3.928.013,64
M.O. ALBANILERIA 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	14.805,360	2,000	29.610,720	22.775,00	337.192.074,00
M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTE	HC	18,000	2,000	36,000	17.062,00	307.116,00
M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTE-1 OFI	HC	2.700,536	3,000	8.101,607	31.306,00	84.542.970,00
M.O. ALBANILERIA 3 AYUDANTE	HC	1.158,903	3,000	3.476,709	25.593,00	29.659.806,32
M.O. CARP. MADERA 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	324,000	2,000	648,000	25.624,00	8.302.176,00
M.O. CARP. TALLER 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	954,000	2,000	1.908,000	24.198,00	23.084.892,00
M.O. ELECTRICAS 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	864,000	2,000	1.728,000	31.885,00	27.548.640,00
M.O. HIDROSANIT. 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	1.512,144	2,000	3.024,288	24.201,00	36.595.396,94
M.O. PINTURA 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	36,000	2,000	72,000	24.201,00	871.236,00
MANO OBRA OFICIAL ALBANILERIA	HH	512,322	1,000	512,322	9.428,00	4.830.169,55
				H TRAB	51.858,086	655.626.490,46

Teniendo en cuenta las cifras de DANE (Departamento Nacional de Estadísticas) para la producción de residuos sólidos en el país:

Residuos Sólidos generados 2018 21.381.380,00 ton
Número de habitantes en 2018 49.834.000,00 hab
 Dividiendo por el número de personas: 0,429 ton/hab
 Dividiendo por el número de horas al año: 8760 horas
 Se obtiene: **4,89785E-05 ton/h*persona**

Huella Ecológica de Residuos Sólidos Urbanos= $HE_{RSU} = (H_{TRAB} \times R_{RSU} \times E_{RSU} \times 0,72) / A_F \times FE_B$


Donde:

HE_{RSU} es la huella ecológica de los residuos sólidos urbanos
H_{TRAB} es la cantidad total de horas de trabajo 51.858,086 horas
R_{RSU} es la cantidad de RSU producidos por hora de trabajo 4,89785E-05 ton/h*persona
E_{RSU} es el factor de emisión por residuo (tCO₂/t RSU) 0,244 tCO₂/t RSU
0,72 es la Reducción de emisiones a absorber, debido a la absorción por los océanos (28%) (Borucke et al., 2013). 0,72
A_F es productividad de área de absorción de carbono, o factor de absorción (tCO₂/ha) 3,59 tCO₂/ha
FE_B es el factor de equivalencia de los bosques (hag/ha). 1,29 hag/ha

Huella Ecológica de Residuos Sólidos Urbanos= **2** 0,160339286 hag

Huella Ecológica producida por Mano de Obra= **1 + 2** = **3** 0,1610445 hag

Anexo 7.1.19. Cálculo de HE de RCD del proyecto (SISTEMA OUTINORD)

 WILLIAN SOLÍS PERÉZ COD: 8924315	CÁLCULO DE HUELLA ECOLÓGICA	
	FECHA: 13 de junio de 2021 210606 PROTUMACOV001OUTNORD	
EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO		

--	--	--	--	--	--	--

GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

MANO DE OBRA: CÁLCULO DE HE DE CONSUMO DE ALIMENTOS

DESCRIPCION	UND	CANT.	N° DE PERSONAS	HORAS TRABAJADAS	VR. UNIT.	VR.TOTAL
M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTES	HC	768,000	2,000	1.536,000	17.062,00	13.103.616,00
MANO OBRA OFICIAL ALBANILERIA	HH	230,400	1,000	230,400	9.428,00	2.172.211,20
H TRAB				1.766,400		15.275.827,20

VALOR TOTAL INSUMOS					
----------------------------	--	--	--	--	--

Teniendo en cuenta el trabajo de González Moya (2019) se toma el escenario optimista de producción (a) en el que se analiza una dieta 100% omnívora para un universo de 32'912.293 habitantes:

Huella Ecológica HE (hag)=	0,000119135 hag/persona y año
Dividiendo por el número de horas al año:	8760 horas
Se obtiene:	1,35999E-08 hag/h
Multiplicando por H TRAB =	1.766,400 horas
Huella Ecológica X Alimento=	2,40228E-05 hag

1

MANO DE OBRA: CÁLCULO DE HE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA GRCD

DESCRIPCION	UND	CANT.	N° DE PERSONAS	HORAS TRABAJADAS	VR. UNIT.	VR.TOTAL
M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTE	HC	768,000	2,000	1.536,000	17.062,00	13.103.616,00
MANO OBRA OFICIAL ALBANILERIA	HH	230,400	1,000	230,400	9.428,00	2.172.211,20
H TRAB				1.766,400		15.275.827,20

Teniendo en cuenta las cifras de DANE (Departamento Nacional de Estadísticas) para la producción de residuos sólidos en el país:

Residuos Sólidos generados 2018	21.381.380,00 ton
Número de habitantes en 2018	49.834.000,00 hab
Dividiendo por el número de personas:	0,429 ton/hab
Dividiendo por el número de horas al año:	8760 horas
Se obtiene:	4,89785E-05 ton/h*persona

$$\text{Huella Ecológica de Residuos Sólidos Urbanos} = \text{HE}_{\text{RSU}} = (\text{H}_{\text{TRAB}} \times \text{R}_{\text{RSU}} \times \text{E}_{\text{RSU}} \times 0,72) / \text{A}_F \times \text{F}_{\text{EB}}$$

Donde:

HE_{RSU} es la huella ecológica de los residuos sólidos urbanos	
H_{TRAB} es la cantidad total de horas de trabajo	1.766,400 horas
R_{RSU} es la cantidad de RSU producidos por hora de trabajo	4,89785E-05 ton/h*persona
E_{RSU} es el factor de emisión por residuo (tCO2/t RSU)	0,244 tCO2/t _{RSU}
0,72 es la Reducción de emisiones a absorber, debido a la absorción por los océanos (28%) (Borucke et al., 2013).	0,72
A_F es productividad de área de absorción de carbono, o factor de absorción (tCO2/ha)	3,59 tCO2/ha
F_{EB} es el factor de equivalencia de los bosques (hag/ha).	1,29 hag/ha

Huella Ecológica de Residuos Sólidos Urbanos=	2		0,005461507 hag
--	----------	--	------------------------

Huella Ecológica X Mano de Obra de GRCD	1 + 2	=	3	0,00548553 hag
--	--------------	----------	----------	-----------------------



WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315

CÁLCULO DE HUELLA ECOLÓGICA

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO

FECHA: 13 de junio de 2021

210606 PROTUMACOV001OUTNORD

--	--	--	--	--	--	--

CÁLCULO DE HE PRODUCIDA POR TRANSPORTE DE RCD

CONSIDERACIONES:

1. Las longitudes a los botaderos no son mayores a 10km por ende se asumen recorridos de ida y regreso de volquetas no mayores a 20km por viaje, considerando el límite superior Lx=20km
2. Para el cálculo gravimétrico de RCD se tienen en cuenta los datos, encontrados en la literatura, que más se acercan a las tipologías de los proyectos del estudios de caso.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS RCD X ZUVIS Kg	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA T*KM	F.E. TRANSPORTE Kg*CO2eq/T*Km	EMISIÓN TRANSPORTE RCD Kg*CO2eq
ÁRIDOS	Kg	480,376	20,00	9,608	0,120	1,153
ICOPOR	Kg	8,232	20,00	0,165	0,120	0,020
ASBESTO CEMENTO	Kg	66,108	20,00	1,322	0,120	0,159
PINTURA	Kg	0,011	20,00	0,000	0,120	0,000
COBRE	Kg	0,674	20,00	0,013	0,120	0,002
ACERO	Kg	54,904	20,00	1,098	0,120	0,132
HIERRO GALVANIZADO	Kg	6,205	20,00	0,124	0,120	0,015
MADERA	Kg	218,152	20,00	4,363	0,120	0,524
MEZCLA CONCRETO 1:2.5:4« 2500 PSI-17.5MPa	Kg	989,090	20,00	19,782	0,120	2,374
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	Kg	3016,028	20,00	60,321	0,120	7,238
PORCELANA	Kg	1,670	20,00	0,033	0,120	0,004
PVC	Kg	1,310	20,00	0,026	0,120	0,003

4842,758

HC=

11,623 Kg*CO2eq

SON 36 MÓDULOS

0,418 Ton*CO2eq

0,72 es la Reducción de emisiones a absorber, debido a la absorción por los océanos (28%) (Borucke et al., 2013).

0,72

A_F es productividad de área de absorción de carbono, o factor de absorción (tCO2/ha)

3,59 tCO2/ha

F_{ES} es el factor de equivalencia de absorción de carbono (hag/ha).

1,26 hag/ha

Huella Ecológica X Transporte de RCD

4

0,105734 hag


Huella Ecológica producida por la GRCD =

3 + 4

=

5

0,111220 hag

 <p>WILLIAN SOLÍS PERÉZ COD: 8924315</p>	CÁLCULO DE HUELLA ECOLÓGICA	
	FECHA:	13 de junio de 2021
<p>EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO</p>		<p>210606 PROTUMACOV001OUTNORD</p>

CONSUMOS INDIRECTOS

CONSUMO ELÉCTRICO DEL PROYECTO:

Para el cálculo del consumo eléctrico en obra según la metodología planteada (por González 2017) se requiere tener los siguientes datos base:

1. Consumo eléctrico de la obra:

Para hallar el consumo eléctrico de la obra se ha tenido en cuenta los consumos producidos por las oficinas, bodegas, comedores y vestuarios (denominados **consumos de energía eléctrica del campamento**)

También se tuvo en cuenta el consumo de la iluminación de la obra.

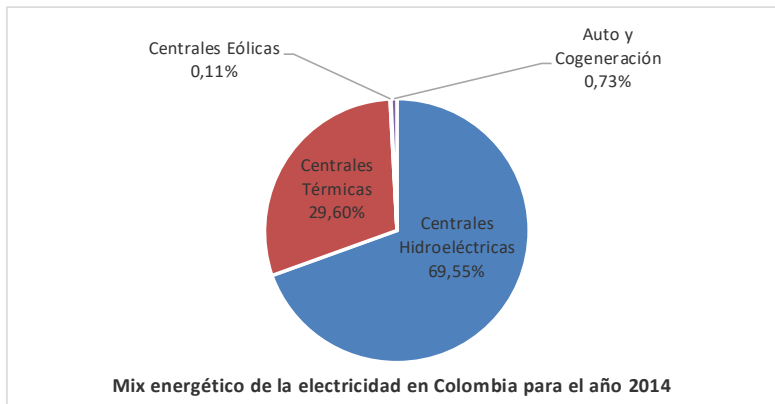
Utilizando el simulador de CEDENAR (Centrales Eléctricas de Nariño S.A. E.S.P) se obtuvo:

Consumos de energía eléctrica de campamento aprox = **1088 kWh**

2. Factor de emisión de kg de CO2 por cada kWh de electricidad consumida:

Una vez que obtiene el consumo en kW, se necesita el factor de emisiones de la electricidad para el año de construcción del proyecto y dependerá del mix energético de la electricidad del año en cada país.

Para Colombia, según la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) en el año 2014 la contribución al SIN (Sistema de Interconexión Nacional) mostró un comportamiento de acuerdo a la gráfica:



MEDIO DE GENERACIÓN	AÑO 2014
Centrales Hidroeléctricas	44.742
Centrales Térmicas	19.044
Centrales Eólicas	70
Auto y Cogeneración	472
TOTAL	64.328

El mayor porcentaje generado se debe a la energía producida por las centrales hidroeléctricas con un aporte de 69,55%, seguida de la generación producida por las centrales térmicas con el 29,60% y las de menor aporte generadas por las centrales eólicas y la auto y cogeneración con 0,11% y 0,73% respectivamente.

Las emisiones correspondiente para el 2014 son de 0,194 tCO₂/MWh = **0,000194 tCO₂/kWh**

Teniendo en cuenta que el dato calculado por el UPME tiene en cuenta las perdidas por transporte de energía desde el origen hasta el punto de consumo final no se le hace reducción por pérdidas.



WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315

CÁLCULO DE HUELLA ECOLÓGICA

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO

FECHA: 13 de junio de 2021

210606 PROTUMACOV001OUTNORD

Huella Ecológica de la electricidad =

$$HE_{elec} = C_{elec} E_{elec} \left(\frac{1 - A_{oc}}{A_b} \right) FE_b$$

donde:

HE_{elec} es la huella ecológica de la electricidad (hag)

C_{elec} es el consumo eléctrico (kWh)

1088 kWh

E_{elec} es el factor de emisión de la electricidad

0,000194 tCO₂/KWh

A_{oc} es la reducción de emisiones debido a la absorción de los océanos

0,72

A_b es el factor de absorción de los bosques (tCO₂/ha)

3,59 tCO₂/ha

FE_b es el factor de equivalencia de los bosques (hag/ha).

1,29 hag/ha

Huella Ecológica producida por la electricidad

0,054608 hag

CONSUMO DE AGUA DEL PROYECTO:

Para ser consecuentes con la metodología para el cálculo de HE de la construcción hasta ahora implementada, se siguen las recomendaciones de (Freire 2017) contabilizar la energía producida para poder consumir el agua en obra (teniendo en cuenta su uso tanto en los componente directos como en los componentes indirectos del presupuesto)

En consecuencia se requiere tener:

1. La cantidad de agua consumida en obra se calcula teniendo en cuenta dos consideraciones:

La cantidad de agua que se consume en los procesos de producción de concretos y morteros calculada a partir de las cantidades obtenidas de los Análisis de Precios Unitarios del presupuesto.

DESCRIPCION	UND	CANT.	VR. UNIT.	VR.TOTAL
AGUA	LTS	192.845,939	19,00	3.664.072,85

192,846 M3

La cantidad de agua que se consume en los baños y áreas de servicio de oficinas, bodegas, comedores y riegos (denominada **consumo de agua de campamento**), teniendo en cuenta para su cálculo la Resolución 549 de 2015 y sus anexos para clima cálido húmedo que determina para oficina un consumo base de 45,8 lts/pers/día.

Consumo de agua de campamento aprox = **192,36 M3**

Cantidad de agua consumida en obra = **385,206 M3**

Huella ecológica del agua = $HE_{agua} = C_{agua} IE_{agua} E_{elec} \left(\frac{1 - A_{oc}}{A_b} \right) FE_b$ donde;

HE_{agua} es la huella ecológica producida por el consumo de agua en el proyecto

C_{agua} es el consumo de agua del proyecto (M3)

385,206 M3

IE_{agua} es la intensidad energética de consumo de agua (0,44 kWh/M3) (Freire 2017)

0,44 kWh/M3

E_{elec} es el factor de emisión de la electricidad (tCO₂/kWh)

0,000194 tCO₂/KWh

A_{oc} es la reducción de emisiones debido a la absorción de los océanos

0,72

A_b es el factor de absorción de los bosques (tCO₂/ha)

3,59 tCO₂/ha


FE_b es el factor de equivalencia de los bosques (hag/ha).

1,29 hag/ha

Huella Ecológica producida por el agua

0,008507 hag

Anexo 7.1.21. Cálculo de HE de SUPERFICIE CONSUMIDA (SISTEMA OUTNORD)

	WILLIAN SOLÍS PERÉZ COD: 8924315	CÁLCULO DE HUELLA ECOLÓGICA
	EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO	FECHA: 13 de junio de 2021 210606 PROTUMACOV001OUTNORD

--	--	--	--	--

CONSUMOS INDIRECTOS

SUPERFICIE CONSUMIDA

Los autores con mayor influencia en este estudio (Rivero 2020, Freire 2017, Solis 2010 & Gonzalez 2017), convergen que debe ser analizada la superficie de terreno que ocupa la edificación debido a que, durante las etapas de construcción, uso y deconstrucción, estará permanentemente ocupada y no podrá ser cultivada.

El cálculo de la superficie consumida se hizo de forma directa a partir de los planos *as built* del proyecto que fueron proporcionados por la firma constructora HMC.

$$S = \sum Ati \times n$$

S es el área total de viviendas del proyecto

Ati es el área de 1 UVIS (Unidad de Vivienda de Interés Social) (M2) 48 M2

n es el número de viviendas del proyecto 72
3.456,00 M2

Área Total en (ha) **0,03456 ha**

Huella ecológica producida por la superficie consumida = $HE_{sup} = S \times FE_x$ donde;

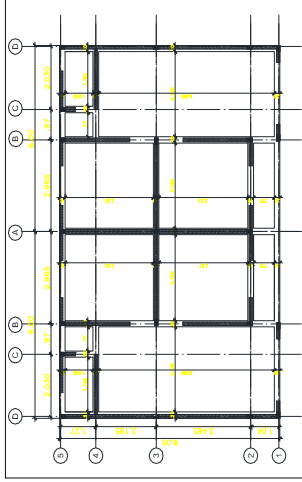
HE_{sup} es la huella ecológica producida por la superficie consumida (Hag) 0,03456 ha

S es el área total de viviendas del proyecto (ha) 1,29 hag/ha

Huella Ecológica producida por la superficie **0,04458240 hag**

Anexo 7.2.2. Cálculo de cantidades de materiales (SISTEMA CONVENCIONAL)

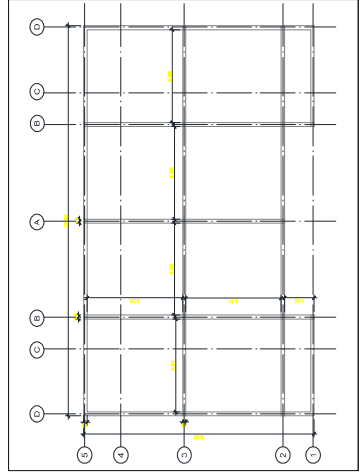
 WILLIAN SOLÍS PEREZ COD: 8924315	CÁLCULO DE CANTIDADES	ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS MAMPOSTERÍA CONFINADA
EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL - ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO		FECHA: 15 de abril de 2021 210415755 PGTUMACO CONFINADOS



1.3. VIGA DE CONCRETO AMARRE NIRO 1r- 12X20 CM

AREA DE LA VIGA DE AMARRE $0.12 * 0.20 = 0.024 \text{ m}^2$

AREA: $12 * 8 = 96 \text{ m}^2$ 48,48



TRAMO	LONG	CTD DE E TOTAL	DESCUENTO	GANCHO	CTD DE E TOTAL	No FLEJES
1D-1B (x2)	6,20 ML	4	0,05	0,20	25,4 ML	32 UND
2D-2D	12,00 ML	4	0,05	0,20	48,6 ML	61 UND
3D-3D	12,00 ML	4	0,05	0,20	48,6 ML	61 UND
4D-4D	0,00 ML	4	0,05	0,20	0,6 ML	1 UND
5D-5D	12,00 ML	4	0,05	0,20	48,6 ML	61 UND
1D-2D	0,90 ML	4	0,05	0,20	4,2 ML	6 UND
2D-3D	3,31 ML	4	0,05	0,20	13,84 ML	18 UND
3D-5D	3,32 ML	4	0,05	0,20	13,88 ML	18 UND
1B-2B	0,90 ML	4	0,05	0,20	4,2 ML	6 UND
2B-3B	3,31 ML	4	0,05	0,20	13,84 ML	18 UND
3B-5B	3,32 ML	4	0,05	0,20	13,88 ML	18 UND
2A-3A	3,31 ML	4	0,05	0,20	13,84 ML	18 UND
3A-5A	3,32 ML	4	0,05	0,20	13,88 ML	18 UND
1B-2B	0,90 ML	4	0,05	0,20	4,2 ML	6 UND
2B-3B	3,31 ML	4	0,05	0,20	13,84 ML	18 UND
3B-5B	3,32 ML	4	0,05	0,20	13,88 ML	18 UND
1D-2D	0,90 ML	4	0,05	0,20	4,2 ML	6 UND
2D-3D	3,31 ML	4	0,05	0,20	13,84 ML	18 UND
3D-5D	3,32 ML	4	0,05	0,20	13,88 ML	18 UND
TOTAL	78,95 ML	42,79	0,05	0,20	327,2 ML	336
TOTAL	1,8948 m3	1,027	0,05	0,20	81,1456 KL	158

DESCUENTO	GANCHO	CTD DE E TOTAL	No FLEJES
0,05	0,20	4	32 UND
0,05	0,20	4	61 UND
0,05	0,20	4	61 UND
0,05	0,20	4	1 UND
0,05	0,20	4	61 UND
0,05	0,20	4	1
0,05	0,20	4	6 UND
0,05	0,20	4	18 UND
0,05	0,20	4	18 UND
0,05	0,20	4	6 UND
0,05	0,20	4	18 UND
0,05	0,20	4	18 UND
0,05	0,20	4	1
0,05	0,20	4	18 UND
0,05	0,20	4	18 UND
0,05	0,20	4	6 UND
0,05	0,20	4	18 UND
0,05	0,20	4	18 UND
0,05	0,20	4	6 UND
0,05	0,20	4	18 UND
0,05	0,20	4	18 UND
TOTAL	0,20	4	425 UND
TOTAL	0,05	0,20	212,5 ML
TOTAL	0,05	0,20	52,7 KL



WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924375

CÁLCULO DE CANTIDADES

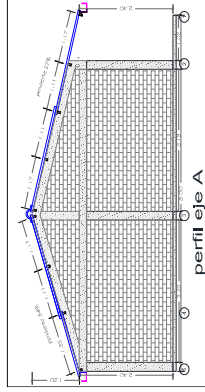
**ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS
MAMPOSTERÍA CONFINADA**

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL- ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO

FECHA: 15 de abril de 2021
210419755 FOTUMACO CONFINADOS

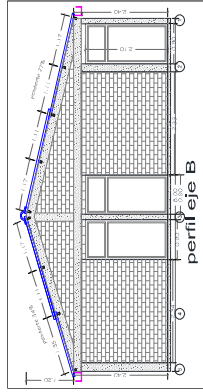
1.1. MURO LADRILLO SOGA SUCIO

163,6



AREA DE MUROS (M2)	
3,19 *	2,20 = 7,02 m ²
3,19 *	2,20 = 7,02 m ²
0,95 *	2,20 = 2,09 m ²
3,18 *	0,95 = 3,02 m ²
3,18 *	0,95 = 3,02 m ²
AREA	= 37,140 m²

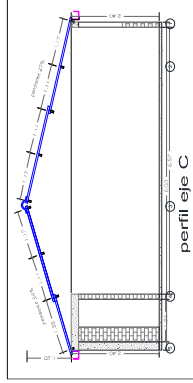
perfil eje A



50,34

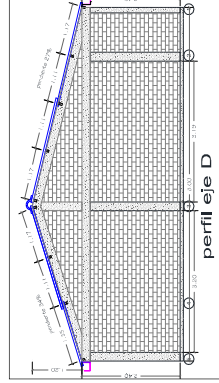
AREA DE MUROS (M2)	
2,34 *	2,20 = 5,15 m ²
2,33 *	2,20 = 5,13 m ²
2,80 *	0,95 = 1,33 m ²
3,62 *	0,95 = 1,73 m ²
0,90 *	0,10 = 0,27 m ²
AREA	= 13,541 m²
(X2)	= 26,683 m²

perfil eje B

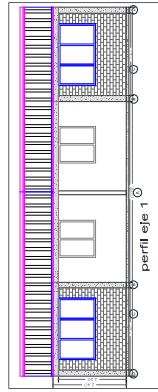


AREA DE MUROS (M2)	
0,37 *	2,20 = 0,81 m ²
AREA	= 0,81 m²
(X2)	= 1,628 m²

perfil eje C

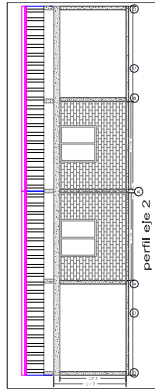


perfil eje D



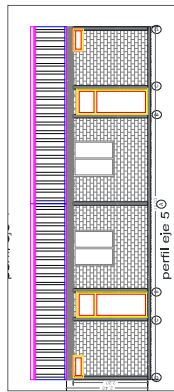
AREA DE MUROS	
2,67 *	2,20 = 5,87 m ²
2,68 *	2,20 = 5,90 m ²
DESCUENTO DE VENTANA	1,20 = 2,40 m²
2,00 *	1,20 = 2,40 m ²
TOTAL	= 6,97 m²

perfil eje 1



AREA DE MUROS	
0,12 *	2,85 = 0,684 m ²
2,85 *	2,20 = 6,27 m ²
2,85 *	2,20 = 6,27 m ²
DESCUENTO DE VENTANA	1,20 = 1,44 m²
1,20 *	1,20 = 1,44 m ²
TOTAL	= 10,341 m²

perfil eje 2



AREA DE MUROS	
1,88 *	2,20 = 4,14 m ²
0,85 *	0,10 = 0,09 m ²
2,85 *	2,20 = 6,27 m ²
2,85 *	2,20 = 6,27 m ²
0,85 *	0,10 = 0,09 m ²
1,88 *	2,20 = 4,14 m ²
DESCUENTO DE VENTANA	1,20 = 1,44 m²
1,20 *	1,20 = 1,44 m ²
0,75 *	0,35 = 0,2625 m ²
0,75 *	0,35 = 0,2625 m ²
TOTAL	= 17,581 m²

perfil eje 5

AREA DE MUROS	
2,77 *	2,20 = 6,09 m ²
2,77 *	2,20 = 6,09 m ²
TOTAL	= 12,19 m²

AREA DE MUROS

AREA DE MUROS	
1,95 *	2,20 = 4,29 m ²
1,95 *	2,20 = 4,29 m ²
TOTAL	= 8,58 m²

AREA DE MUROS

69.61825

TOTAL	= 139,24 m²
--------------	-------------------------------



WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315

CÁLCULO DE CANTIDADES

ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS
MAMPOSTERÍA CONFINADA

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO

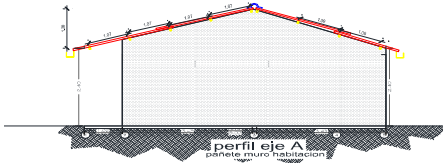
FECHA: 15 de abril de 2021

210415755 PGTUMACO CONFINADOS

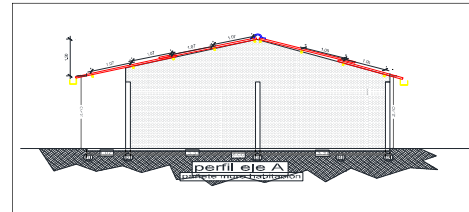
PINTURA Y REPELLO UVIS SENCILLA

PINTURA Y REPELLO UVIS DOBLE

AREA 1

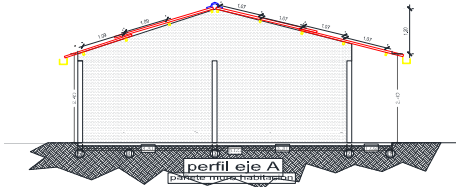


AREA 1
21,36

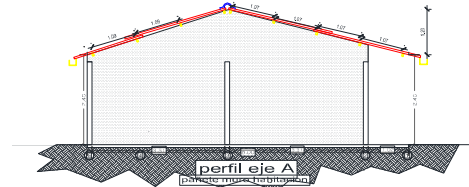


AREA 1
20,58

AREA 2

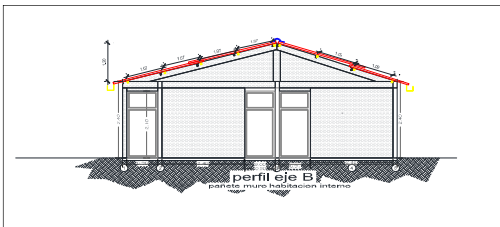


AREA 2
20,58

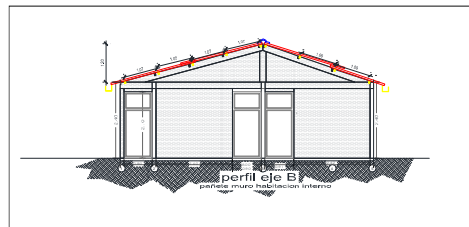


AREA 2
20,58

AREA 3

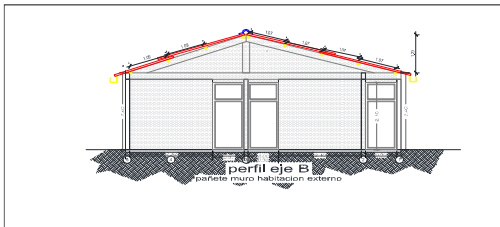


AREA 3
19,63

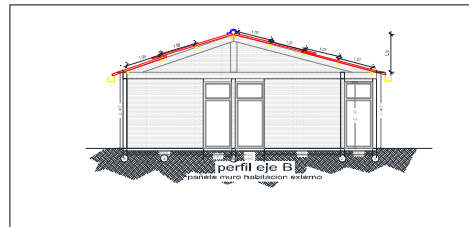


AREA 3
39,26

AREA 4

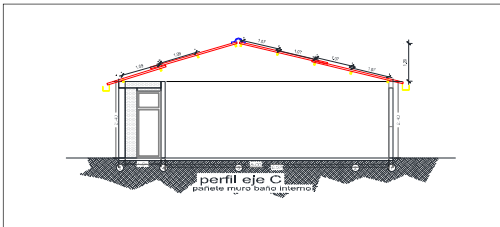


AREA 4
17,75

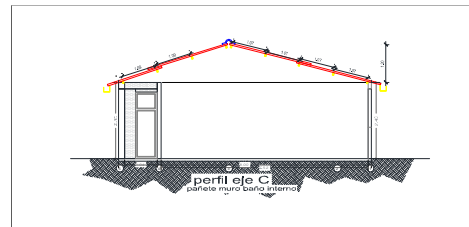


AREA 4
35,5

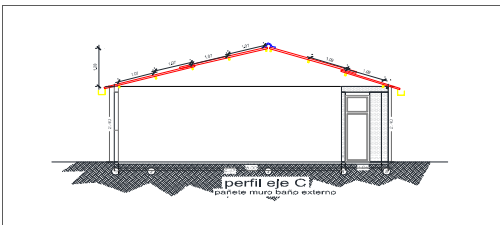
AREA 5



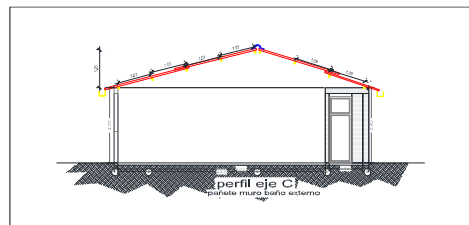
AREA 5
1,04



AREA 5
2,08



AREA
1,73



AREA
3,46



WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315

CÁLCULO DE CANTIDADES

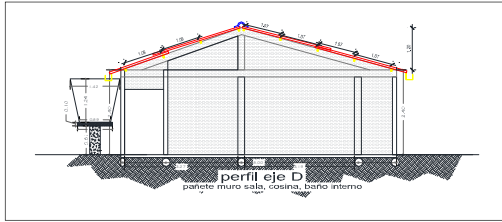
ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS
MAMOSTERÍA CONFINADA

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO

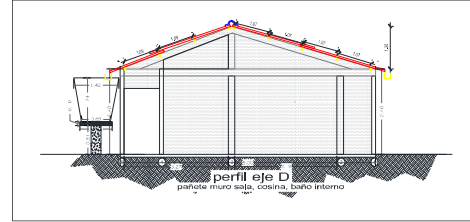
FECHA: 15 de abril de 2021
210415755 PGTUMACO CONFINADOS

PINTURA Y REPELLO UVIS SENCILLA

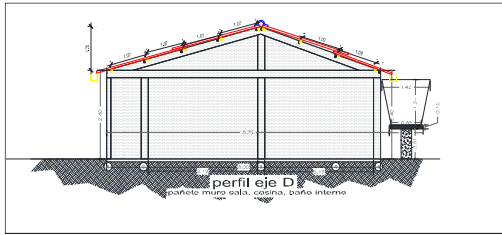
PINTURA Y REPELLO UVIS DOBLE



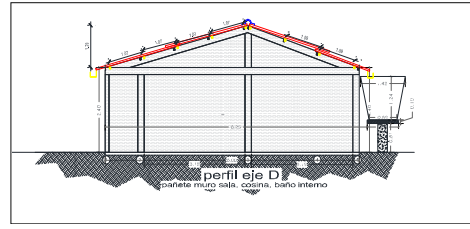
AREA 21



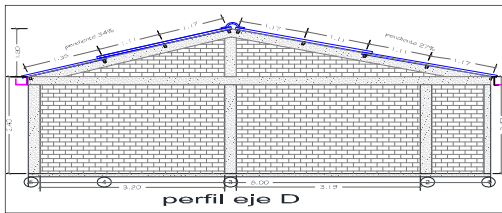
AREA 42



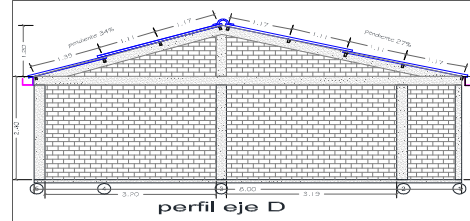
AREA 24



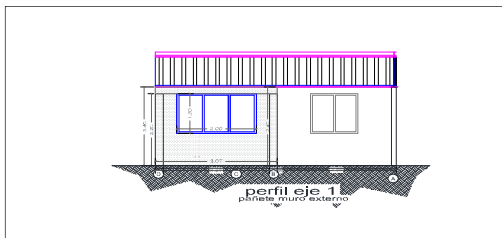
AREA 24



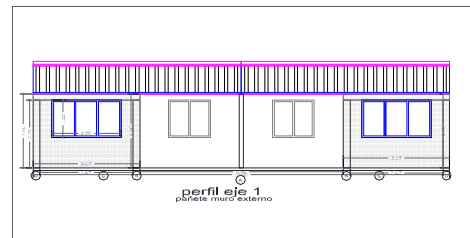
AREA 0



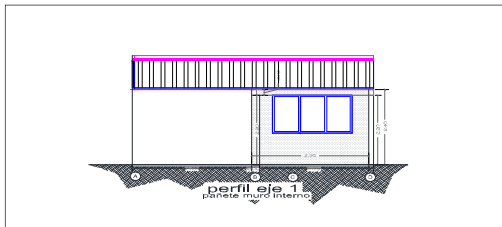
AREA 0



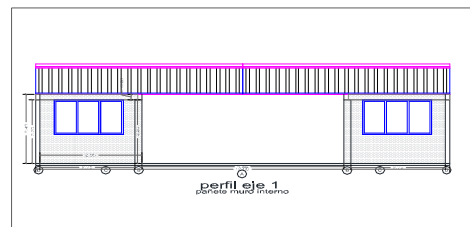
AREA 4,67



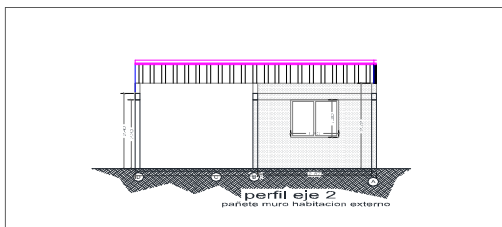
AREA 9,92



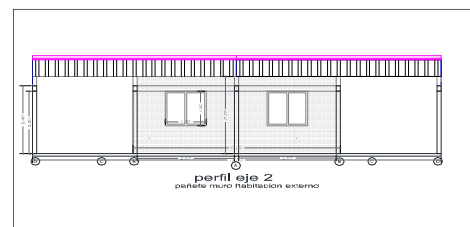
AREA 4,65



AREA 9,3



AREA 6,96



AREA 13,58



WILLIAN SOLÍS PERÉZ
 COD: 8924315

CÁLCULO DE CANTIDADES

**ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS
 MAMPOSTERÍA CONFINADA**

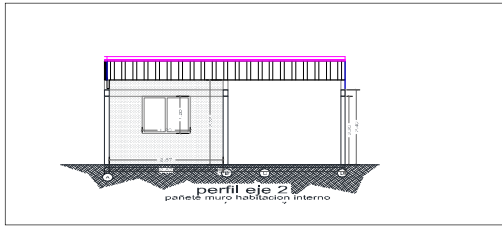
EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO

FECHA: 15 de abril de 2021

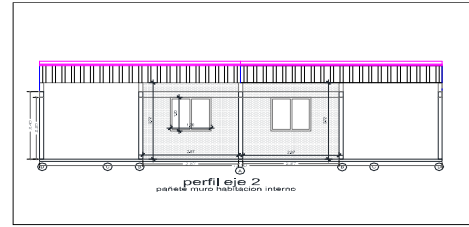
210415755 PGTUMACO CONFINADOS

PINTURA Y REPELLO UVIS SENCILLA

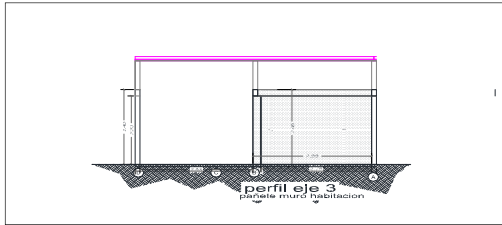
PINTURA Y REPELLO UVIS DOBLE



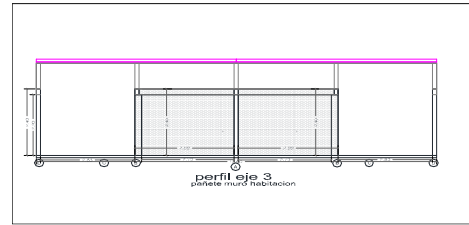
AREA
6,96



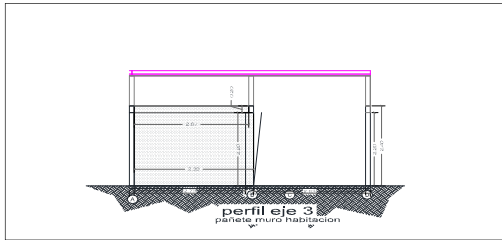
AREA
12,72



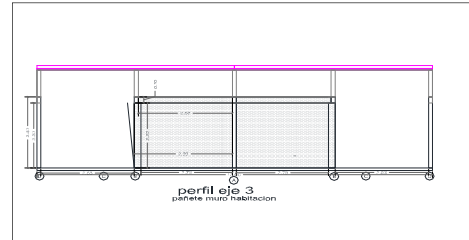
AREA
7,15



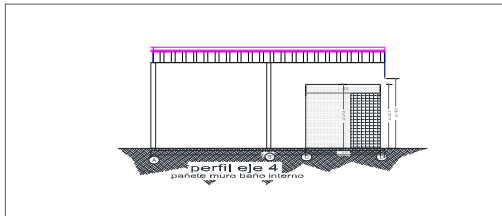
AREA
14,3



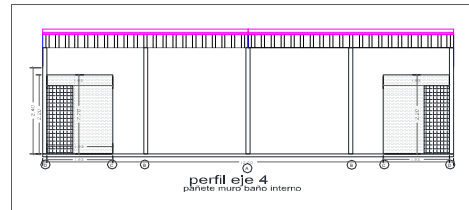
AREA
7,15



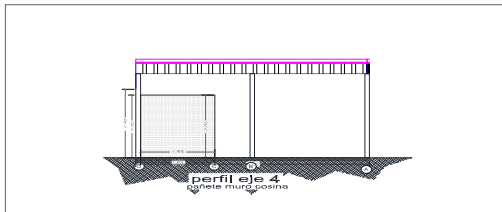
AREA
14,3



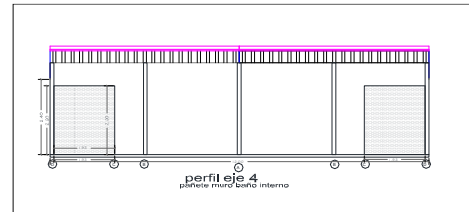
AREA
2,81



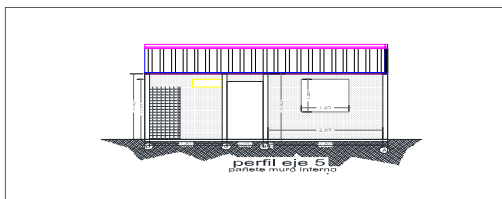
AREA
5,62



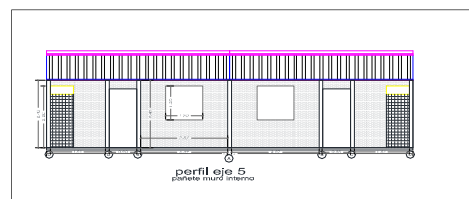
AREA
4,25



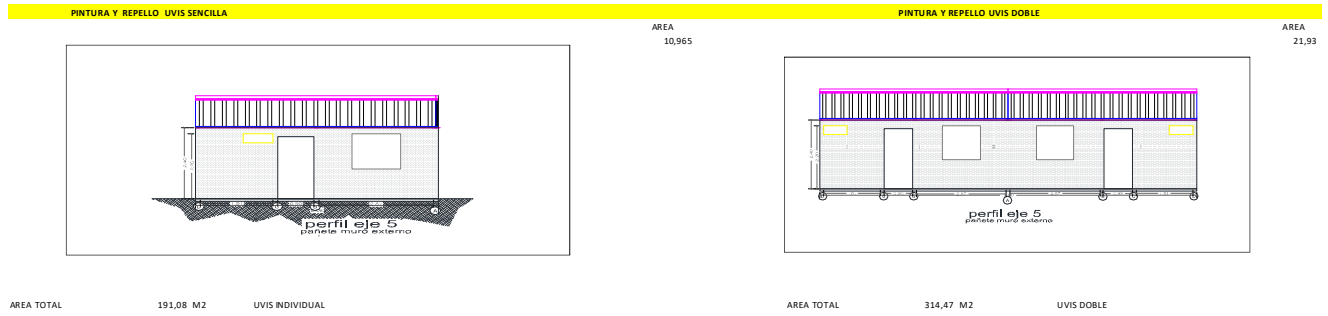
AREA
8,5



AREA
8,42



AREA
16,84



POR VIVIENDA			
ITEM	MAMPOSTERIA	UND	CANTIDAD
1.1	MURO LAD.SOGA SUCIO	M2	78,17
1.2	COLUMNETA DE CONFINAMIENTO	ML	29,52
1.3	VIGA CONCR.AMARRE MURO 10-12x20CM	ML	42,79
1.4	VIGA CONCR.AMARRE MURO CULATA 10-12x20CM	ML	37,39
1.5	ACERO REFUERZO FLEJADO 60000 PSI 420Mpa	KLS	93,74
1.6	REPELLO MURO 1:3	M2	191,08
	ACERO REFUERZO FLEJADO 60000 PSI 420Mpa COLUM	KLS	71,50
SUBTOTAL MAMPOSTERIA			

CANTIDAD POR UVIS POR PACHA				
ITEM	MAMPOSTERIA	UND	CANTIDAD PACHA	CANTIDAD INDIVIDUAL
1.1	MURO LAD.SOGA SUCIO	M2	139,24	69,62
1.2	COLUMNETA DE CONFINAMIENTO	ML	51,32	25,66
1.3	VIGA CONCR.AMARRE MURO 10-12x20CM	ML	78,95	39,48
1.4	VIGA CONCR.AMARRE MURO CULATA 10-12x20CM	ML	37,39	18,70
1.5	ACERO REFUERZO FLEJADO 60000 PSI 420Mpa	KLS	347,41	173,71
1.6	REPELLO MURO 1:3	M2	314,47	157,24
	ACERO REFUERZO FLEJADO 60000 PSI 420Mpa COLUM	KLS	124,03	62,01
SUBTOTAL MAMPOSTERIA				

Anexo 7.2.3. Cantidades de obra X módulo SISTEMA CONVENCIONAL

	CÁLCULO DE CANTIDADES DE OBRA	WILLIAN SOLÍS PERÉZ COD: 8924315
	Obra: EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO	15 de abril de 2021 210415755 PGTUMACO CONFINADOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	VALOR TOTAL
------	-------------	-----	----------	-------------

1 CIMENTACIÓN				
1.1.	CIMENTACIÓN EN VIGA 20CMX40CM DE CONCRETO DE 3100 PSI REFORZADO POR MÓDULO / 80,54ML	ML	80,54	
A1,01	Viga perimetral de cimentación de 0,20MX0,35M	ML	80,54	
1.2.	LOSA DE CONTRAPISO POR MÓDULO E=10CMS / 96M2	M2	96,00	
A1,02	Subbase C5	M3	19,2	
A1,03	Relleno para cimentación con material importado	M3	4,64	
A1,04	Piso en concreto 2500 PSI	M2	96,00	

2 ENCERRAMIENTOS				
2.1.	SISTEMA CONVENCIONAL MUROS CONFINADOS CON COLUMNETAS Y VIGUETAS POR MÓDULO / 164,63M2	M2	139,24	
A2,01	Muro ladrillo soga sucio	M2	139,24	
A2,02	Columneta de confinamiento	ML	51,32	
A2,03	Viga de amarre de muro en concreto 10-12x20CM	ML	78,95	
A2,04	Viga de amarre muro culata en concreto 10-12x20CM	ML	37,39	
A2,05	Acero de refuerzo flejado 60000 PSI 420Mpa	Kg	347,41	
A2,06	Repello muro 1:3	M2	191,08	
A2,07	Mesones	M2	2,4	
2.2.	CUBIERTA EN ASBESTO CEMENTO POR VIVIENDA A=61M2	UND	2	
A2,08	Cubierta en teja X Vivienda 61M2	UND	2	
A2,09	Bajante de aguas lluvias	ML	12	
A2,10	Estructura de cubierta metálica	UND	2	
2.3.	CARPINTERÍA POR MÓDULO DE 2 VIVIENDAS	UND	2	
A2,11	Ventana Metálica 1,20MX1,20M V1	UND	2	
A2,12	Ventana Metálica 2,00MX1,20M V2	UND	1	
A2,13	Ventana Metálica 0,75MX0,30M V3	UND	1	
A2,14	Puerta en madera para baño 0,70MX2,10M	UND	1	
A2,15	Puerta en madera 0,90MX2,10M Según diseño	UND	2	
A2,16	Puerta metálica 0,90MX2,10M Según diseño	UND	2	

3 REDES				
3.1.	INSTALACIONES SANITARIAS POR MÓDULO DE 2 VIVIENDAS	UND	2	
A3,01	Cajas inspección	UND	2	
A3,02	Instalaciones Sanitarias X Vivienda	UND	1	
3.2.	INSTALACIONES HIDRÁULICA POR MÓDULO DE 2 VIVIENDAS	UND	2	
A3,03	Instalaciones Hidraulicas X Vivienda	UND	1	
A3,04	Combo sanitario línea económica	JGO	1	
3.3.	INSTALACIONES ELÉCTRICAS PORMÓDULO DE 2 VIVIENDAS	UND	2	
A3,05	Instalaciones Eléctricas X Vivienda	UND	1	

Anexo 7.2.4. Análisis de Precios Unitarios (SISTEMA CONVENCIONAL)

	ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS MUROS CONFINADOS		WILLIAN SOLÍS PERÉZ COD: 8924315	
	EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO		FECHA:	15 de abril de 2021
			210415755 PGTUMACO CONFINADOS	

Muro ladrillo sogá sucio				139,24	UNIDAD: M2 ITEM: A2,01
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$	
MATERIALES					
LADR COMUN/SUCIO	UND	58	680,00	39.440,00	
MORTERO 1:4	LBS	0,014	302.303,00	4.232,24	
				43.672,24	
				43.672,24	43.672,00

Columneta de confinamiento				51,32	UNIDAD: ML ITEM: A2,02
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$	
MATERIALES					
PUNTILLA 2 CC	LBS	0,05	2.000,00	100,00	
TABLA 1x10x3M	UND	0,670	8.500,00	5.695,00	
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	M3	0,024	393.270,00	9.438,48	
				15.233,48	
				15.233,48	15.233,00

Viga de amarre de muro en concreto 10-12x20CM				78,95	UNIDAD: ML ITEM: A2,03
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$	
MATERIALES					
PUNTILLA 2 CC	LBS	0,15	2.000,00	300,00	
TABLA 1x10x3M	UND	0,700	8.500,00	5.950,00	
VARETA 2"x2"x3M	UND	0,500	2.400,00	1.200,00	
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	M3	0,024	393.270,00	9.438,48	
				16.888,48	
				16.888,48	16.888,00



ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS MUROS CONFINADOS

WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN
VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE
TUMACO, NARIÑO

FECHA: 15 de abril de 2021


210415755 PGTUMACO CONFINADOS

Viga de amarre muro culata en concreto 10-12x20CM			37,39	UNIDAD: ML
				ITEM: A2,04
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
MATERIALES				
PUNTILLA 2 CC	LBS	0,150	2.000,00	300,00
TABLA 1x10x3M	UND	0,700	8.500,00	5.950,00
VARETA 2"x2"x3M	UND	0,500	2.400,00	1.200,00
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	M3	0,024	393.270,00	9.438,48
				16.888,48
			16.888,48	16.888,00

Acero de refuerzo flejado 60000 PSI 420Mpa			347,41	UNIDAD: Kg
				ITEM: A2,05
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
MATERIALES				
ALAMBRE NEGRO # 18	KLS	0,030	5.800,00	174,00
SEGUETA SIN MARCO	UND	0,030	3.400,00	102,00
HIERR.DE 60000 PSI 420 MPA	KLS	1,030	5.800,00	5.974,00
				6.250,00
			6.250,00	6.250,00

Repello muro 1:3			191,08	UNIDAD: Kg
				ITEM: A2,06
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
MATERIALES				
MORTERO 1:3	M3	0,03	346.558,00	10.396,74
				10.396,74
			10.396,74	10.397,00

Anexo 7.2.5. Unidad Básica de Estudio MUROS (SISTEMA CONVENCIONAL)

 WILLIAN SOLÍS PEREZ COD: 8924315	ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS MUROS CONFINADOS	FECHA: 15 de abril de 2021 21415755 PÉTUMACO CONFINADOS
--	--	--

MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI - 22.3 Mpa														4.02			Unidad: M3	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL X ZUBIV	PESO UNITARIO Kg	PESO TOTAL X UND	PESES TOTALES X ZUBIV	F.E. ENERGÍA EMBEBIDA M/Jkg	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	F.E. HUELLA DE CARBONO Kg/CO2eq	HUELLA DE CARBONO Kg/CO2eq	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA T/Km	F.E. TRANSPORTE Kg/CO2eq/T*Km	EMISIÓN TRANSPORTE Kg/CO2eq	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL X UND \$	VALOR TOTAL X ZUBIV \$	
MATERIALES																		
ARENA GRUESA	M3	0.680	2.451	2100.000	1178.000	4729.038	0.120	567.844	0.008	38.813	4.3	20.348	0.120	2.451	85.000.00	47.600.00	101.534.78	
OPAWA TRITURADA DE 3/4	M3	1.840	3.980	1550.000	1362.000	5239.040	0.120	1528.885	0.008	42.751	4.3	22.528	0.120	3.704	180.000.00	151.200.00	803.404.81	
CEMENTO GRIS	KGS	350.000	1460.344	1.000	350.000	1460.344	0.921	37.474.863	0.983	1384.038	0.421	204.157	0.921	109.538	550.000.00	550.000.00	777.659.99	
					2628.000	11379.428	0.982	10843.981	0.109	1465.802				113.882			380.000.00	1.877.348.28
					UND	ZUBIV		0.082		0.120						UND	ZUBIV	
COSTO DIRECTO															\$	392.000.00	\$	1.877.348.00

MORTERO 1:3														5.73			Unidad: M3	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL X ZUBIV	PESO UNITARIO Kg	PESO TOTAL X UND	PESES TOTALES X ZUBIV	F.E. ENERGÍA EMBEBIDA M/Jkg	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	F.E. HUELLA DE CARBONO Kg/CO2eq	HUELLA DE CARBONO Kg/CO2eq	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA T/Km	F.E. TRANSPORTE Kg/CO2eq/T*Km	EMISIÓN TRANSPORTE Kg/CO2eq	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL X UND \$	VALOR TOTAL X ZUBIV \$	
MATERIALES																		
ARENA MEDIANA	M3	1.000	5.248	1850.000	2018.000	11559.082	0.120	1387.000	0.008	54.322	4.3	40.704	0.120	5.988	85.000.00	52.850.00	511.082.98	
CEMENTO GRIS	KGS	454.000	2002.442	1.000	454.000	2002.442	0.921	180.12.018	0.983	2557.988	0.421	309.203	0.921	200.558	550.000.00	550.000.00	1.438.547.71	
					2478.000	14161.524	1.370	19399.184	0.187	2862.218				208.815			843.258.00	1.987.648.67
					UND	ZUBIV		1.370		0.187						UND	ZUBIV	
COSTO DIRECTO															\$	349.258.00	\$	1.987.648.00

MORTERO 1:4														1.95			Unidad: M3	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL X ZUBIV	PESO UNITARIO Kg	PESO TOTAL X UND	PESES TOTALES X ZUBIV	F.E. ENERGÍA EMBEBIDA M/Jkg	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	F.E. HUELLA DE CARBONO Kg/CO2eq	HUELLA DE CARBONO Kg/CO2eq	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA T/Km	F.E. TRANSPORTE Kg/CO2eq/T*Km	EMISIÓN TRANSPORTE Kg/CO2eq	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL X UND \$	VALOR TOTAL X ZUBIV \$	
MATERIALES																		
ARENA FINA	M3	1.180	2.281	1850.000	2148.000	1183.221	0.120	251.087	0.008	34.138	4.3	17.088	0.120	2.189	85.000.00	58.620.00	102.202.08	
CEMENTO GRIS	KGS	384.000	709.449	1.000	384.000	709.449	0.921	40.10.848	0.983	607.454	0.421	456.811	0.921	54.882	550.000.00	550.000.00	901.871.18	
					2510.000	4892.771	1.508	5412.834	0.100	731.639				66.844			269.528.00	583.873.23
					UND	ZUBIV		1.108		0.100						UND	ZUBIV	
COSTO DIRECTO															\$	269.528.00	\$	583.873.00

SISTEMA CONVENCIONAL MUROS CONFINADOS CON COLUMNETAS Y VIGUETAS POR MÓDULO / 164.83M2														139.24			Unidad: UND	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL X ZUBIV	PESO UNITARIO Kg	PESO TOTAL X UND	PESES TOTALES X ZUBIV	F.E. ENERGÍA EMBEBIDA M/Jkg	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	F.E. HUELLA DE CARBONO Kg/CO2eq	HUELLA DE CARBONO Kg/CO2eq	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA T/Km	F.E. TRANSPORTE Kg/CO2eq/T*Km	EMISIÓN TRANSPORTE Kg/CO2eq	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL X UND \$	VALOR TOTAL X ZUBIV \$	
MATERIALES																		
LADR COMUN/SUCIO	UND	58.000	8975.717	3.000	174.000	24227.151	3.584	86837.001	0.233	9649.772	1193	27255.945	0.120	3271.798	680.000.00	39.440.00	5.491.487.56	
HERRO 3/8" 37 (60) ECH	KGS	2.621	384.009	1.000	2.621	384.009	33.025	1250.747	2.608	951.882	1082	384.884	0.120	47.299	5.800.00	15.201.00	2.118.848.43	
HERRO DE 6000 PSI 420 MPA	KGS	1.030	337.835	1.000	1.030	337.835	33.025	1187.547	2.408	933.353	1082	307.718	0.120	46.477	5.800.00	5.800.00	2.075.444.07	
PUNTLA 2 CC	LBS	0.350	20.917	0.500	0.175	10.422	33.025	130.552	2.608	26.106	1082	10.829	0.120	1.300	2.000.00	2.000.00	40.634.00	
ALAMBRE NEGRO # 18	KGS	0.038	10.422	1.000	0.038	10.422	33.025	134.200	2.608	27.186	1082	11.277	0.120	1.354	5.800.00	174.000	60.449.83	
SEGQUETA SIN MARCO	UND	0.000	10.422	0.000	0.000	10.422	33.025	34.453	2.608	21.710	1082	1.128	0.120	0.138	3.400.00	10.000	52.431.11	
TABLA 1x10xM	UND	2.075	115.822	15.484	32.052	1793.304	6.228	11665.150	0.338	681.400	40	71.236	0.120	8.811	5.800.00	17.585.00	98.449.40	
VARETA 2x2xM	UND	1.000	88.170	8.194	8.194	380.305	6.228	2243.158	0.338	138.918	40	14.412	0.120	1.730	2.400.00	2.400.00	139.868.00	
MORTERO 1:3	M3	0.938	5.732	2478.220	74.122	24162.785	1.320	18084.878	0.100	818.394	0	0.000	0.100	206.325	343.928.00	343.928.00	1.887.648.67	
MORTERO 1:4	M3	0.014	1.349	2452.183	34.331	4780.071	1.132	5411.041	0.270	1202.213	0	0.000	0.100	58.841	209.528.00	1.181.300	583.873.23	
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPA	M3	0.024	4.024	2828.444	67.883	11381.287	1.224	11650.844	0.120	1419.816	0	0.000	0.120	113.882	392.000.00	8.408.00	1.577.348.28	
					392.440	5749.240		16586.782		13939.844				3789.810		105.485.93	16.072.458.56	
					UND	ZUBIV		EE		HC						UND	ZUBIV	
COSTO DIRECTO															\$	106.488.00	\$	16.072.458.00

Ver en EDC

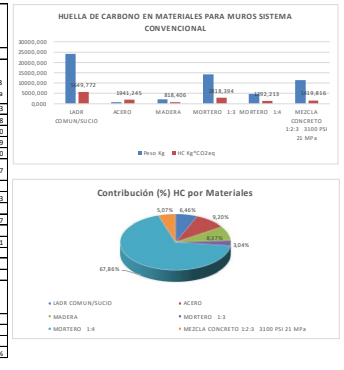
ANÁLISIS DE FACTORES X GRUPO DE MATERIALES SEGÚN SU TIPO						Unidad: Kg	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESES TOTALES X ZUBIV	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	HUELLA DE CARBONO Kg/CO2eq	EMISION TRANSPORTE Kg/CO2eq	VALOR TOTAL X ZUBIV \$	
MATERIALES							
LADR COMUN/SUCIO	Kg	24227.151	3.584	9649.772	3271.798	5.491.487.56	
ACERO	Kg	744.247	33.025	24578.846	96.866	4.528.009.43	
MADERA	Kg	2153.699	6.228	13468.315	10.341	1.124.098.40	
MORTERO 1:3	Kg	14162.785	1.320	18084.878	0.000	1.697.460.87	
MORTERO 1:4	Kg	4780.071	1.132	5411.041	0.000	583.873.23	
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPA	Kg	11381.287	1.024	11650.844	0.125	1.577.348.28	
		87449.240	16586.782	13939.844		15.072.458.56	
		UND	EE	HC			
DIRECTO						\$	16.072.458.00

Material Genérico	Listado Total de Materiales
ACEROS	Acero laminado
	Acero galvanizado
MADERA	HERRO 3/8" 37 (60) ECH
	HERRO DE 6000 PSI 420 MPA
	PUNTLA 2 CC
	ALAMBRE NEGRO # 18
MORTERO 1:3	MORTERO 1:3
MORTERO 1:4	MORTERO 1:4
LADRILLO	LADRILLO COMUN BUICO

Tabla de materiales genéricos

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESES TOTALES X ZUBIV	F.E. HUELLA DE CARBONO Kg/CO2eq	HUELLA DE CARBONO Kg/CO2eq	DESVIACION ESTANDAR e	VARIANZA [σ]	Derivada X1	Derivada X2	Derivada X3	Derivada X4	Derivada X5	Derivada X6	
MATERIALES													
LADR COMUN/SUCIO	Kg	24227.151	0.233	9649.772	0.011073337	0.000122619	0.234	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233	
ACERO	Kg	744.247	2.608	1941.245	0.430149961	0.185028989	2.608	2.651	2.608	2.608	2.608	2.608	
MADERA	Kg	2153.699	0.380	815.405	0.143843972	0.020139712	0.380	0.380	0.384	0.380	0.380	0.380	
MORTERO 1:3	Kg	14162.785	0.109	2015.391	0.013934844	0.000188862	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109	
MORTERO 1:4	Kg	4780.071	0.270	1292.213	0.181921576	0.033096915	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 21 MPA	Kg	11381.287	0.125	1419.816	0.020881924	0.000436138	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	
		87449.240	1.610	19319.844			13966.672	13971.838	13970.393	13958.248	14026.806	13963.613	
							Derivada	24227.151	744.247	2153.699	14162.785	4780.071	11381.287
							Derivada X1	71975.589	107468.270	82323.645	30871.057	756234.083	56484.601
							Varianza [σ²]	1114383.266					
							DESVIACION ESTANDAR e	1055.643759					
							σv (%)	7.57%					
							Contribución (%)	6.46%	9.20%	8.17%	1.04%	87.86%	5.07%

Ver en EDC



Anexo 7.2.6. Cálculo de huellas de materiales X módulo (SISTEMA CONVENCIONAL)



WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315

ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS
MUROS CONFINADOS

EVALUACION AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO

15 de abril de 2021
2104151755 PGTUMACO.CONFINADOS

ANÁLISIS FACTORES DE MATERIALES		Unidad: KG										ITEM: MÓDULO
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS TOTALES X ZUMIS	F.E. ENERGÍA EMBEBIDA IN/Kg	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	F.E. HUELLA DE CARBONO Kg CO2/Kg	HUELLA DE CARBONO Kg CO2eq	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA T*km	F.E. TRANSPORTE Kg*CO2eq/T*km	EMISIÓN TRANSPORTE Kg*CO2eq	VALOR TOTAL X ZUMIS \$	
ADAP.M PRS PVC 1/2	Kg	0.240	79.044	18.971	2.594	0.623	1056	0.253	0.120	0.030	9.200.00	
ALAMBRE NEGRO # 18	Kg	18.524	33.025	611.764	2.608	48.317	1082	20.043	0.120	2.406	107.440.96	
ALAMBRE NEGRO # 18	Kg	0.200	33.025	6.605	2.608	0.522	1082	0.216	0.120	0.026	654.00	
AMARRAS PARA TEJA ASBESTO	Kg	0.400	33.025	13.210	2.608	1.043	1030	0.412	0.120	0.049	6.000.00	
ANTICORROSIVO PHCL 25M2/GLN	Kg	0.600	96.475	57.885	2.144	1.286	647	0.388	0.120	0.047	30.500.00	
BAJANTE PVC AGUAS LLUVIAS	Kg	8.400	79.044	663.970	2.594	21.791	1056	8.870	0.120	1.065	56.400.00	
BALASTRO	Kg	48037.600	0.120	5764.512	0.008	391.987	4.3	206.582	0.120	24.796	1.487.616.00	
BREAKER 1x 16 AMP	Kg	0.260	79.044	20.551	2.594	0.674	1056	0.275	0.120	0.033	34.200.00	
BREAKER 1x 20 AMP	Kg	0.260	79.044	20.551	2.594	0.674	1056	0.275	0.120	0.033	37.700.00	
BREAKER 1x 30 AMP	Kg	0.260	79.044	20.551	2.594	0.674	1056	0.275	0.120	0.033	37.700.00	
CABALLETE FIJO ASBESTO CEM L=94 U=87CM P=15-20%	Kg	73.640	8.987	661.778	0.594	43.724	1046	77.027	0.120	9.246	280.000.00	
CABLE COBRE AISLADO THHN N°12 BLANCO	Kg	7.040	86.783	610.955	4.767	33.862	633	4.456	0.120	0.535	297.800.00	
CABLE COBRE AISLADO THHN N°12 NEGRO	Kg	7.040	86.783	610.955	4.767	33.862	633	4.456	0.120	0.535	386.000.00	
CABLE COBRE AISLADO THHN N°14	Kg	2.340	86.783	203.073	4.767	11.156	633	1.481	0.120	0.178	104.900.00	
CABLE COBRE AISLADO THHN N°8 BLANCO	Kg	2.000	86.783	173.367	4.767	9.535	633	1.266	0.120	0.152	82.000.00	
CABLE COBRE AISLADO THHN N°8 NEGRO	Kg	1.800	86.783	156.210	4.767	8.631	633	1.139	0.120	0.137	85.000.00	
CAJA 2x4 PVC	Kg	1.100	79.044	86.948	2.594	2.854	1056	1.162	0.120	0.139	23.100.00	
CAJA OCTOGONAL PVC	Kg	0.700	79.044	55.331	2.594	1.816	1056	0.739	0.120	0.089	23.800.00	
CANAL PVC AGUAS LLUVIAS	Kg	144.000	79.044	11382.336	2.594	373.560	1056	152.064	0.120	18.254	880.800.00	
CODO BAJANTE 45°	Kg	1.016	79.044	80.309	2.594	2.636	1056	1.073	0.120	0.129	19.066.67	
CODO GALV. 1/2x90	Kg	0.060	33.025	1.982	2.608	0.157	1034	0.062	0.120	0.007	9.800.00	
CODO PRS PVC 1/2x90ø	Kg	0.364	79.044	28.772	2.594	0.944	1056	0.384	0.120	0.046	9.380.00	
CODO SAN PVC 2 x45ø CX	Kg	0.284	79.044	22.448	2.594	0.737	1056	0.300	0.120	0.036	16.400.00	
CODO SAN PVC 2 x90ø CX	Kg	0.894	79.044	78.570	2.594	2.579	1056	1.050	0.120	0.126	46.300.00	
CODO SAN PVC 4 x90ø CX	Kg	0.800	79.044	63.235	2.594	2.075	1056	0.845	0.120	0.101	27.340.00	
CURVA PVC 1/2" PLASTIMEC	Kg	1.200	79.044	94.853	2.594	3.113	1056	1.267	0.120	0.152	18.000.00	
CURVA PVC 3/4" PLASTIMEC	Kg	0.480	79.044	37.941	2.594	1.245	1056	0.507	0.120	0.061	3.600.00	
DUCHA SENCILLA ARTESA GRIVAL	Kg	1.020	33.025	33.866	2.608	2.661	241	0.246	0.120	0.030	11.000.00	
GANCHO PTEJA ASB. MADERA	Kg	12.600	33.025	416.116	2.608	32.865	1030	12.978	0.120	1.558	110.600.00	
GRIF.LAVAM.ME.ZC.4" ARTESA GRIVAL	Kg	1.440	33.025	47.556	2.608	3.756	241	0.347	0.120	0.042	140.000.00	
GRIFO LAVADERO BLANCO 1/2"	Kg	1.440	33.025	47.556	2.608	3.756	1056	1.521	0.120	0.183	24.000.00	
GRIFO LAVAPLATOS MEZCLADOR	Kg	2.000	33.025	66.050	2.608	5.217	1056	2.112	0.120	0.254	176.400.00	
HIERRO .3/8" 37.000 [CH]	Kg	18.800	33.025	623.514	2.608	49.245	1082	20.428	0.120	2.452	84.223.68	
HIERRO 3/8" PARA ESTRIBOS 15X30 L=100 0.58K	Kg	157.858	33.025	5213.291	2.608	411.747	1082	170.803	0.120	20.503	676.791.12	
[GASOL GRIS (SELLANTE)] 3.5KG.	Kg	1.600	96.475	154.360	2.144	1.440	1110	1.776	0.120	0.213	21.920.00	
LAVAMANOS LAGUNACUACER [COLGAR]	Kg	19.400	25.480	494.312	1.533	29.734	1041	20.185	0.120	2.424	130.000.00	
LAVAPLATO EN ACERO 100X90 SOCODA	Kg	33.025	33.025	198.151	2.608	15.850	643	3.858	0.120	0.463	165.000.00	
LUSTON 1 x4x3M.	Kg	199.184	6.226	1240.663	0.380	75.660	40	7.967	0.120	0.956	50.555.52	
MALLA ELEC.H.1.31U131 ESP 15X30 1.38K/M2	Kg	132.480	33.025	4375.167	2.608	345.552	1082	143.343	0.120	17.207	755.136.00	
MANQUERA FLEXIBLE GRIFLEX GRIVAL REF.38014001	Kg	0.603	79.044	47.697	2.594	1.565	241	0.145	0.120	0.017	97.500.00	
MEZCLA CONCRETO 1:2.5:4ø 2500 PSI=17.5MPa	Kg	19961.373	0.750	14971.029	0.076	1517.064	0	0.000	0.120	167.741	1.689.661.44	
MEZCLA CONCRETO 1:2.5:4ø 2500 PSI=17.5MPa	Kg	2018.400	0.750	1513.398	0.076	153.398	0	0.000	0.120	16.964	173.816.00	
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	Kg	16740.883	1.024	11737.084	0.125	2088.425	0	0.000	0.120	167.243	2.320.518.48	



WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315

ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS
MUROS CONFINADOS

EVALUACION AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO

15 de abril de 2021
 210415755 PGTUMACO.CONFINADOS

ANÁLISIS FACTORES DE MATERIALES		Unidad: KG										ITEM: MODULO
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS TOTALES X ZUMIS	F.E. ENERGIA EMBEBIDA IN/Kg	ENERGIA EMBEBIDA MJ	F.E. HUELLA DE CARBONO Kg CO2/Kg	HUELLA DE CARBONO Kg CO2eq	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA T*km	F.E. TRANSPORTE Kg*CO2eq/T*km	EMISIÓN TRANSPORTE Kg*CO2eq	VALOR TOTAL X ZUMIS \$	
NIPLE GALV .1/2x 5 CM	Kg	0.120	33.025	3.963	2.608	0.313	1034	0.124	0.120	0.015	7.800.00	
NIPLE GALV .1/2x 5 CM	Kg	0.240	33.025	7.926	2.608	0.626	1034	0.248	0.120	0.030	15.600.00	
PERFIL AG C 60mmX 120mm-1.5 CAL.-16 L= 6MTS.	Kg	330.840	33.025	10926.028	2.608	862.941	1886	623.964	0.120	74.901	1.728.000.00	
ACESCO	Kg	3.920	25.480	99.882	1.533	6.008	1034	4.053	0.120	0.467	29.400.00	
PLAFON-BLANCO 200W CILES	Kg	280.000	6.226	1618.666	0.380	98.800	40	10.400	0.120	1.248	920.000.00	
PUERTA EN MADERA 0.90MX2.10M SEGUN DISEÑO	Kg	110.000	6.226	684.829	0.380	41.800	40	4.400	0.120	0.528	440.000.00	
PUERTA EN MADERA PARA BAÑO 0.70MX2.10M	Kg	348.000	28.700	8987.600	4.186	1456.798	1886	656.328	0.120	78.786	1.880.000.00	
PUERTA METÁLICA 0.90MX2.10M SEGUN DISEÑO	Kg	2.400	33.025	79.260	2.608	6.260	1030	2.472	0.120	0.297	9.600.00	
PUNTILLA 1.1/2 CC 363 UNDLB	Kg	6.041	33.025	199.488	2.608	15.756	1030	6.222	0.120	0.747	24.162.00	
PUNTILLA 2 CC	Kg	0.900	33.025	29.723	2.608	2.348	1056	0.950	0.120	0.114	5.200.00	
REJILLA PLANA 2X3"	Kg	88.000	25.480	2242.240	1.533	134.875	1041	91.608	0.120	10.997	520.000.00	
SANITARIO LAGUNA/ACUER CORONA GRIFERIA-MUEBLE-PORC	Kg	0.966	31.918	2.521	2.608	0.123	1057	1.022	0.120	0.123	32.860.32	
SEGUETA SIN MARCO	Kg	0.286	79.044	22.607	2.594	0.142	1056	0.302	0.120	0.036	18.600.00	
SIFON SANI PVC 2" REGISTRO	Kg	0.286	79.044	26.559	2.594	0.872	1056	0.355	0.120	0.043	6.000.00	
SOPORTE BAJANTE PVC	Kg	0.216	79.044	17.074	2.594	0.360	1056	0.228	0.120	0.027	92.400.00	
SOPORTE CANAL PVC	Kg	3.120	33.025	103.088	2.608	8.138	1056	3.295	0.120	0.385	225.600.00	
SOPORTE METÁLICO CANAL PVC	Kg	0.400	79.044	31.618	2.594	1.038	1056	0.422	0.120	0.051	18.000.00	
SWITCHE SENCILLO AMBIA LEGRAND	Kg	0.180	79.044	14.228	2.594	0.467	1056	0.190	0.120	0.023	16.700.00	
SWITCHE TRIPLE AMBIA LEGRAND	Kg	331.354	6.226	2062.916	0.380	125.915	40	13.254	0.120	1.591	171.200.00	
TABLA 1X10x3M	Kg	872.948	6.226	5434.724	0.380	331.720	40	34.918	0.120	4.192	966.457.00	
TABLA 1X10x3M [2C]	Kg	28.700	71.176	4.186	4.186	10.382	1886	4.677	0.120	0.561	51.500.00	
TABLERO IF- 4 CTOS VTC SQUAR-D	Kg	1.152	79.044	91.059	2.594	2.988	1056	1.217	0.120	0.146	75.200.00	
TAPAS DE CANAL PVC	Kg	0.080	79.044	6.324	2.594	0.208	1056	0.084	0.120	0.010	3.200.00	
TAPON PRS PVC .1/2 R	Kg	0.054	33.025	1.783	2.608	0.141	1034	0.056	0.120	0.007	7.800.00	
TEE GALV .1/2"	Kg	0.270	79.044	21.342	2.594	0.700	1056	0.285	0.120	0.034	8.800.00	
TEE PRS PVC .1/2	Kg	178.900	8.987	1602.862	0.594	105.901	1046	186.585	0.120	22.395	252.000.00	
TEJA ASB.CEMENTO P 7 # 4 L= 122 /108 A= 92/87CM	Kg	1070.160	8.987	9617.171	0.594	635.408	1046	1119.387	0.120	134.371	1.352.400.00	
TEJA ASB.CEMENTO P 7 # 6 L= 244 /230 A= 92/87CM	Kg	0.800	79.044	63.235	2.594	2.075	1056	0.845	0.120	0.101	12.000.00	
TERMINAL PVC 1/2"	Kg	0.060	79.044	4.743	2.594	0.156	1056	0.063	0.120	0.008	1.200.00	
TERMINAL PVC 3/4"	Kg	0.720	79.044	56.912	2.594	1.868	1056	0.780	0.120	0.091	49.800.00	
TOMA 2X20 CODELCA	Kg	4.000	33.025	132.100	2.608	10.433	1030	4.120	0.120	0.495	25.000.00	
TORN INOXIDABLE	Kg	6.745	79.044	533.130	2.594	17.497	1056	7.122	0.120	0.855	247.020.00	
TUBO PVC 1/2" X 3 MTS	Kg	18.000	79.044	1422.792	2.594	46.665	1056	19.008	0.120	2.282	204.000.00	
TUBO PVC 1/2" X 3 MTS	Kg	3.480	79.044	275.073	2.594	9.028	1056	3.675	0.120	0.441	37.200.00	
TUBO PVC 3/4" X 3 MTS	Kg	15.000	79.044	1185.660	2.594	38.913	1056	15.840	0.120	1.901	150.000.00	
TUBO SANIT PVC 2"	Kg	4.635	79.044	366.389	2.594	12.024	1056	4.895	0.120	0.588	80.958.00	
TUBO SANIT PVC 4"	Kg	37.080	79.044	2930.552	2.594	96.192	1056	39.156	0.120	4.700	1.023.408.00	
TUBO SANIT PVC 6"	Kg	0.160	79.044	12.547	2.594	0.415	1056	0.169	0.120	0.020	3.600.00	
UNION CON ROSCA PVC 1/2"	Kg	0.980	79.044	77.463	2.594	2.542	1056	1.035	0.120	0.124	85.732.00	
UNION DE CANAL PVC	Kg	1.960	79.044	154.926	2.594	5.085	1056	2.070	0.120	0.248	100.000.00	
UNION DE CANAL PVC A BAJANTE	Kg	0.196	79.044	15.493	2.594	0.508	1056	0.207	0.120	0.025	6.300.00	
UNION PRS PVC .1/2	Kg	0.144	79.044	11.382	2.594	0.374	1056	0.152	0.120	0.018	11.200.00	
UNION SAN PVC 2	Kg	0.700	79.044	55.331	2.594	1.816	1056	0.739	0.120	0.089	70.000.00	
UNION SAN PVC 6	Kg	0.700	79.044	55.331	2.594	1.816	1056	0.739	0.120	0.089	70.000.00	



WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315

ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS
MUROS CONFINADOS

EVALUACION AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO

15 de abril de 2021
 210415755 PGTUMACO.CONFINADOS

ANÁLISIS FACTORES DE MATERIALES		Unidad: KG										ITEM: MÓDULO
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS TOTALES X ZUVIS	F.E. ENERGÍA EMBEBIDA MJ/Kg	ENERGÍA EMBEBIDA MJ	F.E. HUELLA DE CARBONO Kg CO2/Kg	HUELLA DE CARBONO Kg CO2eq	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA T*km	F.E. TRANSPORTE Kg*CO2eq/T*km	EMISIÓN TRANSPORTE Kg*CO2eq	VALOR TOTAL X ZUVIS \$	
VALVULA UNIVERSAL 1/2"	Kg	0,072	79,044	5,691	2,594	0,187	10,556	0,076	0,120	0,009	\$ 66,000,00	
VARETA 2"x2"x3M	Kg	249,414	6,226	1552,778	0,380	94,777	40	9,977	0,120	1,198	\$ 96,648,00	
VARRILLA 1/2" L=6,00M	Kg	351,412	33,025	11605,425	2,608	916,600	1082	380,228	0,120	45,643	\$ 1,341,222,96	
VENTANA METÁLICA 0,75MX0,30M V3	Kg	40,000	28,700	1148,000	4,186	167,448	1886	75,440	0,120	9,056	\$ 400,000,00	
VENTANA METÁLICA 1,20MX1,20M V1	Kg	120,000	28,700	3444,000	4,186	502,344	1886	226,320	0,120	27,167	\$ 1,280,000,00	
VENTANA METÁLICA 2,00MX1,20M V2	Kg	110,000	28,700	3157,000	4,186	460,482	1886	207,460	0,120	24,903	\$ 1,080,000,00	
LADR COMUNISUCIO	Kg	24227,151	3,594	86837,031	0,233	5649,772	1125	27255,545	0,120	3271,756	\$ 5,491,467,56	
HIERRO 3/8" 37,000 [CH]	Kg	364,939	33,025	12052,147	2,608	951,682	1082	394,864	0,120	47,399	\$ 2,116,646,43	
HIERRO DE 60000 PSI 420 MPA	Kg	357,635	33,025	11817,547	2,608	933,353	1082	387,178	0,120	46,477	\$ 2,075,444,07	
PUNTILLA 2 CC	Kg	10,009	33,025	330,532	2,608	26,106	1030	10,309	0,120	1,237	\$ 40,034,00	
ALAMBRE NEGRO # 18	Kg	10,422	33,025	344,200	2,608	27,185	1082	11,277	0,120	1,354	\$ 60,448,93	
SEGUETA SIN MARCO	Kg	1,042	33,025	34,420	2,608	2,719	1057	1,102	0,120	0,132	\$ 35,436,11	
TABLA 1x10x3M	Kg	1793,394	6,226	11165,159	0,380	681,490	40	71,736	0,120	8,611	\$ 984,490,40	
VARETA 2"x2"x3M	Kg	380,305	6,226	2243,156	0,380	136,916	40	14,412	0,120	1,730	\$ 136,608,00	
MORTERO 1:3	Kg	14162,765	1,320	18694,576	0,199	2818,394	0	0,000	0,120	206,525	\$ 1,967,646,67	
MORTERO 1:4	Kg	4780,071	1,132	5411,041	0,270	1292,213	0	0,000	0,120	56,841	\$ 583,873,23	
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 21 MPa	Kg	11381,287	1,024	11650,644	0,125	1419,816	0	0,000	0,120	113,662	\$ 1,577,345,28	
		149615,673		302056,949		25924,049				4664,717	40,590,308,77	
		ZUVIS		EE		HC					ZUVIS	40,590,309,00
												COSTO DIRECTO



WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315

ANÁLISIS DE UNIDADES BÁSICAS
MUROS CONFINADOS

15 de abril de 2021
210415755 PGTUMACO CONFINADOS

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO


RESUMEN DE ANÁLISIS DE MATERIALES [DATOS FINALES]

ANÁLISIS DE FACTORES X GRUPO DE MATERIALES SEGÚN SU TIPO											
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS TOTALES X ZUVIS	F.E. ENERGIA EMBEBIDA MJ/Kg	ENERGIA EMBEBIDA MJ	F.E. HUELLA DE CARBONO Kg*CO2/Kg	HUELLA DE CARBONO Kg*CO2eq	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA T*Km	F.E. TRANSPORTE Kg*CO2eq/T*Km	EMISIÓN TRANSPORTE Kg*CO2eq	VALOR TOTAL X ZUVIS \$
PVC	Kg	255,901	79,044	20227,450	2,594	663,850	1056,000	270,23	0,120	32,380	3,747,071,33
ACERO	Kg	1797,243	33,025	59354,146	2,608	4887,809	1082,000	1,944,62	0,120	264,544	10,118,899,86
PINTURA	Kg	2,200	96,475	212,245	2,144	4,717	1110,000	2,44	0,120	0,260	52,420,00
ARIDOS	Kg	48037,600	0,120	5764,512	0,008	391,987	4,300	206,56	0,120	24,796	1,487,616,00
FIBROCEMENTO	Kg	1322,160	8,987	11881,811	0,594	785,033	1046,000	1,382,98	0,120	166,013	1,884,400,00
COBRE	Kg	20,220	86,783	1754,759	4,767	96,395	633,000	12,80	0,120	1,536	955,700,00
PORCELANA	Kg	111,320	25,480	2836,434	1,533	170,616	1041,000	115,88	0,120	13,907	679,400,00
MADERA	Kg	4176,599	6,226	26002,312	0,380	1587,108	40,000	167,06	0,120	20,054	3,168,958,92
MEZCLA CONCRETO 1:2.5:4+ 2500 PSI-17.5MPa	Kg	21979,773	0,750	16884,829	0,076	1670,463	-	-	0,120	194,706	1,863,477,44
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 21 MPa	Kg	28122,170	1,024	28787,728	0,125	3508,241	-	-	0,120	280,925	3,897,863,76
HIERRO GALVANIZADO	Kg	620,480	28,700	17807,776	4,186	2597,453	1082,000	671,36	0,120	140,474	4,691,500,00
LADR COMUNISUCIO	Kg	24227,151	3,584	86837,031	0,233	5649,772	1125,000	27,255,54	0,120	3271,756	5,491,487,56
MORTERO 1:3	Kg	14162,785	1,320	18694,876	0,199	2818,394	-	-	0,120	206,525	1,967,640,67
MORTERO 1:4	Kg	4760,071	1,132	5411,041	0,270	1292,213	-	-	0,120	56,841	583,873,23
		149615,673		302056,949		25924,049				4664,717	40,590,308,77
		ZUVIS		EE		HC					ZUVIS
											COSTO DIRECTO \$ 40,590,308,77
											40,590,308,00

ANÁLISIS DE FACTORES SEGÚN UNIDAD BÁSICA									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS TOTALES X ZUVIS	ENERGIA EMBEBIDA MJ	HUELLA DE CARBONO Kg*CO2eq	EMISIÓN TRANSPORTE Kg*CO2eq	VALOR TOTAL X ZUVIS \$			
CIMENTACIÓN EN MGA 20CMx40CM DE CONCRETO DE 3100 PSI REFORZADO POR MÓDULO / 80,54ML	Kg	16396,047	41786,473	3909,864	5,389	4,966,100,00			
LOSA DE CONTRARSO POR MÓDULO E=10CMAS / 96M2	Kg	68333,037	26430,032	2336,553	211,012	3,992,569,00			
SISTEMA CONVENCIONAL MUROS CONFINADOS CON COLUMNETAS Y VIGUETAS POR MÓDULO / 164,63M2	Kg	57449,240	160580,752	13939,944	3755,810	15,072,455,00			
CUBIERTA EN ASBESTO CEMENTO POR VIVIENDA A=61M2	Kg	1634,666	36280,053	2118,545	232,056	5,361,865,00			
CARPINTERÍA POR MÓDULO DE 2 VIVIENDAS	Kg	986,000	20040,114	2727,672	141,669	6,000,000,00			
INSTALACIONES SANITARIAS POR MÓDULO DE 2 VIVIENDAS	Kg	2429,657	8973,112	486,876	28,743	1,881,300,00			
INSTALACIONES HIDRÁULICA POR MÓDULO DE 2 VIVIENDAS	Kg	128,504	3635,270	219,531	1,107	1,760,400,00			
INSTALACIONES ELÉCTRICAS POR MÓDULO DE 2 VIVIENDAS	Kg	54,520	4131,144	185,163	6,121	1,553,600,00			
		149615,673	302056,949	25924,049	4381,928	40,590,308,00			
		ZUVIS	EE	HC		ZUVIS			
						COSTO DIRECTO \$ 40,590,308,77			
						40,590,308,00			

[Volver a EDI](#)

Anexo 7.2.8. Cálculo de HE de mano de obra (SISTEMA CONVENCIONAL)

 WILLIAN SOLÍS PERÉZ COD: 8924315	CÁLCULO DE HUELLA ECOLÓGICA	
	FECHA: 13 de junio de 2021 210613 PROTUMACOV001CONFINADO	
EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO		

--	--	--	--	--	--	--	--

MANO DE OBRA: CÁLCULO DE HE DE CONSUMO DE ALIMENTOS

DESCRIPCION	UND	CANT.	Nº DE PERSONAS	HORAS TRABAJADAS	VR. UNIT.	VR.TOTAL
DIRECTOR DE OBRA	HC	120,000	1,000	120,000	109.500,00	13.140.000,00
RESIDENTE	HC	240,000	1,000	240,000	85.166,67	20.440.000,00
MAESTRO DE OBRA	HC	240,000	1,000	240,000	48.666,67	11.680.000,00
SUPERVISOR	HC	240,000	1,000	240,000	39.250,00	9.420.000,00
ALMACENISTA	HC	240,000	1,000	240,000	20.933,33	5.024.000,00
SECRETARIA	HC	240,000	1,000	240,000	18.316,67	4.396.000,00
MOTORISTA	HC	240,000	1,000	240,000	18.316,67	4.396.000,00
CONTADOR	HC	120,000	1,000	120,000	48.666,67	5.840.000,00
PROFESIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD	HC	240,000	1,000	240,000	48.666,67	11.680.000,00
TRABAJADORA SOCIAL	HC	120,000	1,000	120,000	48.666,67	5.840.000,00
AUXILIAR CONTABLE	HC	240,000	1,000	240,000	28.783,33	6.908.000,00
M.O. ALBANILERIA 1 AYUDANTE	HC	1.061,173	1,000	1.061,173	8.531,00	9.052.863,86
M.O. ALBANILERIA 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	10.611,115	2,000	21.222,230	22.775,00	241.668.148,68
M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTE	HC	432,815	2,000	865,630	17.062,00	7.384.690,21
M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTE-1 OFI	HC	2.700,536	3,000	8.101,607	31.306,00	84.542.970,00
M.O. ALBANILERIA 3 AYUDANTE	HC	737,068	3,000	2.211,204	25.593,00	18.863.782,14
M.O. ALBANILERIA 3 AYUDANTE-1 OFI	HC	923,760	4,000	3.695,040	25.594,00	23.642.713,44
M.O. CARP.MADERA 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	324,000	2,000	648,000	25.624,00	8.302.176,00
M.O. CARP.TALLER 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	954,000	2,000	1.908,000	24.198,00	23.084.892,00
M.O. ELECTRICAS 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	864,000	2,000	1.728,000	31.885,00	27.548.640,00
M.O. HIDROSANIT. 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	1.512,144	2,000	3.024,288	24.201,00	36.595.396,94
M.O. PINTURA 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	36,000	2,000	72,000	24.201,00	871.236,00
MANO OBRA OFICIAL ALBANILERIA	HH	320,579	1,000	320,579	9.428,00	3.022.414,66
H TRAB					47.137,751	583.343.923,94

VALOR TOTAL INSUMOS

Teniendo en cuenta el trabajo de González Moya (2019) se toma el escenario optimista de producción (a) en el que se analiza una dieta 100% omnívora para un universo de 32'912.293 habitantes:

Huella Ecológica HE (hag)= **0,000119135 hag/persona y año**
 Dividiendo por el número de horas al año: 8760 horas
 Se obtiene: 1,35999E-08 hag/h
 Multiplicando por H TRAB = 47.137,751 horas
Huella Ecológica X Alimento= 0,000641067 hag

1



WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315

CÁLCULO DE HUELLA ECOLÓGICA

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO

FECHA: 13 de junio de 2021

210613 PROTUMACOV001CONFINADO

MANO DE OBRA: CÁLCULO DE HE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

DESCRIPCION	UND	CANT.	Nº DE PERSONAS	HORAS TRABAJADAS	VR. UNIT.	VR.TOTAL
DIRECTOR DE OBRA	HC	120,000	1,000	120,000	109.500,00	13.140.000,00
RESIDENTE	HC	240,000	1,000	240,000	85.166,67	20.440.000,00
MAESTRO DE OBRA	HC	240,000	1,000	240,000	48.666,67	11.680.000,00
SUPERVISOR	HC	240,000	1,000	240,000	39.250,00	9.420.000,00
ALMACENISTA	HC	240,000	1,000	240,000	20.933,33	5.024.000,00
SECRETARIA	HC	240,000	1,000	240,000	18.316,67	4.396.000,00
MOTORISTA	HC	240,000	1,000	240,000	18.316,67	4.396.000,00
CONTADOR	HC	120,000	1,000	120,000	48.666,67	5.840.000,00
PROFESIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD	HC	240,000	1,000	240,000	48.666,67	11.680.000,00
TRABAJADORA SOCIAL	HC	120,000	1,000	120,000	48.666,67	5.840.000,00
AUXILIAR CONTABLE	HC	240,000	1,000	240,000	28.783,33	6.908.000,00
M.O. ALBANILERIA 1 AYUDANTE	HC	1.061,173	1,000	1.061,173	8.531,00	9.052.863,86
M.O. ALBANILERIA 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	10.611,115	2,000	21.222,230	22.775,00	241.668.148,68
M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTE	HC	432,815	2,000	865,630	17.062,00	7.384.690,21
M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTE-1 OFI	HC	2.700,536	3,000	8.101,607	31.306,00	84.542.970,00
M.O. ALBANILERIA 3 AYUDANTE	HC	737,068	3,000	2.211,204	25.593,00	18.863.782,14
M.O. ALBANILERIA 3 AYUDANTE-1 OFI	HC	923,760	4,000	3.695,040	25.594,00	23.642.713,44
M.O. CARP.MADERA 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	324,000	2,000	648,000	25.624,00	8.302.176,00
M.O. CARP.TALLER 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	954,000	2,000	1.908,000	24.198,00	23.084.892,00
M.O. ELECTRICAS 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	864,000	2,000	1.728,000	31.885,00	27.548.640,00
M.O. HIDROSANIT. 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	1.512,144	2,000	3.024,288	24.201,00	36.595.396,94
M.O. PINTURA 1 AYUDANTE-1 OFI	HC	36,000	2,000	72,000	24.201,00	871.236,00
MANO OBRA OFICIAL ALBANILERIA	HH	320,579	1,000	320,579	9.428,00	3.022.414,66

H TRAB 47.137,751

583.343.923,94

Teniendo en cuenta las cifras de DANE (Departamento Nacional de Estadísticas) para la producción de residuos sólidos en el país:

Residuos Sólidos generados 2018 21.381.380,00 ton
Número de habitantes en 2018 49.834.000,00 hab
 Dividiendo por el número de personas: 0,429 ton/hab
 Dividiendo por el número de horas al año: 8760 horas
 Se obtiene: **4,89785E-05 ton/h*persona**

Huella Ecológica de Residuos Sólidos Urbanos= $HE_{RSU} = (H_{TRAB} \times R_{RSU} \times E_{RSU} \times 0,72) / A_F \times F_{EB}$


Donde:

HE_{RSU} es la huella ecológica de los residuos sólidos urbanos
H_{TRAB} es la cantidad total de horas de trabajo 47.137,751 horas
R_{RSU} es la cantidad de RSU producidos por hora de trabajo 4,89785E-05 ton/h*persona
E_{RSU} es el factor de emisión por residuo (tCO₂/t RSU) 0,244 tCO₂/t RSU
0,72 es la Reducción de emisiones a absorber, debido a la absorción por los océanos (28%) (Borucke et al., 2013). 0,72
A_F es productividad de área de absorción de carbono, o factor de absorción (tCO₂/ha) 3,59 tCO₂/h
F_{EB} es el factor de equivalencia de los bosques (hag/ha). 1,29 hag/ha

Huella Ecológica de Residuos Sólidos Urbanos= **2** 0,145744548 hag

Huella Ecológica producida por Mano de Obra= **1 + 2** = **3** 0,1463856 hag

Anexo 7.2.10. Cálculo de HE de RCD en obra (SISTEMA CONVENCIONAL)

 WILLIAN SOLÍS PERÉZ COD: 8924315	CÁLCULO DE HUELLA ECOLÓGICA	
	FECHA: 13 de junio de 2021 210613 PROTUMACOV001 CONFINADO	
EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO		

--	--	--	--	--	--	--

GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

MANO DE OBRA: CÁLCULO DE HE DE CONSUMO DE ALIMENTOS

DESCRIPCION	UND	CANT.	N° DE PERSONAS	HORAS TRABAJADAS	VR. UNIT.	VR.TOTAL
M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTES	HC	384,000	2,000	768,000	17.062,00	6.551.808,00
MANO OBRA OFICIAL ALBANILERIA	HH	230,400	1,000	230,400	9.428,00	2.172.211,20
H TRAB				998,400		8.724.019,20

VALOR TOTAL INSUMOS	
----------------------------	--

Teniendo en cuenta el trabajo de González Moya (2019) se toma el escenario optimista de producción (a) en el que se analiza una dieta 100% omnívora para un universo de 32'912.293 habitantes:

Huella Ecológica HE (hag)=	0,000119135 hag/persona y año
Dividiendo por el número de horas al año:	8760 horas
Se obtiene:	1,35999E-08 hag/h
Multiplicando por H TRAB =	998,400 horas
Huella Ecológica X Alimento=	1,35781E-05 hag

1

MANO DE OBRA: CÁLCULO DE HE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA GRCD

DESCRIPCION	UND	CANT.	N° DE PERSONAS	HORAS TRABAJADAS	VR. UNIT.	VR.TOTAL
M.O. ALBANILERIA 2 AYUDANTE	HC	384,000	2,000	768,000	17.062,00	6.551.808,00
MANO OBRA OFICIAL ALBANILERIA	HH	230,400	1,000	230,400	9.428,00	2.172.211,20
H TRAB				998,400		8.724.019,20

Teniendo en cuenta las cifras de DANE (Departamento Nacional de Estadísticas) para la producción de residuos sólidos en el país:

Residuos Sólidos generados 2018	21.381.380,00 ton
Número de habitantes en 2018	49.834.000,00 hab
Dividiendo por el número de personas:	0,429 ton/hab
Dividiendo por el número de horas al año:	8760 horas
Se obtiene:	4,89785E-05 ton/h*persona

$$\text{Huella Ecológica de Residuos Sólidos Urbanos} = H_{\text{RSU}} = (H_{\text{TRAB}} \times R_{\text{RSU}} \times E_{\text{RSU}} \times 0,72) / A_{\text{F}} \times F_{\text{EB}}$$

Donde:

HE_{RSU} es la huella ecológica de los residuos sólidos urbanos

H_{TRAB} es la cantidad total de horas de trabajo

998,400 horas

R_{RSU} es la cantidad de RSU producidos por hora de trabajo

4,89785E-05 ton/h*persona

E_{RSU} es el factor de emisión por residuo (tCO2/t RSU)

0,244 tCO2/t RSU

0,72 es la Reducción de emisiones a absorber, debido a la absorción por los océanos (28%) (Borucke et al., 2013).

0,72

A_F es productividad de área de absorción de carbono, o factor de absorción (tCO2/ha)

3,59 tCO2/ha

F_{EB} es el factor de equivalencia de los bosques (hag/ha).

1,29 hag/ha

Huella Ecológica de Residuos Sólidos Urbanos=	2		0,003086939 hag
--	----------	--	------------------------

Huella Ecológica X Mano de Obra de GRCD	1 + 2	=	3	0,003100517 hag
--	--------------	----------	----------	------------------------



WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315

CÁLCULO DE HUELLA ECOLÓGICA

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO

FECHA: 13 de junio de 2021

210613 PROTUMACOV001 CONFINADO

CÁLCULO DE HE PRODUCIDA POR TRANSPORTE DE RCD

CONSIDERACIONES:

1. Las longitudes a los votaderos no son mayores a 10km por ende se asumen recorridos de ida y regreso de volquetas no mayores a 20km por viaje, considerando el límite superior Lx=20km.
2. Para el cálculo volumétrico de RCD se tienen en cuenta los índices encontrados en la literatura que más se acercan a las tipologías de los proyectos del estudio de caso.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PESOS RCD X 2UVIS Kg	DISTANCIA A OBRA Km	PESO X DISTANCIA T*KM	F.E. TRANSPORTE Kg*CO2eq/T*Km	EMISIÓN TRANSPORTE RCD Kg*CO2eq
ÁRIDOS	Kg	480,376	20,00	9,608	0,120	1,153
ASBESTO CEMENTO	Kg	66,108	20,00	1,322	0,120	0,159
PINTURA	Kg	0,011	20,00	0,000	0,120	0,000
COBRE	Kg	0,674	20,00	0,013	0,120	0,002
ACERO	Kg	49,125	20,00	0,982	0,120	0,118
HIERRO GALVANIZADO	Kg	6,205	20,00	0,124	0,120	0,015
MADERA	Kg	208,830	20,00	4,177	0,120	0,501
MEZCLA CONCRETO 1:2.5:4« 2500 PSI-17.5MPa	Kg	989,090	20,00	19,782	0,120	2,374
MEZCLA CONCRETO 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	Kg	1265,498	20,00	25,310	0,120	3,037
PORCELANA	Kg	1,670	20,00	0,033	0,120	0,004
PVC	Kg	1,305	20,00	0,026	0,120	0,003

3068,891

HC=

7,365 Kg*CO2eq

SON 36 MÓDULOS

0,265 Ton*CO2eq

0,72 es la Reducción de emisiones a absorber, debido a la absorción por los océanos (28%) (Borucke et al., 2013).

A_F es productividad de área de absorción de carbono, o factor de absorción (tCO2/ha)

F_{EB} es el factor de equivalencia de los bosques (hag/ha).

0,72

3,59 tCO2/ha

1,29 hag/ha

Huella Ecológica X Transporte de RCD

4

0,068600 hag


Huella Ecológica producida por la GRCD =

3 + 4

=

5

0,071700 hag

	WILLIAN SOLÍS PERÉZ COD: 8924315	CÁLCULO DE HUELLA ECOLÓGICA
	EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO	
		FECHA: 13 de junio de 2021
		210613 PROTUMACOV001CONFINADO72

CONSUMOS INDIRECTOS

CONSUMO ELÉCTRICO DEL PROYECTO:

Para el cálculo del consumo eléctrico en obra según la metodología planteada (por González 2017) se requiere tener los siguientes datos base:

1. Consumo eléctrico de la obra:

Para hallar el consumo eléctrico de la obra se ha tenido en cuenta los consumos producidos por las oficinas, bodegas, comedores y vestuarios (denominados **consumos de energía eléctrica del campamento**)

También se tuvo en cuenta el consumo de la iluminación de la obra.

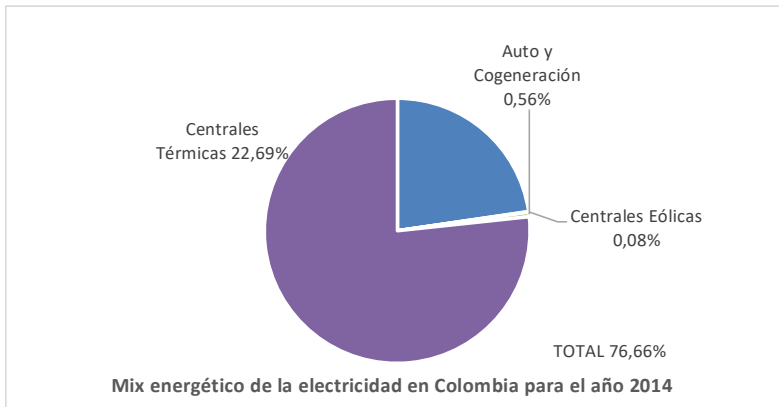
Utilizando el simulador de CEDENAR (Centrales Eléctricas de Nariño S.A. E.S.P) se obtuvo:

Consumos de energía eléctrica de campamento aprox = **1088 kWh**

2. Factor de emisión de kg de CO2 por cada kWh de electricidad consumida:

Una vez que obtiene el consumo en kW, se necesita el factor de emisiones de la electricidad para el año de construcción del proyecto y dependerá del mix energético de la electricidad del año en cada país.

Para Colombia, según la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) en el año 2014 la contribución al SIN (Sistema de Interconexión Nacional) mostró un comportamiento de acuerdo a la gráfica:



MEDIO DE GENERACIÓN	AÑO 2014
Centrales Hidroeléctricas	44.742
Centrales Térmicas	19.044
Centrales Eólicas	70
Auto y Cogeneración	472
TOTAL	64.328

El mayor porcentaje generado se debe a la energía producida por la centrales hidroeléctricas con un aporte de 69,55%, seguida de la generación producida por las centrales térmicas con el 29,60% y las de menor aporte generadas por las centrales eólicas y la auto y cogeneración con 0,11% y 0,73% respectivamente.

Las emisiones correspondiente para el 2014 son de 0,194 tCO₂/MWh = **0,000194 tCO₂/kWh**

Teniendo en cuenta que el dato calculado por el UPME tiene en cuenta las perdidas por transporte de energía desde el origen hasta el punto de consumo final no se le hace reducción por pérdidas.

Huella Ecológica de la electricidad =

$$HE_{elec} = C_{elec} E_{elec} \left(\frac{1 - A_{oc}}{A_b} \right) FE_b$$

donde:



WILLIAN SOLÍS PERÉZ
COD: 8924315

CÁLCULO DE HUELLA ECOLÓGICA

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO

FECHA: 13 de junio de 2021

210613 PROTUMACOV001CONFINADO72

HE_{elec} es la huella ecológica de la electricidad (hag)

C_{elec} es el consumo eléctrico (kWh)

1088 kWh

E_{elec} es el factor de emisión de la electricidad

0,000194 tCO₂/kWh

A_{oc} es la reducción de emisiones debido a la absorción de los océanos

0,72

Ab es el factor de absorción de los bosques (tCO₂/ha)

3,59 tCO₂/ha

FE_b es el factor de equivalencia de los bosques (hag/ha).

1,29 hag/ha

Huella Ecológica producida por la electricidad

0,054608 hag

CONSUMO DE AGUA DEL PROYECTO:

Para ser consecuentes con la metodología para el cálculo de HE de la construcción hasta ahora implementada, se siguen las recomendaciones de (Freire 2017) contabilizar la energía producida para poder consumir el agua en obra (teniendo en cuenta su uso tanto en los componente directos como en los componentes indirectos del presupuesto)

En consecuencia se requiere tener:

1. La cantidad de agua consumida en obra se realiza teniendo en cuenta dos consideraciones:

La cantidad de agua que se consume en los procesos de producción de concretos y morteros calculada a partir de las cantidades obtenidas de los Análisis de Precios Unitarios del presupuestos.

DESCRIPCION	UND	CANT.	VR. UNIT.	VR.TOTAL
AGUA	LTS	178.777,831	19,00	3.396.778,79

178,778 M3

La cantidad de agua que se consume en los baños y áreas de servicio de oficinas, bodegas, comedores y riegos (denominada **consumo de agua de campamento**), teniendo en cuenta para su cálculo la Resolución 549 de 2015 y sus anexos para clima cálido húmedo que determina para oficina un consumo base de 45,8 lts/pers/día.

Consumo de agua de campamento aprox = **192,36 m3**

Cantidad de agua consumida en obra = **371,138 m3**

Huella ecológica del agua = $HE_{agua} = C_{agua} I E_{agua} E_{elec} \left(\frac{1 - A_{oc}}{A_b} \right) F E_b$ donde;

HE_{agua} es la huella ecológica producida por el consumo de agua en el proyecto

C_{agua} es el consumo de agua del proyecto (M3)

371,138 M3

0,44 kWh/M3

IE_{agua} es la intensidad energética de consumo de agua (0,44 kWh/M3) (Freire 2017)

E_{elec} es el factor de emisión de la electricidad (tCO₂/kWh)

0,000194 tCO₂/kWh

A_{oc} es la reducción de emisiones debido a la absorción de los océanos

0,72

Ab es el factor de absorción de los bosques (tCO₂/ha)

3,59 tCO₂/ha


FE_b es el factor de equivalencia de los bosques (hag/ha).

1,29 hag/ha

Huella Ecológica producida por el agua

0,008196 hag

Anexo 7.2.12. Cálculo de HE SUPERFICIE (SISTEMA CONVENCIONAL)

	WILLIAN SOLÍS PERÉZ COD: 8924315	CÁLCULO DE HUELLA ECOLÓGICA	
		EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO	FECHA: 13 de junio de 2021 210613 PROTUMACOV001 CONFINADO

--	--	--	--

CONSUMOS INDIRECTOS

SUPERFICIE CONSUMIDA

Los autores con mayor influencia en este estudio (Rivero 2020, Freire 2017, Solis 2010 & Gonzalez 2017), convergen que debe ser analizada la superficie de terreno que ocupa la edificación debido a que, durante las etapas de construcción, uso y deconstrucción, estará permanentemente ocupada y no podrá ser cultivada.

El cálculo de la superficie consumida se hizo de forma directa a partir de los planos *as built* del proyecto que fueron proporcionados por la firma constructora HMC.

$$S = \sum Ati \times n$$

S es el área total de viviendas del proyecto

Ati es el área de 1 UVIS (Unidad de Vivienda de Interés Social) (M2)

n es el número de viviendas del proyecto

48 M2

72

3.456,00 M2

Área Total en (ha)

0,03456 ha

Huella ecológica producida por la superficie consumida = $HE_{sup} = S \times FE_x$ donde;

HE_{sup} es la huella ecológica producida por la superficie consumida (Hag)

S es el área total de viviendas del proyecto (ha)

FE_b es el factor de equivalencia de los bosques (hag/ha).


0,03456 ha

1,29 hag/ha

Huella Ecológica producida por la superficie

0,044582 hag

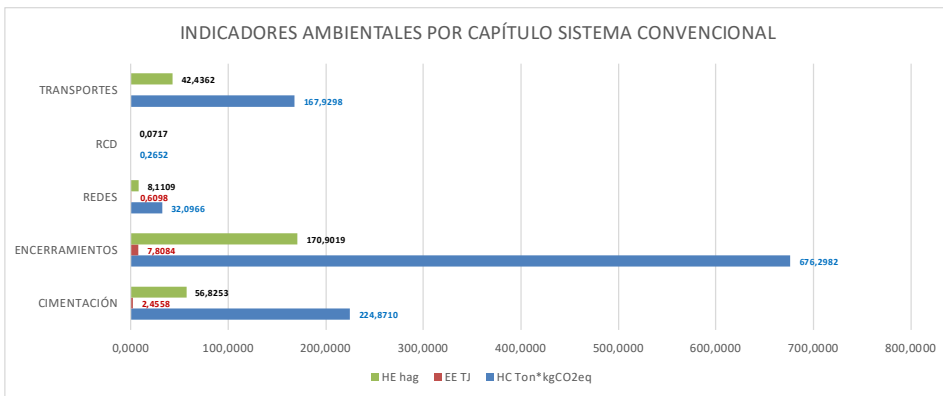
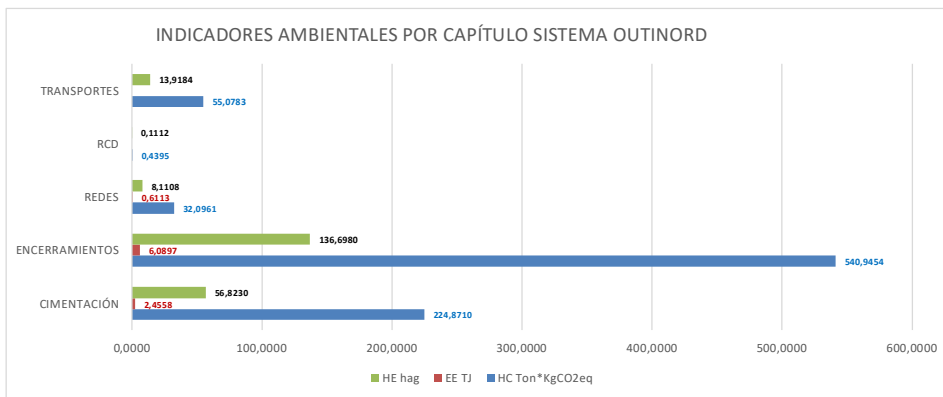
Anexo 7.3. Resumen de huellas del proyecto

 WILLIAN SOLÍS PERÉZ COD: 8924315	CÁLCULO DE HUELLA ECOLÓGICA	
	RESUMEN	FECHA: 13 de junio de 2021 210606 PROTUMACOV001OUTNORD

EVALUACIÓN AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE TUMACO, NARIÑO	
---	--

DESCRIPCIÓN	PROYECTO OUTNORD				PROYECTO CONVENCIONAL			
	HC	EE	HE TOTAL	HE 2UVIS	HC	EE	HE TOTAL	HE 2UVIS
MATERIALES	853,4209828		215,6612974	5,990591595	1101,460742		278,345973	7,731832584
FABRICACIÓN	797,9031523	9.156.731,36	201,6316824	5,600880066	933,2657816	10.874.050,17	235,8380827	6,551057854
TRANSPORTE	55,07830634		13,91839541	0,386622095	167,9298081		42,43618996	1,178783054
RCD	0,439524153		0,111219645	0,003089435	0,265152157		0,071700328	0,001991676
MANO DE OBRA			0,161044549	0,004473460			0,146385615	0,004066267
ALIMENTOS			0,000705263	1,95906E-05			0,000641067	1,78074E-05
RSU	0,619743796		0,160339286	0,004453869	0,56333218		0,145744548	0,00404846
EQUIPOS	6,439659313		1,666060047	0,046279446	6,503862732		1,68267067	0,046740852
A COMBUSTIBLES	4,149550959		1,073566276	0,029821285	4,149535101		1,073562173	0,029821171
ELÉCTRICOS	2,290108355		0,592493772	0,016458160	2,354327631		0,609108497	0,01691968
ELECTRICIDAD	0,211072		0,054608266	0,001516896	0,211072		0,054608266	0,001516896
AGUA	0,032881184		0,008506976	0,000236305	0,03168034		0,008196295	0,000227675
SUPERFICIE			0,044582400	0,001238400			0,0445824	0,0012384
RESUMEN DEL PROYECTO			217,5960997	6,04433610			280,2824163	7,78562267

DESCRIPCIÓN	PROYECTO OUTNORD				PROYECTO CONVENCIONAL			
	HC Ton*CO _{2eq}	EE TJ	HE TOTAL hag	HE 2UVIS hag	HC Ton*CO _{2eq}	EE TJ	HE TOTAL hag	HE 2UVIS hag
CIMENTACIÓN	224,8710	2,4558	56,8230	1,5784	224,8710	2,4558	56,8253	1,5785
ENCERRAMIENTOS	540,9454	6,0897	136,6980	3,7972	676,2982	7,8084	170,9019	4,7473
REDES	32,0961	0,6113	8,1108	0,2253	32,0966	0,6098	8,1109	0,2253
RCD	0,4395		0,1112	0,0031	0,2652		0,0717	0,0020
TRANSPORTES	55,0783		13,9184	0,3866	167,9298		42,4362	1,1788
PROYECTO UVIS	853,4304	9,1568	215,6613	5,9906	1.101,4607	10,8741	278,3460	7,7318



ANEXO 3: GLOSARIO DE TÉRMINOS ESPECIALES

ACV (Análisis del Ciclo de Vida): consiste en un análisis de los impactos ambientales potenciales que, tanto en la utilización de recursos como en las consecuencias de las emisiones, se producen a lo largo del ciclo de vida de un producto o sistema de producción. (García-Erviti et al., 2015).

BCCA (Base de Costes de Construcción de Andalucía): base de costes que surgió con la intención de que todos los profesionales de la construcción utilizaran el mismo léxico, a fin de buscar un mejor entendimiento y de evitar situaciones conflictivas., fue creada con niveles claramente definidos, en los que desde el vértice de la jerarquía se desciende hacia los niveles inferiores, fraccionando cada grupo en subgrupos de características homogéneas. (Freire, 2017).

CO2 equivalente (CO2eq): es el término utilizado para denotar la equivalencia de las emisiones emitidas por un material con el factor de caracterización de acuerdo a su categoría de impacto. (Ihobe, 2009).

CVE (Ciclo de Vida del Edificio): sistema definido en tres fases: construcción, uso y demolición, considerando incluido, en la fase de construcción, el transporte, los RCDs y los trabajos de renovación del edificio. (Gonzalez-Vallejo, 2017).

EDT (Estructura de Desglose de Trabajo): es una especie de organigrama jerárquico del proyecto donde se subdivide el mismo en menores componentes. El nivel más bajo de cada división se denomina “paquete de trabajo”. (P Lledó, 2013).

Energía Embebida: la energía embebida o contenida de un material o de un producto es la sumatoria de la energía necesaria para la fabricación del producto. (Diaz-Rubio, 2011).

Factor de absorción: representa las hectáreas de bosques necesarias para la absorción de CO₂ por unidad de energía producida. (Solís-Guzmán, 2010).

Factor de caracterización: representan la contribución de una sustancia a una determinada categoría de impacto en relación a la sustancia de referencia en dicha categoría. (Ihobe, 2009)

Factor de emisiones: representa la emisión de CO₂ por gigajulio de energía producida. (Solís-Guzmán, 2010).

Factor de productividad: permite la transformación de un dato de consumo en superficie. Este factor de equivalencia compara la productividad de cada categoría de territorio respecto a un tipo de territorio hipotético cuya productividad biológica sea la media mundial de todos los territorios. (Gonzalez-Vallejo, 2017).

GEI (Gases efecto invernadero): son componentes gaseosos de la atmósfera tanto naturales como antropógenos, que absorben y remiten radiación infrarroja. Los principales GEI en la atmósfera terrestre son: el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃). (Álvarez et al., 2020)

GRC: Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.

Huella de Carbono: es la cantidad total de emisiones de CO₂ que son directamente o indirectamente causadas por una actividad o acumuladas en las fases del ciclo de vida de un producto. (Minx & Wiedmann, 2007).

Huella Ecológica: es la extensión de tierra que sería necesaria para suministrar los recursos (cereales, pienso, leña, pescado y terreno urbano) y absorber las emisiones (CO₂) de la sociedad mundial. (Solís-Guzmán, 2010).

ICV (Inventario del Ciclo de Vida): el análisis de inventario comprende la recolección de datos y procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas pertinentes de un sistema de producción (ISO 14040-2006). (Muñoz & Quiroz, 2014).

Metano (CH₄): es el segundo gas efecto invernadero en importancia en el calentamiento global. Se produce de manera natural por la putrefacción anaeróbica de las plantas. Su fórmula química está formada por un átomo de carbono por cuatro átomos de hidrógeno. (Álvarez et al., 2020)

Óxido Nitroso (N₂O): es el tercer gas efecto invernadero en importancia en el calentamiento global. Se produce de manera natural por la descomposición de compuestos nitrogenados. Su fórmula química está formada por dos átomos de nitrógeno por cada átomo de oxígeno. (Álvarez et al., 2020).

RCD (Residuos de Construcción y Demolición): Son los residuos sólidos provenientes de las actividades de excavación, construcción, demolición, reparaciones o mejoras locativas de obras civiles o de otras actividades conexas. (Resolución 472 de 2017).

UBE (Unidad Básica de Estudio): la Unidad Básica de Estudio son los paquetes de trabajo definidos a partir de la EDT para hacer los análisis de costes ambientales por cada sistema constructivo de este informe.