

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**ESTIMACIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA EN LA ETAPA DE
CONSTRUCCIÓN DE DOS EDIFICIOS MULTIFAMILIARES EN LA
CIUDAD DE CHICLAYO, LAMBAYEQUE 2020**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

HUGO ULISES CUBAS DIAZ

ASESOR

CARMEN CHILON MUÑOZ

<https://orcid.org/0000-0002-7644-4201>

Chiclayo, 2021

**ESTIMACIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA EN LA ETAPA
DE CONSTRUCCIÓN DE DOS EDIFICIOS
MULTIFAMILIARES EN LA CIUDAD DE CHICLAYO,
LAMBAYEQUE 2020**

PRESENTADA POR:

HUGO ULISES CUBAS DIAZ

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR:

Justo David Pedraza Franco
PRESIDENTE

Héctor Augusto Gamarra Uceda
SECRETARIO

Carmen Chilon Muñoz
VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres.

Que, con su esfuerzo y trabajo,
son el motor y motivo de todo lo que logro día con día.

Que, con su paciencia y amor incondicional,
son el soporte de este trabajo y de mi persona.

Que, con sus consejos y confianza,
lograron calar y renovarme para bien.

Que, a pesar de todo, perdonan y dan sin interés,
buscando siempre lo mejor para mí,

nunca podré resarcir tanta entrega y amor,

les agradezco por la inmensa felicidad que me dan,

los amo con todo el corazón.

Esto es para ustedes: Julia Díaz Tapia y Sergio Cubas Villanueva.

A mi segunda familia.

Oswaldo González, Claribel Cubas, Yohana, Elizabeth y Julia,
por la acogida y las inmensas oportunidades de creer en mí.

Los quiero mucho.

A mis hermanos.

Moisés, Claribel, Nancy, Ana y Medalith,

Por enseñarme a no rendirme, a tener paciencia,

y a perseverar en mis objetivos.

Los quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

A Dios,

por ser quien guía el destino de mi vida,
y que, con su bondad y amor,
iluminó mi camino para lograr mis objetivos.

A mis cuñados y cuñada,

Que, con su granito de arena y sin interés,
sumaron para que este trabajo sea realidad.

Al Ing. Pablo Molinero,

Por haberme facilitado medios,
para lograr desarrollar este tema,
que Dios y Josemaría Escrivá lo bendiga siempre.

A mi asesor,

Por estar de inicio a fin en el desarrollo de este trabajo,
que, con sus aportes, observaciones y recomendaciones,
dio calidad al presente trabajo.

RESUMEN

La presente tesis tiene como meta principal estimar la huella ecológica en la etapa de construcción de dos edificaciones multifamiliares en la ciudad de Chiclayo, mediante la adaptación y aplicación de procedimientos para el computo de las huellas de los consumos directos (Energía y agua), huella de los consumos indirectos (alimentos, movilidad, y materiales de construcción), huella de la generación de residuos y huella de la superficie construida de los proyectos durante su fase de construcción, utilizando como instrumento principal al expediente técnico de cada proyecto. Al finalizar el trabajo se pudo constatar que, para lograr mitigar los impactos calculados por el indicador de huella ecológica de un edificio multifamiliar en Chiclayo se requiere consumir entre 4 a 6 veces la superficie del cercado de Chiclayo. Además, el consumo de acero, cemento y ladrillo son los 3 materiales cuya participación sobre la huella ecológica son más desfavorables, y por último recomendar la utilización de una alternativa de gestión que permita disminuir la huella ecológica estimada.

PALABRAS CLAVE: Huella ecológica, consumos directos, consumos indirectos, residuos, superficie construida.

ABSTRACT

The main goal of this thesis is to estimate the ecological footprint in the construction stage of two multifamily buildings in the city of Chiclayo, by adapting and applying procedures to calculate the footprint of direct consumption (Energy and water), footprint of indirect consumption (food, mobility, and construction materials), footprint of waste generation and footprint of the built surface of the projects during their construction phase, using the technical file of each project as the main instrument. At the end of the work, it was found that, to mitigate the impacts calculated by the ecological footprint indicator of a multifamily building in Chiclayo, it is necessary to consume between 4 to 6 times the surface of the Chiclayo fence. In addition, the consumption of steel, cement and brick are the 3 materials whose participation in the ecological footprint is the most unfavorable, and finally to recommend the use of a management alternative that allows to reduce the estimated ecological footprint.

KEYWORDS: Ecological footprint, direct consumption, indirect consumption, waste, built surface.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	15
II. MARCO TEÓRICO	19
2.1 Antecedentes del problema	19
2.2 Bases Teórico Científicas.....	23
2.2.1 Marco Legal.....	23
2.2.2 Fundamentos Teóricos.....	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS	44
3.1 Tipo de investigación	44
3.2 Diseño de la investigación.....	44
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	44
3.3.1 Técnicas	44
3.3.2 Instrumentos	45
3.4 Procedimientos	47
3.4.1 Huella del consumo de energía.....	49
3.4.2 Huella del consumo de agua en obra	51
3.4.3 Huella del consumo de alimentos	51
3.4.4 Huella de movilidad.....	53
3.4.5 Huella de materiales de construcción	54
3.4.6 Huella de los Residuos	57
3.4.7 Huella de la superficie construida	59
3.4.8 Huella total	59
3.5 Plan de procesamiento y análisis de datos	61
3.5.1 Fase I: Recopilación de información	61
3.5.2 Fase II: Cálculo de la huella ecológica	61
3.5.3 Fase III: Resultados	61
3.5.4 Fase IV: Informe final	62
3.6 Consideraciones éticas	62

IV. RESULTADOS	63
4.1 Caso aplicativo 01	63
4.1.1 Del terreno	63
4.1.2 Linderos	63
4.1.3 Perímetros y superficie	63
4.1.4 Del proyecto	63
4.2 Caso aplicativo 02	67
4.2.1 Del terreno	67
4.2.2 Linderos	67
4.2.3 Perímetros y superficie	67
4.2.4 Del proyecto	67
4.3 Determinación de la huella ecológica.	70
4.3.1 Huella del consumo de energía.....	70
4.3.2 Huella del consumo de agua en obra	78
4.3.3 Huella del consumo de alimentos.....	83
4.3.4 Huella de movilidad.....	98
4.3.5 Huella de materiales de construcción.	107
4.3.6 Huella de los residuos.....	119
4.3.7 Huella de superficie construida.	130
4.3.8 Huella ecológica total.	132
V. CONCLUSIONES.....	136
VI. RECOMENDACIONES	139
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141
VIII. ANEXOS.....	145

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: Factores de equivalencia por tipo de área productiva	30
TABLA 2: Energía Incorporada de materiales de construcción de vivienda multifamiliar	36
TABLA 3: Tipos de impactos según evolución de la calidad ambiental del medio.....	38
TABLA 4: Tipos de impactos según su intensidad	39
TABLA 5: Tipos de impactos según su extensión	40
TABLA 6: Tipos de impactos según el momento en que se manifiesta.....	40
TABLA 7: Tipos de impactos según su capacidad de recuperación	41
TABLA 8: Tipos de impacto según su periodicidad	42
TABLA 9: Tipos de impactos según la Relación causa efecto	42
TABLA 10: Tipos de impactos según la necesidad de aplicación de medidas correctoras	43
TABLA 11: Área techada por nivel caso aplicativo 01.....	63
TABLA 12: Área techada por nivel caso aplicativo 02.....	67
TABLA 13: Cálculo de energía eléctrica consumida por hm de equipo utilizado en caso aplicativo 01	73
TABLA 14: Cálculo de energía eléctrica consumida por hm de equipo utilizado en caso aplicativo 02	73
TABLA 15: Parámetros y huella ecológica de energía eléctrica según caso aplicativo.....	75
TABLA 16: Cálculo de combustible consumido por hm de equipo utilizado en caso aplicativo 01	76
TABLA 17: Cálculo de combustible consumido por hm de equipo utilizado en caso aplicativo 02	76
TABLA 18: Parámetros y huella ecológica de combustible según caso aplicativo	77
TABLA 19: Huella ecológica del consumo de energía.....	78
TABLA 20: Consumo de agua por especialidad caso aplicativo 01	80
TABLA 21: Consumo de agua por especialidad caso aplicativo 02	80
TABLA 22: Volumen de agua para aseo de personal de caso aplicativo 01.....	81
TABLA 23: Volumen de agua para aseo de personal de caso aplicativo 02.....	81
TABLA 24: Huella ecológica ponderada al agua.....	82
TABLA 25: Consumo de alimentos en tn por cada 1000 soles de gasto	86
TABLA 26: Número de horas de mano de obra directa de caso aplicativo 01	87
TABLA 27: Número de horas de mano de obra indirecta de caso aplicativo 01	87
TABLA 28: Horas totales de acuerdo a costo medio de cuadrilla para caso aplicativo 01.....	88

TABLA 29: Número de horas por tipo de personal de caso aplicativo 02.....	88
TABLA 30: Clasificación de alimentos por tipo de superficie consumida.....	90
TABLA 31: Resumen de parámetros de huella de alimentos	94
TABLA 32: Cálculo de huella fósil de alimentos casos aplicativos 01 y 02	95
TABLA 33: Cálculo de huella de tierras de pastoreo de alimentos casos aplicativos 01 y 02.	95
TABLA 34: Cálculo de huella de tierras agrícolas de alimentos casos aplicativos 01 y 02. ..	95
TABLA 35: Resumen de huellas parciales de casos aplicativos 01 y 02.....	96
TABLA 36: Huella ponderada y total del consumo de alimentos por caso aplicativo.	97
TABLA 37: Consumo de combustible por tipo de vehículo y combustible.	99
TABLA 38: Total de horas trabajadas, tipo de vehículo, participación y ocupación de vehículos.....	102
TABLA 39: Distancia media de caso aplicativo 01	103
TABLA 40: Distancia media de caso aplicativo 02	103
TABLA 41: Cálculos por tipo de vehículo del caso aplicativo 01	105
TABLA 42: Cálculos por tipo de vehículo del caso aplicativo 02.....	105
TABLA 43: Huella ecológica de movilidad.....	106
TABLA 44: Algunas energías incorporadas calculadas por tipo de material de caso aplicativo 01.....	115
TABLA 45: Huellas ecológicas por caso aplicativo	116
TABLA 46: Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios por departamento.	121
TABLA 47: Peso total de residuos sólidos urbanos (RSU).....	125
TABLA 48: Peso de RSU por tipo generado.	125
TABLA 49: Volumen total de RCD para el caso aplicativo 01.	127
TABLA 50: Volumen total de RCD para el caso aplicativo 02	127
TABLA 51: Cálculo de Índices de conversión por tipo de residuo.....	128
TABLA 52: Huella ecológica de residuos del caso aplicativo 01.	129
TABLA 53: Huella ecológica de residuos del caso aplicativo 02.....	129
TABLA 54: Huella ecológica total para caso aplicativo 01.....	133
ABLA 55: Huella ecológica total respecto al área construida total del caso aplicativo 01. ..	133
TABLA 56: Huella ecológica total para caso aplicativo 02.....	134
TABLA 57: Huella ecológica total respecto al área construida total del caso aplicativo 02.	134

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: Procedimiento general para estimar la huella ecológica.....	48
GRÁFICO 2: Procedimiento para la estimación de la huella asociada al consumo de energía	50
GRÁFICO 3: Procedimiento para la estimación de la huella asociada al consumo de agua. .	52
GRÁFICO 4: Procedimiento para la estimación de la huella asociada al consumo de alimentos.	53
GRÁFICO 5: Procedimiento para la estimación de la huella asociada al uso de movilidad..	55
GRÁFICO 6: Procedimiento para la estimación de la huella asociada al consumo de materiales de construcción.	56
GRÁFICO 7: Procedimiento para la estimación de la huella asociada a los residuos	58
GRÁFICO 8: Procedimiento para la estimación de la huella asociada a la superficie construida	60
GRÁFICO 9: Energía primaria destinada a los centros de transformación.....	71
GRÁFICO 10: Factores de eficiencia para producción de electricidad	72
GRÁFICO 11: Consumo final de energía por sectores 2017-2018.....	72
GRÁFICO 12: Huella de energía eléctrica (hag)	75
GRÁFICO 13: Huella del consumo de combustible (hag).....	77
GRÁFICO 14: Hectáreas globales de consumo de energía por casos aplicativos	78
GRÁFICO 15: Hectáreas globales de consumo de agua por casos aplicativos.....	82
GRÁFICO 16: Alimentar al mundo, cuidar al planeta.....	84
GRÁFICO 17: Productividad natural, energética e intensidad energética.	85
GRÁFICO 18: Composición de un menú promedio en la ciudad de Chiclayo.....	86
GRÁFICO 19: Huellas parciales de alimentos de casos aplicativos 01 y 02	96
GRÁFICO 20: Comparación de huellas de alimentos entre casos aplicativos.....	97
GRÁFICO 21: Consumo final de energía por sectores	98
GRÁFICO 22: Participación de fuentes de energía en el consumo final nacional 2018.....	99
GRÁFICO 23: Huella ecológica de movilidad por tipo de edificación.....	100
GRÁFICO 24: Huella de movilidad (hag).....	106
GRÁFICO 25: Huellas ecológicas parciales y totales por vivienda y persona según número de plantas.....	107
GRÁFICO 26: Huella de caso práctico de 620.256 m ²	108
GRÁFICO 27: Resultados de huella por tipo de material	108

GRÁFICO 28: Huella ecológica de materiales de construcción de proyecto de 16014.92 m ²	110
GRÁFICO 29: Materiales de construcción.....	110
GRÁFICO 30: Energía incorporada de materiales de construcción mostrados en [9] (1/3)	111
GRÁFICO 31: Energía incorporada de materiales de construcción mostrados en [9] (2/3)	111
GRÁFICO 32: Energía incorporada de materiales de construcción mostrados en [9] (3/3)	112
GRÁFICO 33: Huellas ecológicas por caso aplicativo	116
GRÁFICO 34: Participación de la energía por tipo de material del caso aplicativo 02.....	117
GRÁFICO 35: Participación de la energía por tipo de material del caso aplicativo 01	118
GRÁFICO 36: Porcentaje de la composición de RSU en La victoria.....	119
GRÁFICO 37: Porcentaje de la composición de RSU en Pimentel	120
GRÁFICO 38: Porcentaje de la composición de RCD en Chiclayo.	120
GRÁFICO 39: Porcentaje de Reciclaje de RSU.....	123
GRÁFICO 40: Porcentaje de recuperación de energía por reciclaje.....	123
GRÁFICO 41: Ratio de RCD en m ³ /m ² por tipología de obra (España).	126
GRÁFICO 42: Ratio de RCD en m ³ /m ² por tipología de obra (Colombia y Chile).....	126
GRÁFICO 43: Huellas ecológicas por casos aplicativos	130
GRÁFICO 44: Factores de equivalencia por tipo de área	131
GRÁFICO 45: Hectáreas globales de superficie construida por caso aplicativo	132
GRÁFICO 46: Programa de vivienda con línea de balance.	135

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: PERÚ: Participación del Sector Construcción en el PBI Global:1996-2018.....	145
ANEXO 2: PERÚ: Evolución mensual de la Producción de la Actividad Construcción, 2016-2018.....	145
ANEXO 3: PERÚ: Licencias de Edificación para Viviendas multifamiliares, según departamento, 2017.....	146
ANEXO 4: PERÚ: Principales Insumos del Sector Construcción, por año, según indicador, 2012-2018.....	147
ANEXO 5: Licencias para la construcción otorgadas por la municipalidad por tipo, según departamento, 2017.....	148
ANEXO 6: Propuesta de tipologías de viviendas (1-5).....	149
ANEXO 7: Propuesta de tipología de viviendas (6-10).....	149
ANEXO 8: Distancia recorrida del tipo privada (José L.O - Caso aplicativo 01).....	150
ANEXO 9: Distancia recorrida del tipo público (José L.O - Caso aplicativo 01).....	150
ANEXO 10: Distancia recorrida del tipo privado (La Victoria - Caso aplicativo 01).....	151
ANEXO 11: Distancia recorrida del tipo público (La Victoria - Caso aplicativo 01).....	151
ANEXO 12: Distancia recorrida del tipo privado (Cruz de la Esperanza- Caso aplicativo 01).....	152
ANEXO 13: Distancia recorrida del tipo público (Cruz de la Esperanza- Caso aplicativo 01).....	152
ANEXO 14: Distancia recorrida del tipo privado (San Antonio- Caso aplicativo 01).....	153
ANEXO 15: Distancia recorrida del tipo público (San Antonio- Caso aplicativo 01).....	153
ANEXO 16: Distancia recorrida del tipo privado (Pimentel sector A- Caso aplicativo 02). 154	154
ANEXO 17: Distancia recorrida del tipo público (Pimentel sector A- Caso aplicativo 02). 154	154
ANEXO 18: Distancia recorrida del tipo privado (Chiclayo- Caso aplicativo 02).....	155
ANEXO 19: Distancia recorrida del tipo privado (Chiclayo- Caso aplicativo 02).....	155
ANEXO 20: Distancia recorrida del tipo privado (Pimentel sector B- Caso aplicativo 02). 156	156
ANEXO 21: Distancia recorrida del tipo público (Pimentel sector B- Caso aplicativo 02). 156	156
ANEXO 22: Energía incorporada de materiales de arquitectura caso aplicativo 01.....	157
ANEXO 23: Energía incorporada de materiales de estructuras caso aplicativo 01.....	158
ANEXO 24: Energía incorporada de materiales de sanitarias caso aplicativo 01.....	159
ANEXO 25: Energía incorporada de materiales de eléctricas caso aplicativo 01.....	161
ANEXO 26: Energía incorporada de materiales de arquitectura caso aplicativo 02.....	163

ANEXO 27: Energía incorporada de materiales de estructuras caso aplicativo 02	165
ANEXO 28: Energía incorporada de materiales de sanitarias caso aplicativo 02.....	166
ANEXO 29: Energía incorporada de materiales de eléctricas caso aplicativo 02.....	171
ANEXO 30: Peso de unión universal pvc 3/4".	173
ANEXO 31: Peso de rollo de cinta teflón.	173
ANEXO 32: Peso de unión universal de 1/2" de F°G°.	174
ANEXO 33: Peso de unión universal 3/4" de F°G°.	174
ANEXO 34: Peso de bisagra capuchina aluminizada de 3.5" X 3.5".	175
ANEXO 35: Peso de caja cuadrada de F°G° de 250x250x100mm.....	175
ANEXO 36: Peso de caja rectangular F°G° de 6"X 2"X 1.5"	176
ANEXO 37: Peso de octogonal de F°G° de 4" X 2.125".....	176
ANEXO 38: Cálculo de área del cercado de Chiclayo (ha)	177
ANEXO 39: Elevación principal caso aplicativo 01.	177
ANEXO 40: Planta 1° nivel de caso aplicativo 01.....	178
ANEXO 41: Planta 2° nivel de caso aplicativo 01.....	178
ANEXO 42: Planta 3° y 4° nivel de caso aplicativo 01.	179
ANEXO 43: Planta azotea de caso aplicativo 01.	179
ANEXO 44: Elevación principal caso aplicativo 02.	180
ANEXO 45: Planta 1° nivel de caso aplicativo 02.....	180
ANEXO 46: Planta 2-5° nivel de caso aplicativo 02.....	181
ANEXO 47: Planta azotea de caso aplicativo 02.	181

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años 10 años se viene experimentado crecimiento económico a nivel nacional principalmente influenciado por la actividad constructiva y por la migración de población del campo a la ciudad con la finalidad de la búsqueda de una mejor calidad vida y oportunidades de trabajo digno. En relación a este crecimiento económico el sector que más beneficiado se encuentra es el sector constructivo, ya que no solo se vienen ejecutando proyectos de interés público, sino también privados entre los que se encuentra grandes inversiones a nivel urbanizaciones y a la par la construcción de edificios multifamiliares.

En referencia a lo anteriormente expuesto y de acuerdo a los reportes generados por INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) vemos que la participación de la actividad construcción en el PBI global representó un 6.70% a valores corrientes y un 5.92% a valores constantes de 2007, durante el año 2018. Estos valores porcentuales presentados en el gráfico 9 nos demuestran un crecimiento en el sector construcción en relación a niveles de participación en el PBI global de 10 años atrás, cuyos valores oscilan entre 4% y 5.5% a valores corrientes y entre 4% y 6.5% a valores constantes de 2007 [1] (véase anexo 1).

Del mismo modo el INEI nos presenta la evolución mensual de la producción de la actividad construcción durante el 2016, 2017 y 2018 (véase anexo 2) que dicha evolución durante el 2018 cerró con un crecimiento del 4.56% y que se ve reflejado en la participación que este sector tiene en el PBI global. Así también se puede observar que en comparación a los años 2015 y 2016 se sigue con la tendencia de evolución ascendente de la producción de la actividad construcción [1].

Consecuentemente con el crecimiento de la participación del sector construcción en el PBI global, el consumo de insumos en dicho sector también es acelerado, en grandes proporciones y de acuerdo a datos del INEI en el 2018 tenemos que: los principales insumos utilizados en este sector son: el cemento, el asfalto y las barras de acero las cuales tuvieron ventas totales de 10,994,171 tn; 137,494 barril; 1,327,153 tn respectivamente (véase anexo 4) que de la misma manera que años anteriores sigue con tendencia ascendente o de crecimiento [2].

Del mismo modo, en la publicación Perú: indicadores de gestión municipal 2018, nos muestra que Lambayeque para el año 2017 constituyó la séptima región en emitir más licencias de construcción de viviendas multifamiliares con un total de 349 licencias (véase anexo 3 y 5) [3].

Entonces, así como el sector construcción aporta al crecimiento del país producto del consumo de sus principales participantes como son el acero, el cemento y asfalto, este también es culpable de la sobreexplotación de recursos naturales y es principal causante de grandes impactos ambientales que deben ser estudiados y analizados detenidamente ya que muchos de ellos influyen directamente sobre los recursos hídricos, atmosféricos y en la salud de las personas involucradas directa e indirectamente en el proyecto ejecutado, pero principalmente durante la fase de construcción, ya que se maneja en gran medida los insumos mencionados y se desarrollan en un corto plazo de ejecución y como consecuencia en las próximas décadas podría tener una escases de los mismos.

Durante los últimos años se viene hablando acerca de sostenibilidad en la construcción como una forma de generar menor impacto negativo en el medio ambiente y generar mayor impacto positivo para las personas que habitan en dicha edificación [4], pero ¿Qué es realmente la construcción sostenible? Así Du Plessis nos dice que es un: “proceso holístico que busca restaurar y mantener la armonía entre el ambiente natural y el sistema construido, y crear asentamientos humanos que afirman la dignidad humana y fortalecen la economía con equidad” [5]. Por eso se le debería dar la debida importancia ya que la práctica de la construcción de edificios multifamiliares no solo impacta en los que habitan hoy, sino que también lo hará en las generaciones futuras ya sea de manera positiva o negativa, y que va de la mano con la concepción inicial del desarrollo sostenible propuesto en el Informe de Brundtland el cual dice que: “El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” [6].

En la actualidad, el Perú es un país-que independientemente de los acuerdos macro, agenda del cambio climático, convenios y tratados internacionales- no han ejecutado una política ecológica que permita resaltar el desarrollo y progreso económico paralela o proporcionalmente con el cuidado y preservación del medio ambiente. Asimismo, las construcciones de viviendas multifamiliares como pilar fundamental promovido por el ministerio de vivienda construcción y saneamiento, constituyen una clara evidencia de impacto negativo en los indicadores concernientes a la huella ecológica que debería regir este tipo de edificaciones.

De esta manera nos vemos en la necesidad de buscar nuevas formas de calcular o estimar los impactos en la ejecución de proyectos (fase constructiva) y en este caso se aplicará la metodología de la huella ecológica el cual viene a ser definido como: “método de medición que analiza las demandas de la humanidad sobre la biosfera respecto a la capacidad regenerativa

del planeta. Esto se realiza considerando conjuntamente el área requerida para proporcionar los recursos renovables que la gente utiliza, el área ocupada por infraestructuras y la necesaria para absorber los desechos” [7]

En consecuencia justificamos la realización de la investigación ya que al ejecutar la estimación de la huella ecológica de edificaciones multifamiliares nos permitirá llevar a cabo aportaciones en el conocimiento de la cantidad en términos de consumo de recursos y asimilación de desechos de una determinada población o economía, expresados en tierra productiva, de tal manera que le permita tener un uso adecuado uso de recursos naturales, mejorando la calidad ambiental [8]. Así mismo Patricia Gonzáles justifica su tesis y nos dice que la huella ecológica sirve para la “toma de decisiones en la fase de diseño de los proyectos para poder predecir y reducir el impacto económico, pero sobre todo el ambiental” [6]. De igual manera es importante la realización de este trabajo puesto que permite a investigaciones futuras tener como referencia este trabajo investigativo para el cálculo de la Huella Ecológica de Edificaciones similares ya sea dentro de la región Lambayeque o a nivel nacional e ir poco a poco generando conocimiento ambiental y pudiendo a partir de estos mejorar los sistemas constructivos aplicados y por ende disminuir la huella ecológica para ser cada vez más sustentables.

El presente trabajo tiene como finalidad la estimación de la huella ecológica en la etapa de construcción de dos edificaciones multifamiliares en la ciudad de Chiclayo, identificar acciones más relevantes dentro de etapa constructiva que generen impactos en el medio ambiente a partir de cálculos de consumos en obra y también permitirá recomendar alternativas de gestión y programación de obra para la disminución de su respectiva Huella Ecológica de las edificaciones analizadas.

Para ello se plantea como meta principal “Estimar la huella ecológica en la etapa de construcción de dos edificaciones multifamiliares en la ciudad de Chiclayo, Lambayeque 2020”.

Teniendo como complemento para lograr la meta a los siguientes objetivos específicos:

- Conseguir evaluar dos proyectos multifamiliares con características arquitectónicas y estructurales diferentes a fin de dar más versatilidad a la estimación de la huella ecológica de dichos proyectos.
- Adaptar a la realidad local los factores de equivalencia para la estimación de la huella ecológica de las dos edificaciones multifamiliares.
- Aplicar en la etapa de construcción una metodología que permita determinar la huella ecológica de las dos edificaciones multifamiliares.

- Conocer las intervenciones que se desarrollan en la etapa de construcción de los dos edificios multifamiliares donde se analizará la huella ecológica.
- Identificar las acciones con mayor repercusión en la estimación de la huella ecológica de la fase constructiva de las dos edificaciones multifamiliares.
- Recomendar alternativas de gestión y programación de obra para la disminución de la Huella Ecológica en la fase de construcción de las edificaciones multifamiliares propuestas.

En el capítulo II se mostrará las bases teóricas y los antecedentes y algunos conceptos referentes al tema tratado que nos permitirán tener un conocimiento extra a cerca de los estudios realizar. En el capítulo III se expondrá la metodología y procedimientos a seguir para el cálculo de la huella ecológica; así como también se definirá y limitará las características de las edificaciones a ser analizadas bajo la metodología descrita.

Luego, en el capítulo IV, se presentará los resultados y su respectiva discusión luego de haber obtenido los resultados de los modelos estudiados. Finalmente, en el capítulo V y VI se desarrollarán las conclusiones y recomendaciones de esta investigación en función a lo obtenido del desarrollo total del trabajo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

Entre los diferentes trabajos realizados enfocados al tema: “Estimación de la huella ecológica en la etapa de construcción de dos edificaciones multifamiliares en la ciudad de Chiclayo, Lambayeque 2020” tenemos los que se muestran a continuación:

P. González-Vallejo, Evaluación Económica y Ambiental De La Construcción De Edificios Residenciales. Aplicación a España y Chile. Universidad de Sevilla. España. Tesis Doctoral. 2017.

Este es un trabajo llevado a cabo en España con aplicación en Chile donde se pretende adaptar y revisar el modelo de Huella Ecológica (HE) y determinar si el indicador HE muestra variaciones en su aplicación a tipologías de edificaciones, a la aplicación de diferentes sistemas constructivos, al país donde se aplique y a los materiales de construcción utilizados.

Para su cálculo se plantea el mismo método que J. Solís Guzmán utiliza en su tesis doctoral y se valida el modelo aplicándolo a España. Asimismo, se aplicó a una vivienda unifamiliar en Chile para comprobar la capacidad de adaptación y sensibilidad que tiene la metodología.

Finalmente se pudo determinar que las viviendas unifamiliares tienen una Huella ecológica superior a las plurifamiliares, además que la energía es la de mayor impacto con un 80% del total de la Huella Ecológica y que de este el 80% lo produce la fabricación de materiales, además se obtuvo que la parte de cimentación, estructuras y albañilería son los que causan mayor impacto y que el modelo de HE es lo suficientemente adaptable y sensible a cambios como el lugar de aplicación, a los recursos utilizados y el método constructivo utilizado y que es válido para la toma de decisiones en la fase de diseño para poder reducir los impactos económico y ambiental [6].

J. Solís-Guzmán. Evaluación de la Huella Ecológica del Sector Edificación (uso residencial) en la Comunidad Andaluza. Universidad de Sevilla. España. Tesis Doctoral. 2010.

En esta investigación llevada a cabo en Andalucía pretende desarrollar y aplicar una metodología para determinar la Huella Ecológica al sector de la edificación residencial, y definir un modelo que evalúe dicho indicador en los edificios residenciales. También nos

menciona que este método HE parte de la Huella de Carbono, pretende dar como respuestas más intuitivas para el análisis de impactos de las incidencias económicas sobre el territorio.

Este estudio se realizó en la fase de construcción del sector residencia, ya que las actuaciones que se desarrollan tienen gran capacidad agresiva en referencia a la carga del territorio puesto que estas actividades se llevan a cabo intensamente en un corto periodo. Se plantea en dos partes: la primera donde se plantea el modelo teórico y la segunda donde se da la aplicación del modelo.

En la metodología desarrollada se definen como fuentes generadoras de impacto a los consumos indirectos (mano de obra y materiales de construcción), consumos directos (combustible, electricidad y agua), la generación de residuos y la superficie construida. En esta investigación que es la base para las todas las investigaciones en este campo y a partir de las fuentes explicadas anteriormente; utilizando elementos intermedios-mencionados entre paréntesis - y los coeficientes se tendrá como resultado los valores parciales de las huellas correspondientes a cada fuente analizada y finalmente a través de la utilización de factores de equivalencia se obtuvo la huella ecológica de todo el sistema analizado.

En esta investigación se concluye de la primera parte que: es complicado definir unidades de medición debido a que cada actividad tiene características diferentes de realización. Que debido a la diversidad de impactos hace que la metodología sea complicada y laboriosa; además que la dependencia de los análisis respecto a tablas y gráficos hace necesario la revisión periódica de las mismas.

Finalmente se tiene que el tipo de huella es más representativo el de origen fósil, que la actividad de movilidad no es representativa, en el tema de evaluación de la alimentación se formula la hipótesis ya que cada tipo de alimento genera una huella distinta, conforme al origen de los alimentos y que además todas son suficientemente representativas. Además, que, la huella de consumo de agua y territorio son poco apreciables [9].

P, González-Vallejo, J. Solís-Guzmán, R. Llácer, M. Marrero. La Construcción de Edificios Residenciales en España en el Período 2007-2010 y su Impacto Según el Indicador Huella Ecológica. Informes de la Construcción. Vol. 67. N° 539. E111. Octubre 2015.

La finalidad principal de esta investigación es la evaluación de edificaciones residenciales levantados durante el 2007 y 2010 utilizando el indicador HE (huella ecológica), Esta es una investigación española donde a partir de informes estadísticos oficiales, se logran identificar las

principales particularidades de las viviendas construidas en España durante el periodo indicado en el título, mostrando 10 tipologías de edificios residenciales y a la vez soluciones representativas.

En su metodología se recoge como fuentes principales a la tesis doctoral de [6] y [9]. De esta manera se calculó la HE partiendo del presupuesto, la medición y los datos generales mencionados en el expediente técnico, donde se evalúan y se desagrega la información en materiales, mano de obra y maquinaria.

Finalmente se obtiene como resultados que las viviendas unifamiliares tiene un 45% de Huella por encima de las plurifamiliares y que la mano de obra es un 35% de la Huella Ecológica total. También hace mención a las principales actividades que mayor impactan siendo el orden de mayor a menor: Estructura, albañilería, revestimiento, y cimentaciones. Finalmente se hace el cálculo total de la Huella Ecológica en el periodo propuesto inicialmente y por persona de las viviendas evaluadas [10].

Rivero-Camacho, C. Muñoz-Sanguinetti, M. Marrero-Meléndez. Cálculo de la Huella Ecológica en el Ciclo de Vida para la fase de Urbanización de un Conjunto Habitacional en Chile, bajo el modelo ARDITEC. 2016.

El objetivo principal de esta investigación es adaptar el modelo ARDITEC para el cálculo de la HE en edificaciones chilenas, puesto que esta metodología se desarrolla dentro del etapa de construcción del ciclo de vida de las edificaciones y que le resulta importante y novedoso en cuanto a cálculos de impactos ambientales.

En cuanto a la metodología se emplean los presupuestos de los proyectos, así divide su investigación en etapas como: adaptación de los presupuestos a la metodología ARDITEC, aplicación del indicador HE, caso de estudio. Dentro de las fuentes e impacto a calcular encontramos la mano de obra, materiales, maquinaria, residuos de construcción, electricidad y agua consumida y superficie construida. Se analizó un caso de estudio que consta de 17 viviendas unifamiliares que suman un total de 971.63 m² [11].

Entre las conclusiones a las que se llegó se encuentra que: la construcción chilena es más sustentable que la española, contradictoriamente resulta al ser analizar el impacto social, esto se debe a la poca vivienda por superficie construida, lo cual genera mayor huella ecológica por persona. Además, recomienda que se haga una tendencia constructiva hacia ciudades más compactas, no obstante, también habla que se deben fijar en la producción y transporte de materiales y una adecuada gestión de RCD (Residuos de Construcción y Demolición) con

la finalidad de minimizar los impactos ambientales [11].

A. F. GUERRERO, M. MARRENO y J. M. MARTÍN. 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. hábitat Sustentable.vol. 6, nº 1, pp. 6-17, 2016.

El objetivo principal de esta investigación es incluir los indicadores de huella de carbono y huella ecológica en la base de costes de construcción, justificado por ser medio fácil y simple de usar dando factibilidad de formar parte de los presupuestos de los diferentes proyectos.

La metodología propuesta parte del presupuesto del proyecto, desglosándose en costes directos e indirectos; así como superficie construida. Dentro de los costes son analizados aspectos como la mano de obra, la maquinaria y consumo de materiales; después de haber calculado las huellas parciales y mediante la utilización de factores de equivalencia se obtiene la huella total. Cabe resaltar que este trabajo tiene como referencia metodológica a [6] y [9].

En sus conclusiones [12] nos menciona que es viable la incorporación de la Huella ecológica, dentro la estructura de costes y presupuestos de Andalucía, permitiendo al usuario de estas bases poder decidir aquella opción- en fase proyecto- que tenga como resultados la mejor calificación ambiental de la incidencia de las actividades de obra. De manera complementaria hace referencia que, con el pasar de los tiempos se hace más necesario añadir aspectos ambientales en las gestiones de la administración pública.

VALLEJO, P., MARRENO, M. Evaluación de la huella ecológica de la edificación en el sector residencial de México. Proceedings of the II International congress on sustainable construction and eco-efficient solutions. Sevilla. Mayo 2015.

Durante la concepción de este trabajo se tuvo como objetivo utilizar de forma práctica la evaluación de impactos realizados en la edificación bajo la herramienta huella ecológica; utilizando como base un estudio llevado a cabo en Sevilla, buscando además la regulación de la metodología para que ésta sea aplicable y evaluable en cualquier país.

Para el desarrollo se utiliza como metodología de partida aquella utilizada por Julio Solís [9] en su tesis doctoral, reforzada con la desarrollada por González Vallejo [6] y es adaptada a la realidad constructiva en México. Para el procedimiento de cálculo de HE del sector residencial en México se basa en las estimaciones realizadas a un proyecto de vivienda. Analizando materiales, mano de obra y maquinaria.

Finalmente se concluye en esta investigación que la construcción de vivienda en México a pesar de tener alternativas constructivas sencillas, su HE (Huella Ecológica) es superior, por metro cuadrado medido, que la española; esto debiéndose al tamaño medio de las edificaciones que es 50% inferior y a la energía incorporada que utilizan las viviendas españolas. Asimismo, se determinó que la construcción mexicana tiene elevada intensidad de mano de obra.

2.2 Bases Teórico Científicas

2.2.1 Marco Legal

2.2.1.1 Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)

Esta ley es la encargada de ordenar el marco de las normas legales para la gestión ambiental en el Perú. Tiene como finalidad la prevención y protección de riesgos de daños ambientales. También tiene la tarea de fomentar el uso de nuevas tecnologías, procesos y métodos capaces de minimizar los impactos sobre el medio ambiente, para lograr una coexistencia armoniosa entre la biosfera y las actividades humanas.

De esta manera la presente ley hace mención a que todo ciudadano tiene por derecho a realizarse sobre un ambiente saludable, equilibrado y adecuado, pero, así como tiene este derecho también tiene la obligación de apoyar a una óptima gestión ambiental y de protección al ambiente, de tal manera que permita el mantenimiento de la salud humana (individual como colectiva), la preservación de la biodiversidad, el aprovechamiento de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

Y como parte de la gestión ambiental, específicamente en el campo de del Manejo integral y prevención en la fuente en el artículo 75.1 menciona lo siguiente:

“El titular de operaciones debe adoptar prioritariamente medidas de prevención del riesgo y daño ambiental en la fuente generadora de los mismos, así como las demás medidas de conservación y protección ambiental que corresponda en cada una de las etapas de sus operaciones, bajo el concepto de ciclo de vida de los bienes que produzca o los servicios que provea, de conformidad con los principios establecidos en el Título Preliminar de la presente Ley y las demás normas legales vigentes”

Según el Art. 150, se realizan conductas susceptibles que son premiadas con incentivos, los procesos o medidas que nacen de manera voluntaria de la persona responsable de la actividad son ejecutadas e implementadas con el único fin de mitigar o prevenir la contaminación ambiental y la degradación de los recursos naturales, más de lo permitido por la normativa por

la autoridad competente o norma aplicada y que colabore con la protección del medio ambiente que esta implementada en la política nacional, regional, local o sectorial según lo que corresponda.

Por lo dicho anteriormente y recalando que mediante la estimación de la huella ecológica estaríamos cumpliendo con la finalidad de la ley general del ambiente, es por ello que en el presente proyecto se presenta esta ley como base teórico-científica para el desarrollo de la investigación.

2.2.1.2 Ley General de Residuos Sólidos (Ley N° 27314)

El objetivo de la formulación de esta ley como dice en su artículo 1 es formular los derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de cada una de las personas en su conjunto para lograr una gestión y manejo de los residuos sólidos, de manera sanitaria y ambientalmente adecuada, siguiendo los principios de disminución, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y bienestar de la persona humana.

Y cuyo ámbito de aplicación está definido en el artículo 2.1 y menciona que se aplica en acciones o intervenciones, así como procesos y operaciones de la gestión y manejo de residuos sólidos, concebidos desde la generación hasta la disposición final de estos, abarcando todas las fuentes de generación, dentro de los diferentes sectores económicos, sociales y de la población. También abarca las acciones de internamiento y circulación por el área nacional de residuos sólidos.

De acuerdo a lo anterior y siendo la etapa constructiva-donde se aplicará la metodología para el cálculo de la huella ecológica- parte de ciclo de vida de las edificaciones, en la presente ley en el artículo 4, inciso 2 que se debe:

“Adoptar medidas de minimización de residuos sólidos en todo el ciclo de vida de los bienes y servicios, a través de la máxima reducción de sus volúmenes de generación y características de peligrosidad”

Para lograr la máxima reducción de estos volúmenes es imprescindible aplicar metodologías para conocer los impactos generados por los residuos sólidos al ambiente dentro del ciclo de vida de las edificaciones y la huella ecológica incluye esto dentro de su estimación, por ello se toma como base teórico-científica.

2.2.1.3 Ley del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (Ley N°28245)

La ley N° 28245 denominada Ley del Sistema Nacional de Gestión Ambiental tiene por objetivo resguardar el fiel cumplimiento de los objetivos ambientales de absolutamente todas las entidades al mando del estado, asimismo pretende reforzar los mecanismos de transectorialidad en referencia a la gestión ambiental, asimismo de la función que le corresponde al CONAM (Consejo Nacional del Ambiente), del mismo modo a las entidades sectoriales, regionales y locales en ejecución de sus designaciones ambientales con la finalidad de avalar el cumplimiento de sus funciones ambientales y de asegurar que se omita en la aplicación de las mismas superposiciones, omisiones, duplicidad, vacíos o conflictos.

Dentro del desarrollo de esta nos muestra que la finalidad de la gestión ambiental es la de orientar, coordinar, integrar, supervisar, evaluar y garantizar la ejecución de políticas, planes, programas y acciones elaboradas para la protección del ambiente y de esta manera aportar a la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Así mismo se hace mención a la autoridad ambiental nacional, el cual se hace presente mediante el CONAM y la facultad para dictar normativas que implementen y promueven el funcionamiento del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Asimismo, está dentro de sus facultades gestionar acciones que aseguren la protección, conservación y mejoramiento de la calidad ambiental de los recursos naturales, así como también de la biodiversidad y así de esta manera poder estimular y promover acciones ambientalmente responsables con el desarrollo sostenible, utilizando para ello tecnologías y fuentes de energía limpias.

Por otro lado la ley presente hace mención a la educación ambiental en el título VII y más específicamente en el artículo 37, donde nos hace referencia que las universidades deben promover el desarrollo de programas de formación en aspectos de gestión ambiental y que en coordinación con el CONAM y la Asamblea Nacional de Rectores deben elaborar propuestas políticas que promuevan la inclusión de profesionales con especialidad en temas de gestión ambiental en todo el país.

2.2.1.4 Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N°27446)

La ley 27446 tiene como finalidad la creación del SEIA (Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental) como único y coordinado ente para la identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos como consecuencia de las intervenciones humanas realizadas por medio de un proyecto de inversión.

Es además el establecimiento de un proceso Uniforme que abarque los diferentes aspectos, etapas y alcances de evaluaciones ambientales en proyectos de inversión. De la misma manera hace mención a que tiene por objetivo, a partir de sus mecanismos, promueva la participación de la sociedad en el proceso de evaluación ambiental.

Esta ley faculta al SINIA a emitir un certificado ambiental que avale haber cumplido con los diferentes requisitos mínimos para la ejecución de un proyecto comprendido dentro del ámbito de aplicabilidad de esta ley. Así pues, tenemos que dentro de las etapas para lograr la certificación destaca la fase de evaluación del instrumento gestión ambiental, cuyos requisitos son:

- Describe las acciones que se realizan y los antecedentes de su con respecto a su área de influencia.
- Hace una caracterización y logra identificar las implicancias y los impactos ambientales negativos, los cuales se debe de tomar en consideración en el ciclo de vida de la actividad o producto.
- Las pautas para el manejo ambiental lo que corresponde a metas ambientales que incluyen el plan de manejo, el plan de contingencia, lo que corresponde a cierre o abandono, el plan de compensación, según sea el caso de los proyectos a realizar.
- Tener un plan de participación ciudadana.
- Hacer planes de vigilancia, control y seguimiento.
- Realizar presupuesto del impacto ambiental.
- Hacer un resumen ejecutivo de fácil interpretación.

Por ello la estimación de la huella ecológica de las edificaciones en Chiclayo funciona como parte la caracterización e identificación de impactos ambientales negativos dentro de la etapa de pre-uso respecto al ciclo de vida de la edificación y en consecuencia hace que esta ley sea tomada en cuenta como base teórica-científica para la realización de esta investigación.

2.2.1.5 ISO 14000

Son un conjunto de documentos relacionados a la gestión ambiental y fin es mejorar el comportamiento de las mismas, estandarizar las maneras de generar y prestar los servicios para proteger el medio ambiente, aumentar la calidad y generar la competitividad del producto. Siendo este un estándar voluntario el cual no pretende tener metas cuantitativas en lo que corresponde al nivel de emisiones o métodos para poder hacer una medición.

- La ISO 14001, “proporciona requisitos con orientación para el uso que se relacionan con los sistemas ambientales. Otros estándares en la familia se enfocan en enfoques específicos como auditorías, comunicaciones, etiquetado y análisis del ciclo de vida, así como desafíos ambientales como el cambio climático” [13].
- La ISO 14040, proporciona una metodología para el análisis del ciclo de vida (también conocida como metodología de la cuna a la tumba) de bienes o servicios producidos. Así dividiendo a los proyectos en etapas de pre uso, uso y fin de vida.

2.2.2 Fundamentos Teóricos

2.2.2.1 Huella Ecológica

La Huella Ecológica es una herramienta potente para realizar estimaciones de impacto ambiental de las intervenciones humanas sobre el ecosistema, así como también para la creación de medidas correctoras a fin de disminuir dichos impactos.

Diomenech en su libro nos dice que: “La Huella Ecológica transforma todos los consumos de materiales y energía a hectáreas de terreno productivo (cultivo, pastos, bosques, mar, suelo construido o absorción de CO₂), ofreciéndonos una idea clara y precisa del impacto de nuestras actividades sobre el ecosistema. Bajo nuestro punto de vista, es el indicador porque transforma cualquier tipo de unidad de consumo (toneladas, kilovatios, litros, etc.), así como los desechos producidos, en un único número totalmente significativo” [14].

Entendiéndose de lo anterior como huella ecológica a la superficie necesaria para responder a la demanda de recursos para la satisfacción de las necesidades de las personas, así como también para absorber las emisiones generadas durante las intervenciones que se lleven a cabo durante la utilización de dichos recursos.

a) Cálculo de la Huella Ecológica

De acuerdo a lo planteado en la definición de la huella ecológica absolutamente todos los cálculos llevados a cabo de los consumos durante el desarrollo de esta herramienta tienen como resultado una cierta cantidad de superficie de terreno productivo puesto que es necesario tanto para su producción, absorción y eliminación.

De acuerdo a [9] para este cálculo es necesario la creación de la matriz necesidades de superficie productiva vs categoría de uso, teniendo así lo siguiente:

- ✓ En categorías de uso encontramos:
 - Alimentación: agricultura, ganadería, pesca
 - Sector forestal
 - Bienes de consumo
 - Consumo energético
 - Territorio utilizado directamente (ciudades, edificaciones, etc.)
- ✓ Superficie productiva
 - Absorción de CO₂
 - Cultivos
 - Pastos
 - Bosques
 - Mar productivo
 - Utilizado directamente

b) Territorio productivo

Siendo necesario para el cálculo de la huella ecológica el terreno productivo se define como aquel necesario para la producción, absorción y eliminación de todos los elementos consumidos durante la satisfacción de necesidades las personas, es así que se define su tipología mencionados anteriormente:

- Terreno para la absorción de CO₂: Este tipo de terreno se conceptualiza como la cantidad de bosque necesaria para contrarrestar las emisiones de dióxido de carbono, provenientes principalmente de la utilización de combustibles Fósiles para la generación de energía; como aquellos consumos necesarios para el transporte, la generación de bienes, entre otros.
- Terreno cultivable o agrícola: Son superficies utilizadas principalmente para la producción de alimentos vegetales y que dicho sea de paso en el Perú la utilización de estas tierras resulta de vital importancia para el sustento diario de las familias involucradas directa e indirectamente. En Chiclayo se nos presenta un terreno bastante cultivable produciendo como principal producto arroz y azúcar, pero del mismo modo existen otros cultivos como son de tomate, lechuga, cebolla china, cebolla roja, etc.

- Superficie de pastos: esta superficie en el Perú al igual que el terreno cultivable es muy acentuado ya que la gran parte de familias- principalmente en zonas alto andinas- se dedican o tienen como actividad principal el pastoreo de ganado.
- Superficie forestal: se definiría como aquella área que se necesita para la producción de madera y papel, cuya utilización en el Perú durante los últimos años viene siendo sobre explotada de manera ilegal, destruyendo bosques enteros en la Amazonía peruana.
- Territorio construido: Son áreas donde la actividad constructiva se ha acentuado y donde este territorio participa directamente, para ser ocupado o utilizado por proyectos que son- como en esta investigación- edificaciones multifamiliares. En la ciudad de Chiclayo las edificaciones están desplazando a los terrenos agrícolas producto de este tipo de actividades.
- Mar productivo: son áreas de mar necesarias para llevar a cabo actividades para la producción de pescado y mariscos. En la ciudad de Chiclayo también es una de las principales actividades económicas, ya que esta es una ciudad costera siendo el puerto de la ciudad de Eten, el lugar de más concurrencia para la pesca artesanal e industrial para el abastecimiento de todos los mercados locales de la ciudad de Chiclayo.

c) Factores de conversión

Son relaciones que, como su nombre lo indica, nos permiten convertir datos expresados en una unidad a otra unidad para que sean utilizados en los diferentes cálculos que conlleva la huella ecológica.

La finalidad de estos factores es unificar todos los consumos- expresados en sus respectivas tierras productivas- en una sola unidad de tierras productivas, encontrándose así según [9] los siguientes tipos:

- Factor de rendimiento productividad: Es un factor que expresa un dato de consumo en superficie, haciendo así una comparación entre terreno productivo de cada categoría

analizada a un territorio hipotético cuya productividad biológica sea la media mundial de todos los territorios. Son expresados en Kg mat/ha/año.

- Factor de equivalencia o ponderación: Este factor resulta importante ya que nos permite hacer comparaciones de huellas ecológicas entre países o regiones, es decir, para comparar la huella generada en España y la de Perú debemos utilizar estos factores, puesto que se ve expresado en unidades per cápita (hag/cap). Este factor permite adicionar áreas con productividades distintas, puesto que para ello se aplican equivalencias a cada tipo de superficie, de manera tal que se normaliza a una superficie biológicamente productiva con una productividad igual a la media mundial, convirtiéndose así en hectárea global (hag). Son expresados en hag/ha.

En la tabla 1 se presenta factores de equivalencia de área productiva en el Perú dados a conocer en una investigación realizada por el Ministerio del Ambiente a través del SINIA (sistema Nacional de Información Ambiental).

TABLA 1: Factores de equivalencia por tipo de área productiva

TIPO DE ÁREA	FACTOR DE EQUIVALENCIA (hag/ha)
Tierras de cultivo	2.51
Tierras de bosque	1.26
Tierras de pastoreo	0.46
Aguas marinas y continentales	0.37
Área construida	2.51

Fuente: Adaptado de [7]

2.2.2.2 Consumos Directos

Son las fuentes de impacto que se consumen de manera directa en construcción tales como la energía y el agua, ya que tienen mucha importancia para el cálculo de la huella ecológica. En lo que corresponde a la energía se estudia tanto el consumo de energía eléctrica como de combustible de maquinaria en obra, así se mencionan a continuación: Cargador frontal, volquete, winche, trompo, etc.

a) Consumo de energía:

Dentro de los consumos directos definimos los consumos de energía aquellos que hacen referencia a aquel gasto de energía eléctrica, así como también al gasto hecho en combustibles (exceptuando el consumo de combustible de movilidad de trabajadores, puesto que se verá dentro de los consumos indirectos) provenientes de la utilización de maquinaria para la ejecución de diferentes partidas durante la ejecución del proyecto edificatorio. La distribución de energía eléctrica en la ciudad de Chiclayo viene a estar dado por la empresa ENSA (Electro Norte S.A), que es una de las empresas del grupo Distriluz. Así mismo, los combustibles (el petróleo, gasolina, gas natural, etc). Se pueden encontrar en diferentes establecimientos y empresas de distribución de este recurso.

b) Consumo de agua:

Hace referencia a la cantidad utilizada o gasto de agua, el cual viene a ser de suma importancia dentro del desarrollo de obra, puesto que está inmerso en todas o en la mayoría de acciones que se realizan durante la ejecución de proyecto. Resulta importante determinar este consumo puesto que la actividad construcción, así como la fabricación de materiales de construcción representa una de las causas importantes en la contaminación de este recurso. La distribución de Agua Potable para los diferentes usos en la ciudad de Chiclayo está a cargo de EPSEL S.A. (Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento de Lambayeque S.A).

2.2.2.3 Consumo Indirecto

Son los recursos que se consumen de manera indirecta en la construcción en la cual este impacto no está generado por fuente si no ya se ha generado por los componentes los cuales son consumo de materiales y la mano de obra.

a) Mano de obra:

La mano de obra se ve definida como el personal que labora en la ejecución de proyectos de infraestructuras, representa el capital humano puesto que la gestión de esta resulta de mucha importancia para la toma de decisiones respecto al presupuesto, cronograma y ejecución adecuada de las actividades programadas en obra. La mano de obra se ve clasificada como:

obrero, oficial, operario y capataz. Para el presente estudio la mano de obra será utilizada para el estudio de dos fines la alimentación y la movilidad.

- Alimentos: Se ve definido como aquel producto que resulta nutritiva para el ser humano con la finalidad de mantener las funciones vitales. Puesto que la mano de obra trabaja por ley durante ocho horas diarias, se necesita un horario de alimentación, al mismo tiempo resulta importante el cálculo de consumo de este ya que es una fuente de impacto, aunque sea de manera indirecta.
- Movilidad: Está dado por el medio de transporte utilizado para el desplazamiento de la mano de obra desde su casa al lugar donde se ejecuta el proyecto. Resulta importante el cálculo porque es fuente de emisión de CO₂. En la ciudad de Chiclayo comúnmente se utiliza como medio de transporte las motos lineales, mototaxis, y autos de pequeño cilindraje, inclusive algunos participantes utilizan como medio de transporte a la bicicleta.

b) Materiales de construcción:

Llamamos materiales de construcción a todo aquel cuerpo físico que, a través de ciertas proporciones y orden, son utilizados para formar una estructura. Estos materiales tienen características propias (c. organoléptica; c. físicas, c. térmicas, c. eléctricas, c. mecánicas y químicas) que hacen que el material tenga una excelente calidad y por ende sea aprovechado para la construcción de edificaciones durables y resistentes. Todas las características mencionadas son evaluadas bajo criterios técnicos (normas) y mediante ensayos o pruebas de laboratorio para determinar el grado, la calidad del material que se tiene y de esta manera puedan servir para un correcto diseño de mezcla.

Los materiales de construcción son materia prima que pasan por un proceso de transformación convirtiéndose en un producto elaborado y van hacer empleados en la fase constructiva de edificios u obras civiles en general.

En el caso de la ciudad de Chiclayo los materiales de construcción provienen de las llamadas canteras, entre las más destacables o las que más abastecen a las obras se encuentra la cantera tres tomas (grava, arena, arcilla, afirmado), la vitoria (arena amarilla, over, arena fina zarandeada, hormigón), Mórrope (piedra caliza), La pluma (asfalto en caliente), entre otros.

2.2.2.4 Residuos

Se define como residuo a toda aquella materia que ha perdido o cumplido la utilidad para la que fue creada. Es un concepto utilizado por lo general como sinónimo de basura en relación a los desechos que la actividad humana ha generado.

Los residuos se pueden clasificar bajo la concepción de [15]:

a) En función de su estado Físico

- Sólidos: Las basuras urbanas, residuos forestales y agrícolas, muchos residuos mineros y muchos residuos industriales.
- Líquidos: Aguas residuales urbanas e industriales, purines ganaderos, disolventes, etc.
- Pastosos: Fangos de depuradoras urbanas e industriales, fangos mineros de bolas de decantación, etc.
- Gaseosos: Emisiones de los autos, gases CFC, etc.

b) En función de su origen

- Residuos sólidos urbanos (RCD): Son los producidos en las ciudades debido a la actividad comercial y doméstica. Legalmente este concepto no existe desde 1998, ya que no todos eran sólidos, ni todos urbanos.
- Residuos industriales: Son producto de la misma industria. Tampoco existe esta denominación desde el punto de vista legal en la actualidad.
- Residuos mineros: Son regulados por normativa minera. Son de gran variedad ya que residuos puramente inertes y hasta extremadamente contaminantes.
- Residuos radioactivos: Son productos que se generan en las etapas del ciclo nuclear, es decir, desde la extracción de uranio hasta el desmantelamiento de las centrales nucleares.
- Residuos sanitarios: Son producidos en los hospitales o centros de salud.
- Residuos agropecuarios y forestales: Son residuos de variedad de estados físicos.
- Residuos de la construcción (RCD): Proviene principalmente de la ejecución y demolición de estructuras de las edificaciones u cualquier obra civil, son por lo general inertes, pero, pueden contener otros componentes contaminantes, como el amianto.

c) En función de su peligrosidad

- Residuos peligrosos: Según la nomenclatura europea CER son aquellos que llevan un asterisco, y cuya cantidad concentrada del componente peligroso es suficiente para comportar un riesgo, siendo esto demostrable.
- Residuos no peligrosos: son aquellos que no poseen ninguna de las características anteriormente mencionadas.

d) En función del tipo de gestión

- Residuos radiactivos: Están bajo aplicabilidad de la ley 25/1964 y su gestión le corresponde a la entidad pública, y está exclusivamente por la Empresa Nacional de Residuos Radioactivos (ENRESA). Por motivos de que su legislación es independiente no se encuentran incluidos en el centro de eco eficiencia y responsabilidad social (CER).
- Residuos mineros: Son aquellos producidos por la actividad minera, se rigen bajo normas legales de minería.
- Residuos de explosivos: Se regulan por una legislación específica que es estatal, pero la gestión les corresponde a las comunidades autónomas (CCAA). No están en el CER [16]
- Residuos agropecuarios: Son gestionados por las CCAA. Figuran en el CER.
- Residuos peligrosos: Hay legislación de mínimos estatales, que es desarrollada por cada comunidad autónoma (a las que corresponde su gestión).
- Residuos urbanos: Son los generados en los domicilios particulares, comercios y oficinas, así como aquellos que no sean peligrosos y que por su naturaleza o su composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades.
- Residuos especiales: son aquellos que si bien no se pueden considerar como urbanos en sentido estricto requieren soluciones específicas de gestión en razón de sus peculiares
- Residuos biosanitarios: se sub clasifican en no peligrosos cuyas características son similares a los generados en hospitales; y peligros cuyo efecto pueden contemplar ser infecciosos o pueden ser residuos químicos.
- Residuos Radiactivos: son competencia del estado, gestionándolos a través de ENRESA.

2.2.2.5 Superficie Construida

Cuando se construye un edificio se hace mediante la ocupación de terreno sobre el cual se produce un cambio en la valoración ecológica que este representa para la comunidad. Es así que la superficie construida se ve definida como aquella área ocupada (m²) por la nueva edificación construida sobre ella.

2.2.2.6 Biocapacidad

La biocapacidad funciona como un índice complementario a la huella ecológica ya que como hemos visto en la definición de huella ecológica esta funciona como la demanda de recursos naturales para satisfacer las necesidades, entonces la biocapacidad funciona como la oferta, es decir, como la cantidad de área de tierra con capacidad de producción.

Para [6] es aquella que, calcula la capacidad que posee la naturaleza para la producción de recursos renovables, dar tierra para edificar y finalmente ser agente de absorción de carbono proveniente de las diferentes actividades hechas por el hombre, de tal manera que su función significa una referencia ecológica con lo que podríamos cotejar la huella ecológica.

a) Cálculo de la biocapacidad.

En cuanto a la determinación de la biocapacidad se toman en cuenta algunos conceptos que son utilizados en la huella ecológica, pero respecto a la producción de las tierras no es tomado en cuenta para la absorción de carbono de la atmósfera, ya que de acuerdo a su definición no existe sobre el medio un área determinada para dicha finalidad, puesto que la absorción de carbono compite con los productos forestales en la categoría de tierras forestales. Entonces la biocapacidad se ve definida como nos muestra [17]:

$$\text{BIOCAPACIDAD: } BC = A * YF * EQF$$

Donde:

A= Área

YF= Factor de rendimiento

EQF= Factor de Equivalencia (Calculados por Global Footprint Network (GFN))

2.2.2.7 Energía Incorporada

Es definida como la cantidad de energía proveniente de manera directa o indirecta necesaria para la creación de bienes y servicios, la EI (Energía incorporada) directa hace referencia a la energía proveniente de la fabricación, mientras que la energía indirecta es absorbida por la minería, transformación y transporte de los factores de producción [18].

Su evaluación se ve afectada por algunas consideraciones, por ejemplo: la distancia de transporte, la eficiencia de fabricación de materiales, el tipo de combustible utilizado, entre otros. Así se muestran algunos valores de energía incorporada de algunos materiales de construcción empleados en la construcción de viviendas multifamiliares en la ciudad de Lima, estos valores son sacados de [19] y se muestran a continuación:

TABLA 2: Energía Incorporada de materiales de construcción de vivienda multifamiliar

Materiales de Construcción	(Kg/m ²)	MJ/m ²
Acero	65.50	1923.00
Aluminio	2.34	368.25
Arena Fina	64.38	0.52
Arena Gruesa	481.59	3.90
Cemento portland tipo I	196.92	888.12
Cerámico	25.23	252.31
Hormigón	145.87	109.40
Ladrillo	322.86	968.58
Madera	7.26	61.70
Pierda	323.32	407.39
Pintura	0.83	58.33
PVC	0.46	32.05
Vidrio	2.46	45.52

Fuente: Adaptado de [19].

2.2.2.8 Recursos Naturales

Los recursos naturales son aquellos elementos que nos proporciona la naturaleza sin la intervención del hombre y que pueden ser aprovechados para la satisfacción de sus necesidades [20].

Recursos naturales o recursos ambientales forman parte de los ecosistemas mundiales y que, al estar en disponibilidad para el hombre, este hace uso desmedido de ellos generándose así que el medio no pueda regenerarse de manera natural. Estos recursos pueden ser de origen animal, vegetal o mineral dependiendo su procedencia del medio biótico o abiótico. Se clasifican como:

- a) **Recursos Renovables:** Es una tipología de recurso que puede regenerarse o renovarse a partir de procesos naturales con mucha más velocidad que el consumo humano, estos recursos son ofrecidos por la naturaleza, por lo tanto, no presentan ninguna intervención humana y que resultan esenciales para la vida en el planeta Tierra. Como ejemplo de este tipo de recursos son el aire, el agua, los minerales, la luz.
- b) **Recursos no renovables:** Son Aquellos que su capacidad de renovación o regeneración es casi nula, lo cual resulta imposible producirlos ya que requieren millones de años para poder generarlos. Ejemplos claros tenemos a los minerales metalíferos, el petróleo, etc.

2.2.2.9 Sostenibilidad Ambiental

La sostenibilidad ambiental hace referencia a la tasa de aprovechamiento de los recursos renovables, la creación de contaminación y agotamiento de los recursos no renovables, que puede continuar indefinidamente, ya que, si no existe la continuidad no son sostenibles [21].

El inicio del desarrollo sostenible es la aplicación de indicadores que nos enseñen cuán sostenible somos. No podemos emprender acciones para la sostenibilidad si ni siquiera hemos medido esta y si ni quiera sabemos si somos o no somos sostenibles [22].

Dentro de latino américa se notan desarrollos poco trabajados con respecto a los indicadores de sostenibilidad ambiental, cuya producción se encuentran en mandos de entidades públicas o gubernamentales de medio ambiente (en el caso peruano está bajo el mando de Ministerio del Ambiente -MINAM). Los países que llevan la batuta con respecto al desarrollo sostenible son países como Chile, Colombia, México, Brasil y Costa rica.

2.2.2.10 Desarrollo Sostenible

El concepto de desarrollo sostenible está relacionado netamente con él con el aumento del bienestar individual y colectivo. Comúnmente este ha sido medido a través de ciertos indicadores como los económicos y los políticos comparados con el proceso de menor o mayor crecimiento económico y distribución de las riquezas [22].

El término de desarrollo sostenible es lo que se necesita para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer o perjudicar las generaciones futuras.

El concepto de desarrollo sostenible tiene que ver con la satisfacción de las necesidades actuales sin que se viera afectado las futuras generaciones para poder generar un equilibrio entre el crecimiento económico y el bienestar social [7].

En consecuencia, el tema desarrollado sobre desarrollo sostenible no se puede ignorar cuando nos encontremos desarrollando un sistema de gestión ambiental sea cualquiera el ámbito donde se esté planteando.

2.2.2.11 Impacto Ambiental

Según [23] define como impacto ambiental a toda aquella acción humana significativa sobre el medio o en algunos participantes de este, que tendrá un resultado de forma positiva o negativa donde las acciones se ejecutan de forma total o parcial. Estos impactos pueden ser estimados de manera cualitativa o cuantitativamente a través de ciertas características de valoración ya establecidas.

a) Tipología de Impactos Ambientales:

Los impactos ambientales se ven clasificados de diferentes maneras siguiendo algunos aspectos tal como menciona [24] y [25]:

- **Por la evolución de la calidad ambiental del medio:**

TABLA 3: Tipos de impactos según evolución de la calidad ambiental del medio

IMPACTO POSITIVO	IMPACTO NEGATIVO
Definido como todo impacto que incrementa o mejora la calidad ambiental de la zona donde se dan las intervenciones sobre el medio. Su análisis se basa en el estudio de costes y beneficios de todas las extremalidades que se han planteado para la puesta en marcha de proyectos.	Son impactos que perjudican al medio donde se lleva a cabo el proyecto generando como consecuencia pérdidas con alto valor paisajístico, estético cultural, paisajístico y de productividad ecológica.

Fuente: Adaptado de [25]

- **Por su persistencia o duración:**

Se definen claramente dos tipos de impacto: el temporal cuyo efecto se da a conocer de manera tal que no permanece, sino que su tiempo de duración es limitado por las medidas correctoras que se realizan en favor de la mitigación de este.

El permanente cuya duración del efecto se presentará a lo largo del tiempo, en otras palabras, su tiempo de actuación es ilimitado y cuyos efectos son constantes durante la duración del proyecto.

- **Por la intensidad:**

TABLA 4: Tipos de impactos según su intensidad

INTENSIDAD DEL IMPACTO	DEFINICIÓN
Umbral	Se ve definido como el máximo permisible, entendiéndose como aquel impacto tope de tal manera que no exceda el nivel de calidad del factor intervenido.
Mínimo o bajo	Son impactos que no representan notoriedad en el medio de actuación, puesto que su efecto de alterar o destruir es mínima.
Medio y alto	Los efectos de las actuaciones se manifiestan alterando o destruyendo el medio donde actúan, este tipo puede ser admisible a través de formulación efectiva de medidas correctoras.
Notable o muy alto	Es denominado también como impacto total cuyos efectos se ven expresados de manera que el resultado es la pérdida o destrucción casi total del medio ambiente, recursos naturales o de sus procesos fundamentales de funcionamiento.

Fuente: Adaptado de [25]

- **Por la extensión:**

TABLA 5: Tipos de impactos según su extensión

EXTENSIÓN DEL IMPACTO	DEFINICIÓN
Puntual	La repercusión de las intervenciones impactantes se da de manera muy localizada en el medio.
Parcial	Los efectos de las actuaciones se muestran en una parte del medio.
Extenso	Se visualizan los efectos en gran parte del medio de actuación
Total	Las manifestaciones de las actuaciones impactantes se pueden identificar en todo el medio.
Ubicación crítica	Son impactos por lo general puntuales que se producen en un medio crítico tal sea el caso como la presencia de vertidos en cabecera de cuenca.

Fuente: Adaptado de [25]

- **Por el momento en que se manifiesta:**

TABLA 6: Tipos de impactos según el momento en que se manifiesta

MOMENTO DEL IMPACTO	DEFINICIÓN
Latente	Es un tipo de impacto que se da cada cierto tiempo desde el principio de una intervención o de la acción que lo provoca. Se manifiesta a corto plazo (ciclo anual), mediano (menor a 10 años) y largo plazo (superior a 10 años). Dependiendo de esta clasificación (corto, mediano o largo plazo) se determina el grado de complejidad de los estudios a realizar.

Inmediato	El tiempo que demora en manifestarse el impacto es nulo, en otras palabras, el tanto que se da la intervención se produce el impacto.
Crítico	Se puede definir como aquel impacto que, independientemente del plazo de manifestación (corto, mediano o largo) se produce la intervención impactante es crítico tal como por ejemplo el ruido de maquinaria de construcción en alrededores de un hospital.

Fuente: Adaptado de [25]

- **Por su capacidad de recuperación:**

TABLA 7: Tipos de impactos según su capacidad de recuperación

IMPACTO	DEFINICIÓN
Irreversible	Los daños causados por las actividades hacen que el medio se vea imposibilitado que pueda retornar por medios naturales a la normalidad anterior a la actividad impactante.
Reversible	Son aquellos que sus efectos pueden ser asimilados por el medio en el tiempo.
Recuperable	Los efectos producidos por la actividad son mitigables mediante la aplicación de medidas correctoras por la actividad humana.
Irrecuperable	El daño producido hace que se vea la imposibilidad de recuperar el medio por medio de medidas correctoras.

Fuente: Adaptado de [25]

- **Por su periodicidad:**

TABLA 8: Tipos de impacto según su periodicidad

IMPACTO	DEFINICIÓN
Continuo	Son aquellos que las intervenciones impactantes son constantes en el tiempo, la cual puede ser acumulable o no.
Discontinuo	Son aquellos en que las intervenciones impactantes se llevan a cabo de forma intermitente o esporádica en el tiempo.

Fuente: Adaptado de [25]

- **Por la relación causa-efecto:**

TABLA 9: Tipos de impactos según la Relación causa efecto

IMPACTO	DEFINICIÓN
Simple	No induce nuevos efectos y su causa se resume en un solo componente ambiental, es decir es individualizado.
Acumulativo	En el transcurso del tiempo de la acción el efecto dañino incrementa progresivamente gracias a que no se emplean mecanismos mitigadores.
sinérgico	Se puede observar cuando el conjunto de todos de la presencia simultánea de varios agentes impactantes la incidencia de este es mayor que el de los efectos individuales.

Fuente: Adaptado de [25]

- **Por la necesidad de aplicación de medidas correctoras:**

TABLA 10: Tipos de impactos según la necesidad de aplicación de medidas correctoras

IMPACTO	DEFINICIÓN
Crítico	La magnitud del efecto de la intervención es superior al límite máximo permisible y que hace es la pérdida total de un ecosistema.
Severo	Efecto cuya magnitud hace que se lleven a cabo medidas correctoras cuya duración de estas requieren de largos periodos de ejecución.
Moderado	Las alteraciones no requieren de medidas correctoras intensivas y cuya duración de retorno a su estado inicial no necesitan largos periodos.
Temporal	La recuperación es inmediata tras la finiquitación de las intervenciones contaminantes.

Fuente: Adaptado de [25]

b) Estudio del Impacto Ambiental (EIA):

El EIA está definido como como aquel análisis técnico que va a permitir la predicción, identificación, valoración y la corrección o mitigación de los efectos generados por las diferentes intervenciones humanas llevadas a cabo sobre la salud y el ecosistema. En el Perú está regido por el SEIA (Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental) el cual exige la elaboración de este estudio para la regulación de dichas actividades y también emite la certificación ambiental en función del EIA y las medidas tomadas para paliar los efectos mencionados en este.

Dentro de las maneras de evaluación cuantitativamente se nos presenta la Matriz de Leopold y el ya conocido Método de Batelle; por otro lado, tenemos a cualitativas dividiéndose en: Lista de Revisión, Diagramas de Flujo y Diagramas de Redes.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipo de investigación

De acuerdo al fin que persigue esta investigación es del tipo Aplicativa ya que la información obtenida en los resultados será también aplicable en cualquier región del Perú [20]. Además, la concepción de este trabajo es de: resolver un determinado problema como es la falta de conocimiento acerca de la aplicación de la huella ecológica y consolidar su aplicación para el desarrollo sostenible de las construcciones de edificaciones multifamiliares en Chiclayo [26]. Del mismo modo esta investigación es aplicada puesto que se basa en resultados de otras investigaciones y a partir de ellos se aplica para obtener los objetivos planteados.

De acuerdo al tipo, esta investigación es descriptiva, ya que se estimará que es lo que sucede en la construcción de las edificaciones de la ciudad de Chiclayo para la generación de la huella ecológica, teniendo en cuenta los consumos directos, indirectos, generación de residuos y la superficie de área construida; mas no se estudiará el por qué ocurre estos consumos, ni el por qué se generan la cantidad de residuos, ni mucho menos por qué de la superficie construida en la obra [27].

3.2 Diseño de la investigación.

De acuerdo al diseño de la investigación es no experimental, ya que se estima la huella ecológica en la etapa constructiva de dos edificaciones multifamiliares en la ciudad de Chiclayo, cuyos datos obtenidos no serán manipulados, sino que se tomarán directamente de los expedientes Técnicos.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1 Técnicas

3.3.1.1 Observación de campo estructurada:

La observación de campo se utiliza por ser una técnica donde los hechos o acciones de un fenómeno, en este caso construcción, se captan tal y como se van presentando en el mismo sitio donde generalmente se ubican los objetos de estudio que, para el presente trabajo son las dos edificaciones multifamiliares en la ciudad de Chiclayo. También es estructurada porque se observa características puntuales establecidas de antemano como las características físicas, la forma, el área de construcción de las edificaciones, contrastándolas con lo considerado en el expediente Técnico [28].

3.3.1.2 Análisis Documental:

En el presente trabajo sobre la estimación de la huella ecológica de dos edificaciones multifamiliares en Chiclayo se utiliza el análisis documental el cual como refiere vikery: “responden a tres necesidades informativas de los usuarios, en primer lugar, conocer lo que otros pares científicos han hecho o están realizando en un campo específico; en segundo lugar, conocer segmentos específicos de información de algún documento en particular; y, por último, conocer la totalidad de información relevante que exista sobre un tema específico” [29]. Se analiza Bibliografías de investigaciones relacionadas al tema y también se obtiene datos de documentos existentes como el Expediente Técnico.

3.3.1.3 Fichaje:

Tánica que se utiliza para modelar definiciones, conceptos y datos a través del registro, organización y precisión de ideas representativas para el desarrollo de cada una de las etapas consideradas de la presente investigación.

De esta manera podemos mencionar las siguientes fichas utilizadas:

- a) **Ficha Textual:** Se utiliza para transcribir datos de autores tal cual fueron concebidos y escritos por el autor en su producción bibliográfica.
- b) **Ficha Resumen:** Como su nombre lo indica se utiliza para resumir o sintetizar obras producidas para la elaboración de contenidos teóricos o antecedentes de este trabajo.
- c) **Ficha Bibliográfica:** Se utiliza para el registro de las diferentes fuentes visitadas para la recolección de datos de estudios elaborados que dan soporte científico y técnico a este estudio.

3.3.2 Instrumentos

3.3.2.1 Documentos de obra

a) Expediente Técnico

Es aquel grupo de documentos que permiten ejecutar de manera ordenada y adecuada una obra, este expediente contiene toda la información necesaria de relevancia técnica y económica,

dicho expediente es elaborado, como en este caso, por la empresa ejecutora del proyecto. El expediente técnico contempla la memoria descriptiva, especificaciones técnicas, planos, metrados, presupuesto de obra, entre otros.

Para este trabajo se tiene en mano los expedientes técnicos de ambos proyectos a evaluar la huella ecológica, conteniéndose en ellos toda la información que en su concepción representa este.

b) Cuaderno de obra

Se ve definido como aquel instrumento manejado por el ingeniero residente para registrar diariamente todas las acciones que ocurran en la obra como parte de la ejecución del proyecto. De contenerse esta información en la obra se utiliza como instrumento de análisis para el cálculo de la huella ecológica de los proyectos.

3.3.2.2 Programas de computo

a) Office Word

Para el presente trabajo es necesario el uso de Office Word, que, entre sus funciones nos permite crear un documento, revisar el trabajo con el control de cambios, hacer correcciones (gramaticales) y adecuarle formato con temas [30].

Este instrumento se utiliza de manera constante para la redacción de informe del estudio realizado, así como para procesamiento y almacenamiento de datos.

b) Office Excel

En el desarrollo de este trabajo se utiliza Office Excel ya que nos permite trabajar operaciones con números organizados en una cuadrícula, esta herramienta nos permite hacer cálculos desde el más básico, desde simples sumas hasta cálculo de alta complejidad. Además, nos permite hacer gráficos a partir de datos introducidos [31].

Para el procesamiento de datos de la huella ecológica se lleva a cabo en esta herramienta por la polifuncionalidad que tiene en referencia a los cálculos que este estudio tiene contemplado.

c) Office Power Point

Power point es un programa que se utiliza en la presente investigación para realizar presentaciones que incluirán animaciones, texto, imágenes, videos y mucho más, con la finalidad de compartir las ideas de la investigación [32].

3.3.2.3 Programas de ingeniería

a) Autocad

Esta es una herramienta muy necesaria en el ámbito de la Ingeniería Civil que nos permite crear y hacer seguimiento de dibujos en 2D o 3D, automatiza tareas como comparar dibujos, crear planificaciones, etc [33]. Es necesaria para ver y constatar detalles de las edificaciones durante el desarrollo del trabajo.

3.4 Procedimientos

Para obtener la información necesaria se solicita los expedientes técnicos a los dueños de cada proyecto, así como también se solicita el permiso debido para poder visitar el área de proyecto a fin de recabar información complementaria. Dichos expedientes solicitados son divididos en dos partes: Características generales y los llamados Presupuestos.

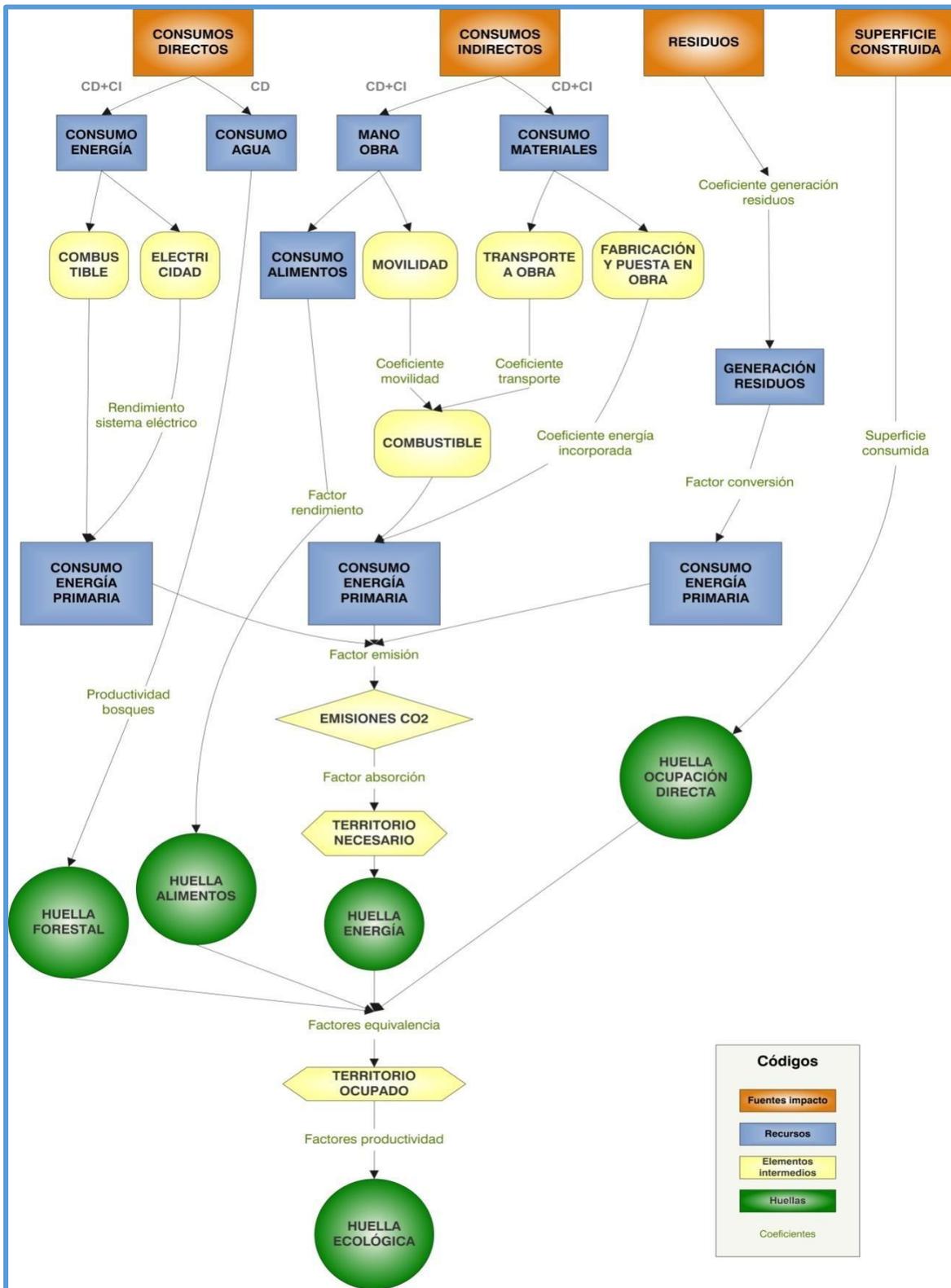
La información recolectada de la división de los expedientes técnicos es clave para el desarrollo de la investigación siendo utilizados en las dos primeras etapas concernientes a la recopilación de información y el cálculo de la huella ecológica, ya que por medio de los datos presentados en dichos expedientes se determina los consumos hechos en obra y que son claves para el desarrollo del presente trabajo.

Para la obtención de factores de equivalencia y conversión se hace la consulta a entidades relacionadas con el tema ambiental que, para el caso del Perú es el MINAM (Ministerio del Ambiente). Además, con el fin de contrastar y complementar información se procede a consultar a fuentes internacionales ya sea el caso bibliográfico (tesis, revistas y libros) o a entidades como la Global Footprint Network (GFN), entidad que brinda información ambiental de este tipo.

Para la estimación de la huella ecológica de los dos casos propuestos se lleva a cabo de acuerdo al procedimiento general consultado en [9], la cual se muestra en el gráfico 1 en la que

se nos describe las fuentes de impacto, los recursos, los elementos intermedios, las huellas parciales, la huella total y finalmente los coeficientes.

GRÁFICO 1: Procedimiento general para estimar la huella ecológica



Fuente: Elaborado por Julio Solís en [9]

3.4.1 Huella del consumo de energía

La huella correspondiente al consumo de energía se desarrolla en base al procedimiento formulado por Julio Solís en [9], el cual se ve reflejado en el gráfico 2; en este gráfico se describe que los consumos de energía son provenientes del consumo de energía eléctrica en obra y del gasto correspondiente al combustible, de esta manera se obtiene el consumo de energía primaria, luego se procede al cálculo de las emisiones de CO₂ y de territorio necesario para la absorción de CO₂ aplicando los factores de emisión y absorción respectivamente. Finalmente se estima la huella ecológica de consumo de energía mediante la utilización del factor de equivalencia para el tipo de territorio necesario.

Se utiliza la siguiente fórmula para dicho cálculo de la huella ecológica de la electricidad en construcción.

$$HE_{PEE} = \sum_i \frac{C_i}{PE_i} * FE_f$$

Donde:

HE_{pee}: Huella ecológica ponderada del consumo de energía eléctrica en obra (hag)

C_i: Consumo de energía primaria (GJ)

PE_i: Productividad energética (GJ/ha)

FE_B: Factor de equivalencia forestal

$$HE_{cc} = \sum_i \frac{C_i}{PE_i} * FE_f$$

Donde:

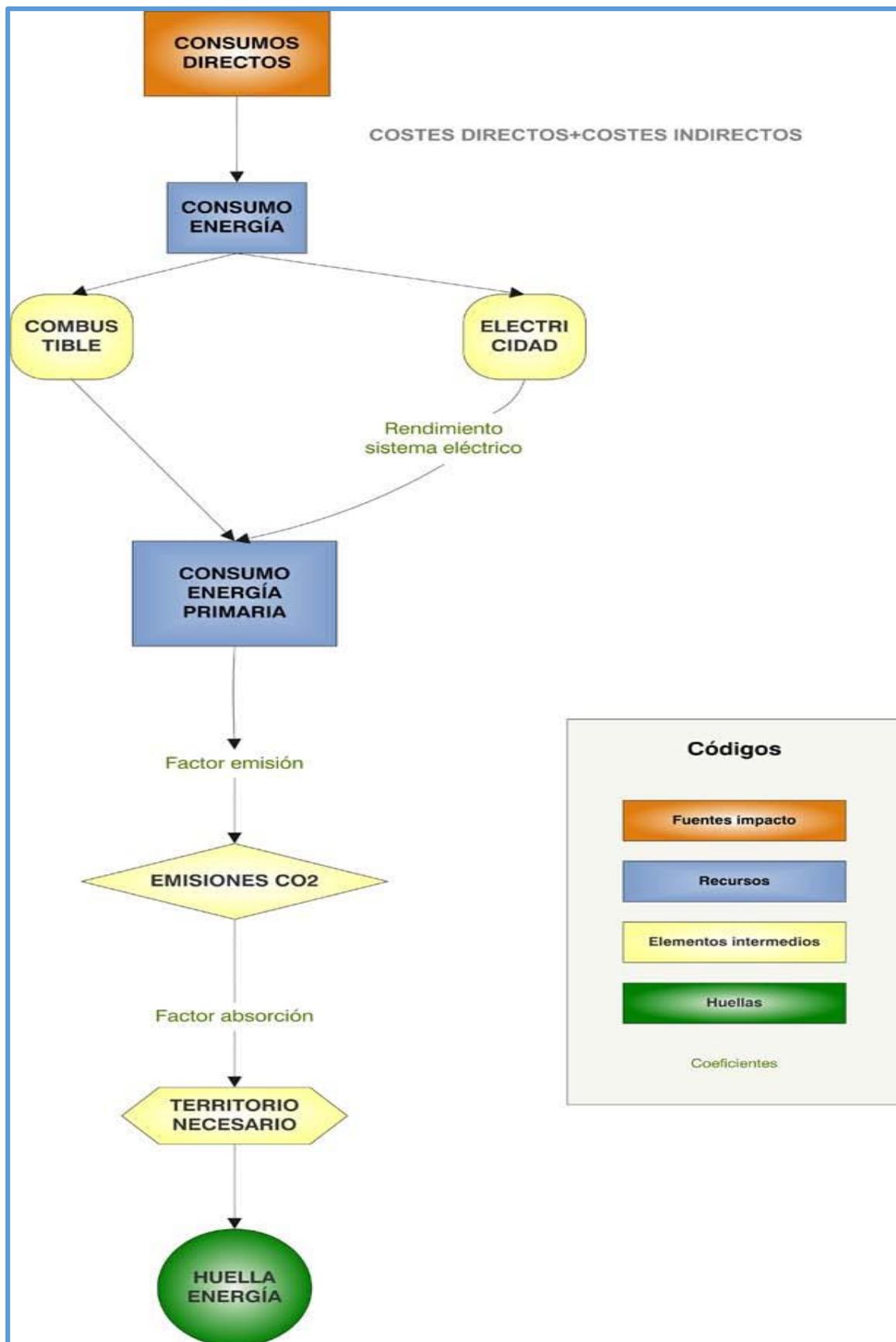
HE_{cc}: Huella ecológica ponderada del consumo de combustible en obra (hag)

C_i: Consumo de combustible (GJ)

PE_i: Productividad energética (GJ/ha)

FE_B: Factor de equivalencia forestal

GRÁFICO 2: Procedimiento para la estimación de la huella asociada al consumo de energía



Fuente: Elaborado por Julio Solís en [9]

3.4.2 Huella del consumo de agua en obra

El procedimiento que se sigue para el desarrollo de la huella asociada al consumo de agua en obra se desarrolla en función a lo estipulado por Julio Solís en [9].

En el gráfico 3 se describe el orden de procedimiento para la estimación e la huella asociada al consumo de agua, la cual una vez obtenido el consumo de agua y por medio de la productividad de agua de los bosques se calcula la huella forestal, luego a partir de la utilización de los factores de equivalencia se obtiene el territorio ocupado que, con los factores de productividad se logra tener finalmente la huella asociada al consumo de agua en obra.

Para su desarrollo se tendrá que aplicar la siguiente fórmula:

$$HE_{pa} = \frac{C}{PB} * FE_B$$

Donde:

HEpa: huella ecológica ponderada del agua (hag)

C: consumo de agua (m3)

Pb: productividad de bosques (m3/ha).

FEb: factor de equivalencia para los bosques.

3.4.3 Huella del consumo de alimentos

El desarrollo que se sigue para la estimación de la huella asociada al consumo de alimentos se desarrolla en función a lo estipulado por Julio Solís en [9].

En el gráfico 4 se describe el orden de procedimiento para la estimación e la huella asociada al consumo de alimentos, la cual comienza a funcionar obteniendo, por medio de cálculos hipotéticos, el consumo de alimentos de la mano de obra, a esta se le aplica el factor de rendimiento con lo cual se obtiene la huella de los alimentos, luego se utiliza el factor de equivalencia obteniendo el territorio ocupado. Finalmente, por acción de los factores de productividad se logra sumar a la huella total del caso analizado.

La huella ecológica de los alimentos se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$HE_{pal} = \frac{HE_c}{h_c} * N_h$$

Donde:

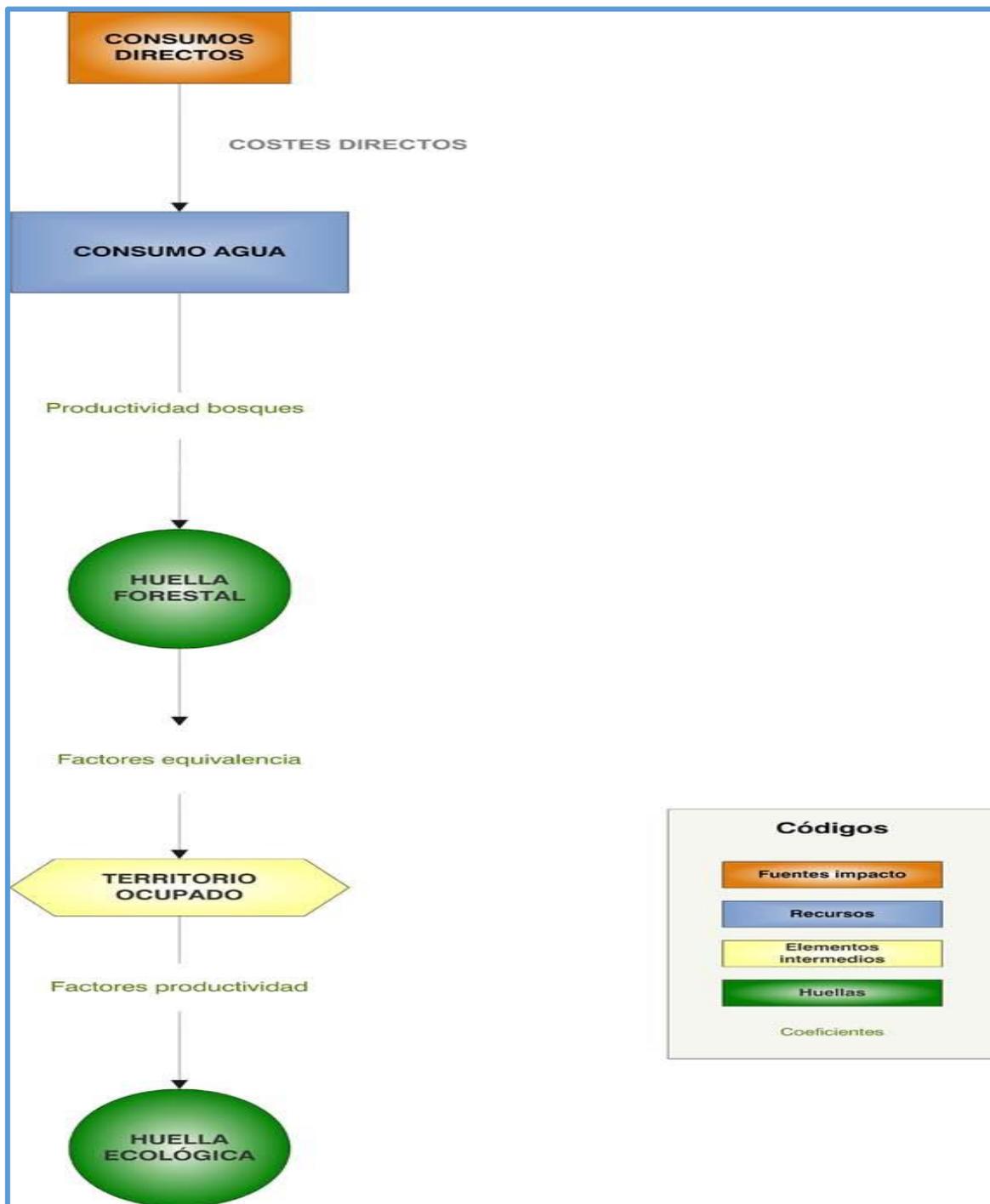
HEpal: huella ecológica ponderada de los alimentos (hag)

HEc: huella ecológica expresada como hag/comida

hc: 8 horas/comida

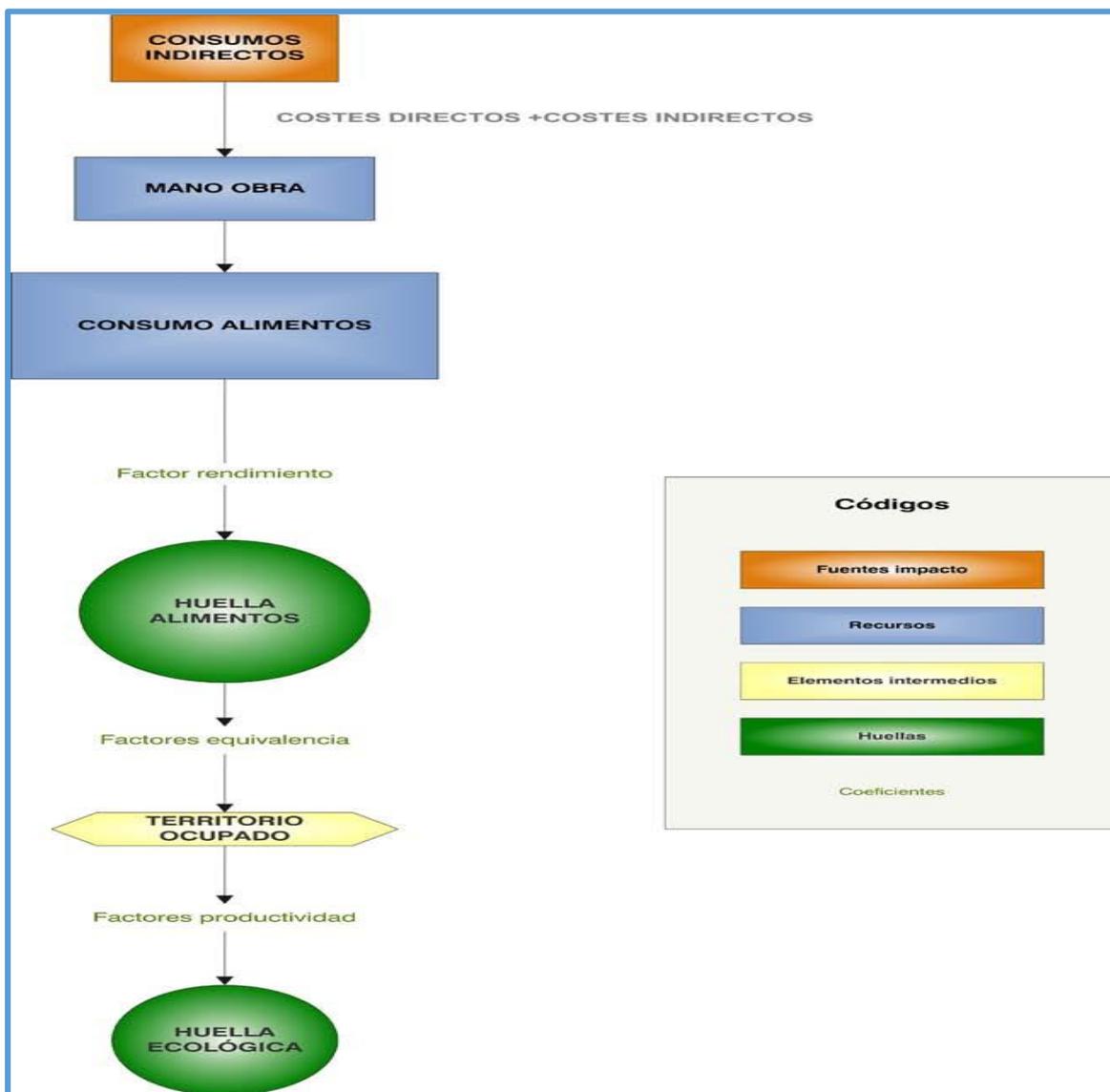
Nh: número total de horas trabajadas

GRÁFICO 3: Procedimiento para la estimación de la huella asociada al consumo de agua.



Fuente: Elaborado por Julio Solís en [9]

GRÁFICO 4: Procedimiento para la estimación de la huella asociada al consumo de alimentos.



Fuente: Elaborado por Julio Solís en [9]

3.4.4 Huella de movilidad

Como parte de la huella producida por la mano de obra encontramos la huella asociada al uso de movilidad de los trabajadores, para lograr esto se desarrolla en relación al procedimiento formulado por Julio Guzmán en su tesis doctoral [9].

Este procedimiento se ve explicado en el gráfico 5, el cual nos menciona que por medio del uso de los factores de movilidad se logra obtener el combustible utilizado, este alimenta al consumo de energía primaria. Seguidamente por medio de la utilización de los factores de emisión de CO₂ y de los factores de absorción se logra determinar las emisiones y el territorio

necesario para su absorción. Finalmente, con el factor de equivalencia de territorio se obtiene el valor de la huella asociada a la movilidad.

El procedimiento de la huella ecológica ponderada del consumo de combustible de movilidad de los trabajadores, queda sustentada bajo la siguiente fórmula:

$$HE_{pc} = \frac{C}{PC} * FE_B$$

Donde:

HE_{pc}: huella ecológica ponderada del consumo de combustible (hag)

C: consumo (GJ)

Pc: productividad energética del combustible (GJ/ha)

Nh: factor de equivalencia de los bosques (hag/ha)

FE_B: factor de equivalencia para los bosques.

3.4.5 Huella de materiales de construcción

El procedimiento para la estimación de la huella asociada a los materiales de construcción se siguen los lineamientos dados mencionados en [9], estos lineamientos se ven descritos en el gráfico 6.

El consumo de materiales se encuentra dentro de la fuente de impacto denominado: consumos indirectos, estos consumos involucra la energía incorporada para la fabricación, transporte y puesta en obra. Esta energía mediante la aplicación de sus factores se sumará al consumo de energía primaria, para luego encontrar el territorio necesario para la absorción de la emisión de CO₂ a través del uso de sus respectivos factores, tanto de emisión como de absorción de CO₂ que finalmente nos dará como resultado la huella asociada al consumo de materiales de construcción.

El cálculo de la huella ecológica ponderada de materiales de construcción queda definido de la siguiente manera:

$$HE_{pm} = \frac{\sum_i C_{mi} * E_{iem_i}}{PE} * FE_B$$

Donde:

HE_{pm}: huella ecológica ponderada de materiales de construcción (hag)

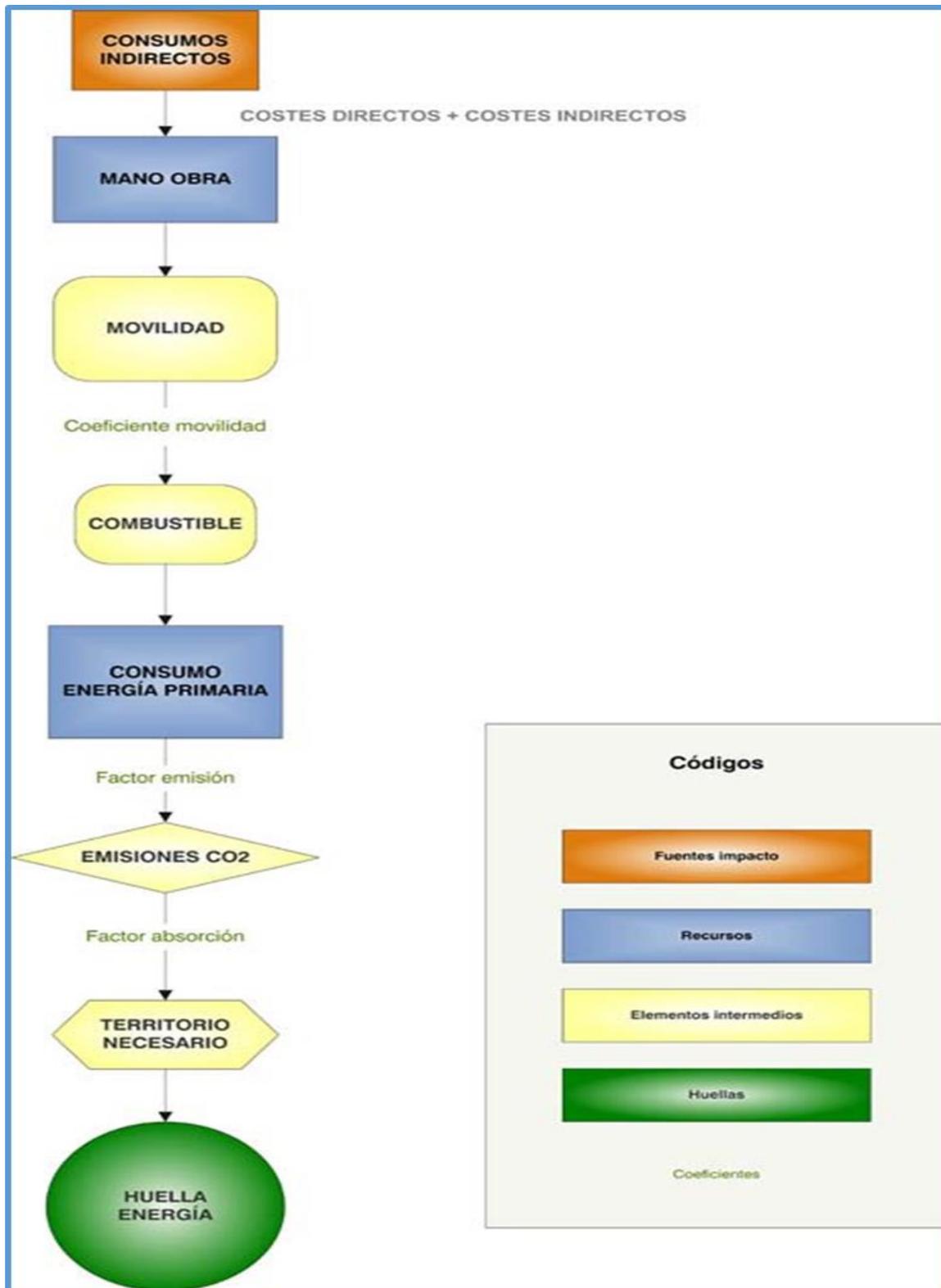
C_{mi}: consumo del material (kg)

E_{imi}: energía incorporada específica del material i (MJ/kg)

PE: productividad energética del petróleo (MJ/ha)

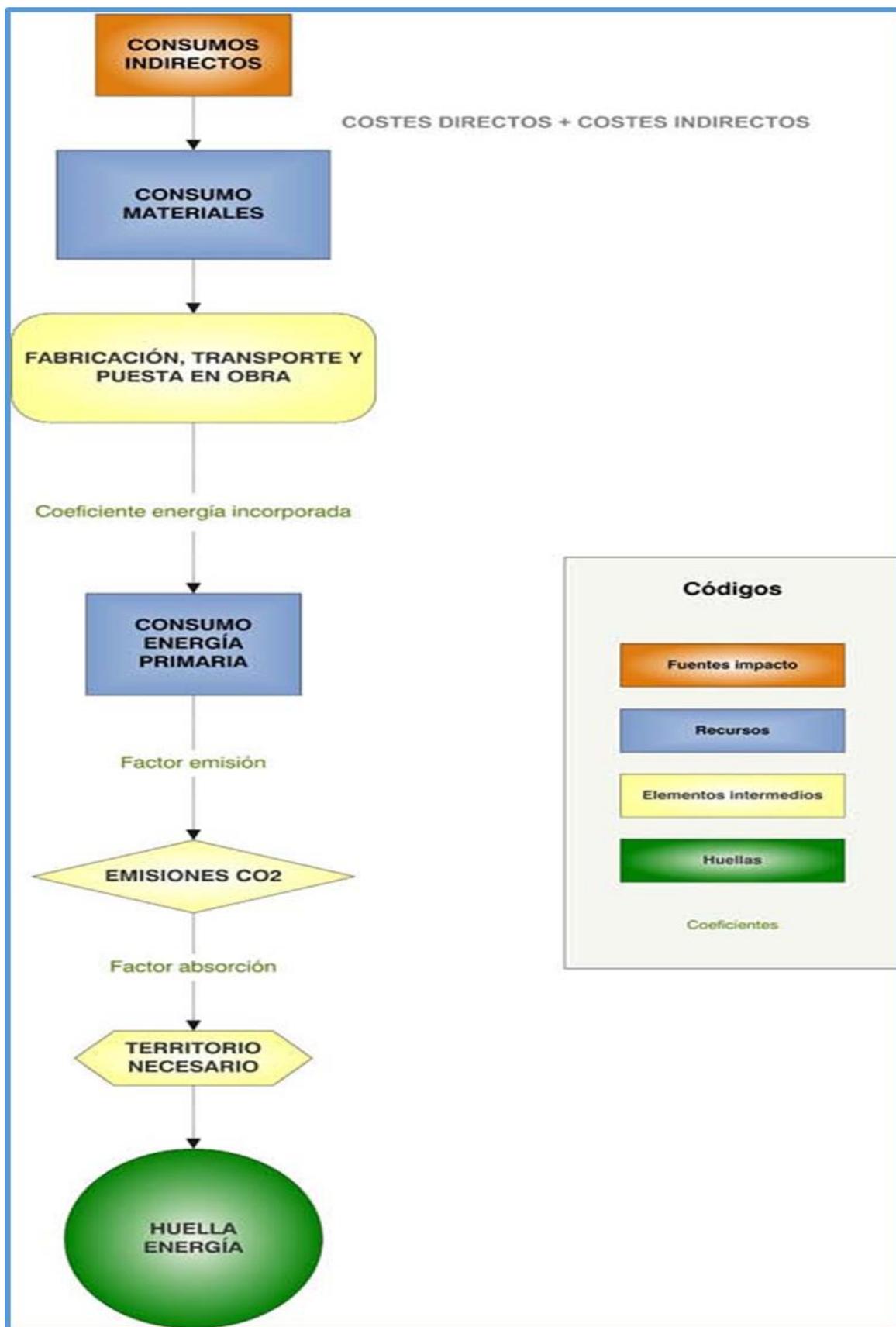
FEB: factor de equivalencia para los bosques.

GRÁFICO 5: Procedimiento para la estimación de la huella asociada al uso de movilidad.



Fuente: Elaborado por Julio Solís en [9]

GRÁFICO 6: Procedimiento para la estimación de la huella asociada al consumo de materiales de construcción.



Fuente: Elaborado por Julio Solís en [9]

3.4.6 Huella de los Residuos

El computo de la huella asociada a los residuos de obra se lleva a cabo bajo los lineamientos del procedimiento desarrollado en [9], que se ve explicada en el gráfico 7.

Bajo esta premisa el procedimiento se calcula con los coeficientes de generación de residuos, el cual nos dará la cantidad de residuos generados que, por medio de factor de conversión llega para aportar a la energía primaria y que por consiguiente y a través del cálculo del territorio necesario para asimilar las emisiones que estos generan se llega a obtener su respectiva huella.

Para obtener los índices de conversión (IC) se sigue las fórmulas planteadas a continuación:

$$IC_{RNP_{XP}} = \frac{IE_X}{PE} * \left(1 - \frac{\%R_X}{100} * \frac{\%SE_X}{100}\right) * FE_F$$

Donde:

IC_{RNP_{XP}}= Índice de conversión ponderado (ha/t)

IE_X= Intensidad energética de producción del material que está fabricando el residuo.

PE= Productividad energética del residuo

% R_x= Porcentaje de reciclaje de x

% SE_x=Porcentaje de energía recuperada por reciclaje

FE_x=porcentaje de energía recuperada por reciclaje

En el procedimiento para el cartón y papel se añade otro factor puesto que proviene de una huella de bosque. De esta manera la fórmula queda expresada de la siguiente manera:

$$IC_{RNP_{XP}} = \frac{IE_X}{PE} * \left(1 - \frac{\%R_X}{100} * \frac{\%SE_X}{100}\right) * FE_F + \frac{1}{PN} * \left(1 - \frac{\%R_X}{100} * 0.8\right) * FE_B$$

Donde:

PN= Productividad natural del papel (ver tabla 1.4)

FE_B= factor de equivalencia del bosque

Finalmente, la estimación de la huella de los residuos es la sumatoria de los índices de conversión ponderados multiplicado por el consumo de cada residuo generado de acuerdo a su procedencia (huella energética o forestal), como se muestra:

$$HE_{pr} = \sum_i IC_{RNP_{iP}} * C_i$$

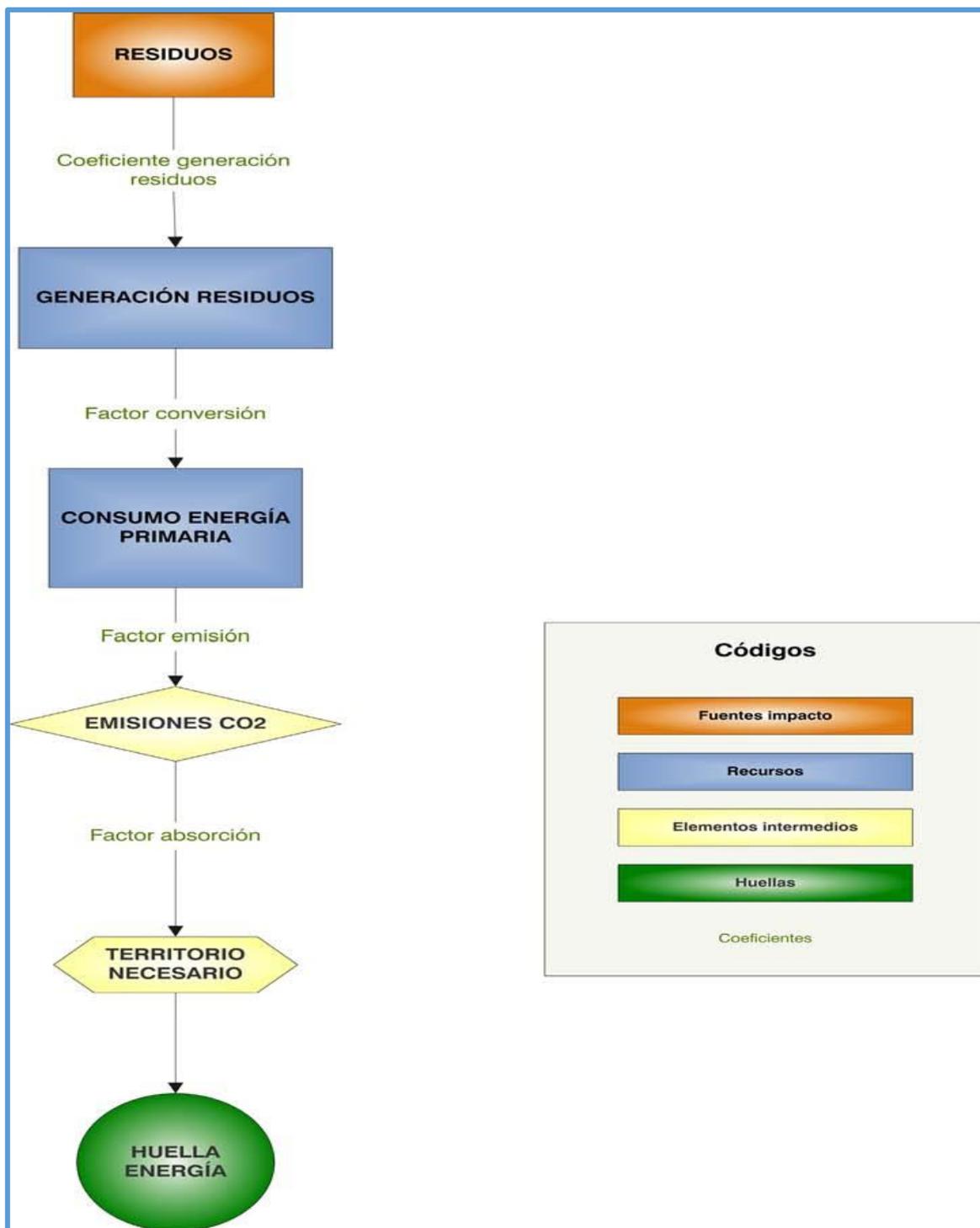
Donde:

HEpr=Huella ecológica ponderada de los residuos (hag)

ICRN_{Pip}=Índice de conversión ponderado (hag/t)

C_i =Consumo (t)

GRÁFICO 7: Procedimiento para la estimación de la huella asociada a los residuos



Fuente: Elaborado por Julio Solís en [9]

3.4.7 Huella de la superficie construida

Para el calcular la Huella Ecológica de la ocupación de superficie construida de la edificación se tendrá como fuente de procedimiento de cálculo aquella llevada a cabo por Julio Solís [9] (ver gráfico 8) y se aplicó las fórmulas siguientes para dicho cálculo (en términos globales), para ello se tiene que cambiar de unidades puesto que en los datos de los expedientes se muestra el área construida en m² y se tiene que pasar a ha por la aplicabilidad.

La superficie es transformada en huella de ocupación mediante el uso de coeficientes de superficie consumida, para que finalmente por medio de la utilización de factores de equivalencia y productividad se logre obtener el territorio ocupado y por ende la huella ecológica.

El cálculo de la HE en términos globales se verá expresado como:

$$HE_{PS} = S * FE_{SC}$$

Dónde:

HEps: HE ponderada de ocupación directa (hag)

S: superficie consumida (ha)

FEsc: factor de equivalencia de la superficie construida

3.4.8 Huella total

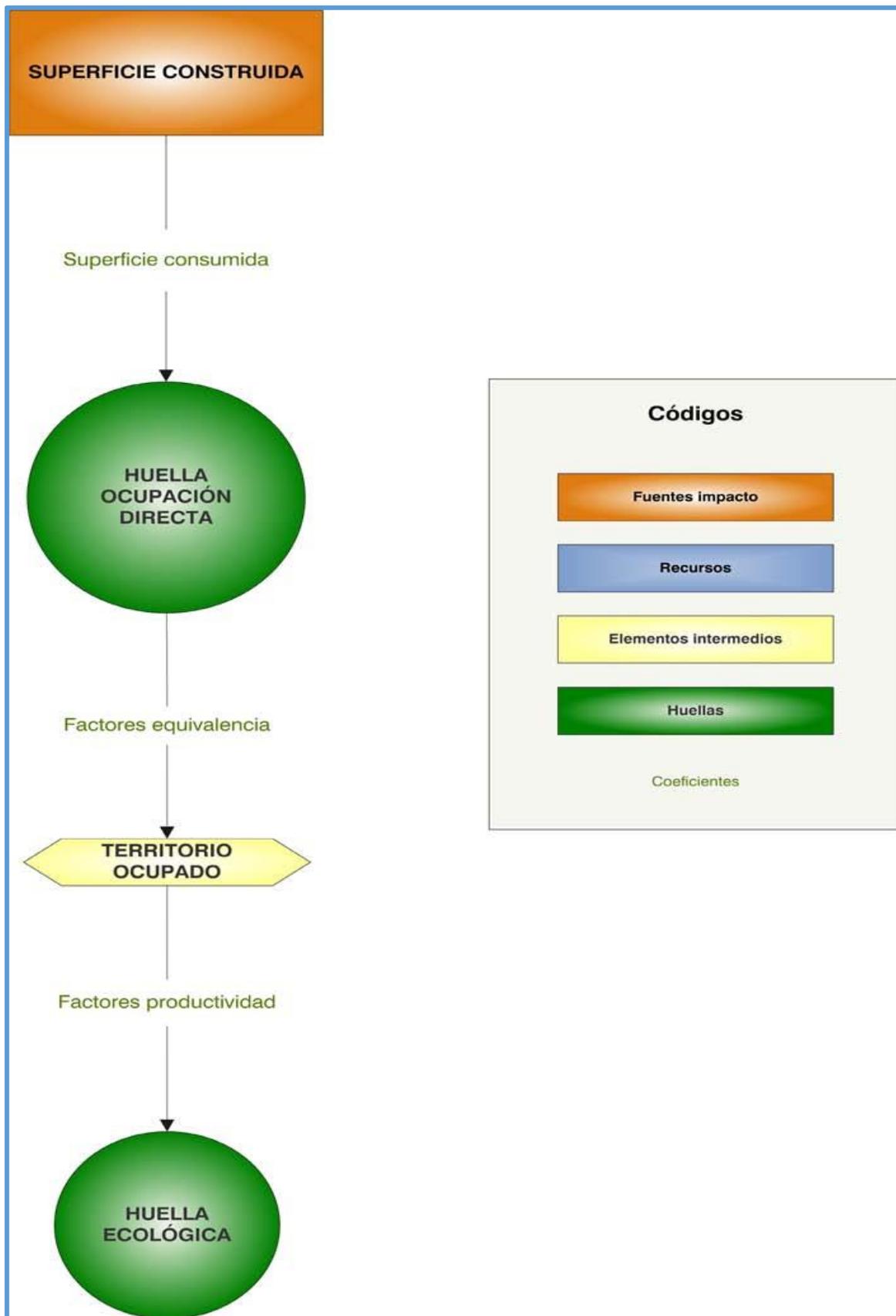
Para estimar la huella ecológica total el procedimiento es basado en el gráfico 1, cuyo procedimiento resulta de la sumatoria de la huella forestal, huella de alimentos, de la energía primaria, y de ocupación directa.

Del mismo modo se selecciona el tipo de huella de acuerdo a los factores de equivalencia utilizados en la investigación, los cuales dejan una huella fósil, huella de pastos, huella de mar, huella de bosques y huella de superficie construida.

La huella ecológica total está definida por la utilización de factores de equivalencia y de conversión para todas las huellas explicadas anteriormente de tal manera que nos resuelva un único resultado, utilizando para ello los factores de emisión y absorción de carbono., obteniéndose así la huella general de cada caso de aplicación.

También se estima esta huella total bajo conceptos de hag/m² para lo cual haremos uso de la suma total de área construida para cada caso aplicativo.

GRÁFICO 8: Procedimiento para la estimación de la huella asociada a la superficie construida



Fuente: Elaborado por Julio Solís en [9]

3.5 Plan de procesamiento y análisis de datos

Para el desarrollo de la estimación de la huella ecológica se siguió el siguiente plan para lograr el procesamiento y análisis de datos, teniéndose que dividir en 4 fases o etapas expuestas a continuación:

3.5.1 Fase I: Recopilación de información

1. Coordinación con propietarios de las edificaciones en estudio.
2. Obtención de Expedientes Técnicos de las edificaciones por analizar.
3. Visita la zona de estudio y recolección de información de campo.
4. Gestión de los permisos con las autoridades a cargo del proyecto.
5. Recopilación de información bibliográfica de proyectos similares.
6. Análisis la información de proyectos con características similares.

3.5.2 Fase II: Cálculo de la huella ecológica

7. Establecer el estado actual del método teórico de cálculo de la huella ecológica del sector construcción.
8. Analizar las fórmulas de cálculo empleando la huella ecológica.
9. Búsqueda y obtención de factores de equivalencia para el cálculo de Huella Ecológica.
10. Cálculo de la huella ecológica de los consumos directos.
11. Cálculo de la huella ecológica de los consumos indirectos.
12. Cálculo de la huella ecológica de la generación de residuos.
13. Cálculo de la huella ecológica de la superficie construida.
14. Cálculo de la huella ecológica total.

3.5.3 Fase III: Resultados

15. Obtención de resultados.
16. Presentación de resultados.
17. Comparación de resultados entre edificios estudiados.
18. Análisis de resultados.

3.5.4 Fase IV: Informe final

19. Conclusiones y recomendaciones.
20. Elaboración final del proyecto.
21. Revisiones parciales por parte del asesor.
22. Presentación y Sustentación Final de Tesis.

3.6 Consideraciones éticas

El presente trabajo, se realiza respetando la propiedad intelectual de las diferentes fuentes consultadas, de manera que sean citadas correctamente y plasmando dichas fuentes en las referencias bibliográficas.

Del mismo modo, por tratarse de información relacionada al manejo de expedientes técnicos y respecto al punto de reserva de información, se consideró contar con autorizaciones respectivas para la manipulación de dicha información que será utilizada única y exclusivamente para el desarrollo de la presente investigación mas no para otros fines.

Consecuentemente, los procedimientos, metodologías presentadas y aplicadas en el presente trabajo representan propiedad intelectual del autor del presente estudio, por lo que al ser tomado como referencia debe ser correctamente citada y presentada en las referencias bibliográficas del trabajo que visitó este estudio.

Finalmente, se reserva la identidad de participantes en el presente estudio tal es el caso como dueños, proyectistas, y empresas ejecutoras de dichos proyectos: a excepción de algunos casos que por su representatividad dieron el permiso para que pueden ser identificados en el desarrollo del presente trabajo.

IV. RESULTADOS

4.1 Caso aplicativo 01

4.1.1 Del terreno

El proyecto se ejecutará sobre un terreno baldío, lote 3-4 Mzna. “H”. Condominio Jockey Club de Chiclayo – I etapa, distrito de La victoria, Chiclayo. Cuenta con un área de 380 m², un área proyectada de 1325.35 m² proyectada en cuatro niveles.

TABLA 11: Área techada por nivel caso aplicativo 01

NIVEL	AREA TECHADA
PRIMER PISO	329.56 m ²
SEGUNDO PISO	329.56 m ²
TERCER PISO	329.56 m ²
CUARTO PISO	329.56 m ²
AZOTEA	7.11 m ²
TOTAL	1325.35 m ²

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Linderos

Reconocidos dentro de los linderos siguientes:

- Por el frente: Limita con la Calle 13, con 19.00 metros lineales.
- Por la derecha: Limita con el Lote N° 02, con 20.00 metros lineales.
- Por la izquierda: Limita con el Lote N° 05, con 20 metros lineales.
- Por el fondo: Limita con el Lote N° 22 y 23, propiedad de terceros, con 19.00 metros lineales.

4.1.3 Perímetros y superficie

El perímetro resultante de los linderos antes descritos es de 78.00 metros lineales y encierra una superficie de 380.00 m²

4.1.4 Del proyecto

El proyecto plantea desarrollar una edificación con 8 departamentos en un terreno cuadrado organizado dos departamentos por nivel de manera simétrica, cada par de departamento acceden de manera central tanto por escalera y ascensor, las áreas de servicios se ventilan de manera natural por un patio central y las zonas íntimas por patios laterales, los cerramientos exteriores están conformados por mamparas de cristal traslucidos y celosías de lamas horizontales de

aluminio, el proyecto contempla automatizar la iluminación de las áreas comunes así como el uso de paneles solares para los mismos.

4.1.4.1 Del diseño

El diseño se distribuye en 4 niveles:

a) Primer nivel:

Se distinguen:

- Áreas comunes: Recepción, ascensor, escalera principal, patio principal, estacionamiento para 7 vehículos.
- Dos departamentos iguales de 115.30 m² cada uno que cuentan con: cocina, sala-comedor, baño de visita, patio, dormitorio principal con baño, dormitorio con baño, dormitorio de servicio con baño y lavandería.

b) Segundo, tercer y cuarto nivel:

Se distinguen:

- Áreas comunes: Ascensor, escalera principal.
- Dos departamentos iguales de 150.50 m² cada uno que cuentan con: cocina, sala, comedor, baño de visita, dormitorio principal con baño y walking closet, dos dormitorios con baño cada uno, dormitorio de servicio con baño y lavandería.

4.1.4.2 Acabados

a) Pisos:

- Ambientes principales: (sala-comedor, cocina, dormitorios y baños) del primer al cuarto nivel piso en toda su extensión contarán con porcelanato de importación Decorela en diferentes dimensiones.
- Patios: Porcelanato rústico importado de alto tránsito 0.60 x 0.60.
- Hall: Porcelanato nacional San Lorenzo 0.60 x 0.60.
- Estacionamiento: Piso de cemento pulido.

b) Zócalos y contra-zócalos:

- Contra zócalos de madera: Los ambientes principales llevarán enchapes en madera sin rodón h=0.10mts.
- Contra zócalos de cerámica: Los ambientes de servicio llevarán enchapes en cerámica nacional h=0.10mts.
- Zócalos: Los baños principales contarán con enchapes en porcelanato de importación Decorela con una altura de 2.10 m. Los baños de servicio con enchapes en cerámico San Lorenzo.

c) Revestimiento:

- Cocina y baños: Mesas de cuarzo blanco Silestone de 12mm.

d) Muros y techos:

- Muros: Tarrajeo frotachado, empastados y pintados con látex American Colors en todos los muros interiores y exteriores.
- Cieloraso: Tarrajeo frotachado, empastados y pintados con látex American Colors en todos los ambientes.
- Coberturas: Piso de cemento pulido con acabo en ladrillo pastelero en bordes interiores.

e) Carpintería Metálica:

- Escaleras: Metálica con acabado en gloss con pasos de concreto revestido con terrazo lavado.
- Celosías: Metálica de fierro galvanizado con acabado en gloss.

f) Carpintería de madera:

- Puerta principal: Contraplacada con bastidores y marco de cedro con sección 3" x 2".
- Puertas interiores: Tropikor liviano de 36mm color wenge con marcon de cedro con sección 3" x 2".
- Bisagras: Aluminizadas de 4". Cada puerta llevara 3 bisagras con tornillos aluminados.
- Cerradura principal: Cerradura de acero 50x85mm 2 golpes, 4 pines.
- Cerrajería: De manija de acero 45mm 2 golpes marca Lottus.
- Closets: De melamine de 18mm color blanco.

- Cocina: Muebles de melamine de 18mm, mueble bajo color wengue y mueble alto color blanco ambos con jaladores de aluminio.

g) Vidrios y cristales:

- Ventanas: En sistema directo con vidrio crudo transparente de 5.5mm con perfilería en aluminio, baños y servicios vidrio crudo pavonado.
- Mamparas: Cristal templado 10mm con jaladores de aluminio.
- Barandas: Cristal templado 10mm con perfil de aluminio circular.

h) Artefactos eléctricos:

- Luminarias: En dormitorios y baños cuentan con plafones con borde de aluminio, en áreas comunes cuentan con spot empotrados.
- Placas: De aluminio anodizados color titanio marca Schneider.
- Termas: Todos los departamentos cuentan con termas marca Sole de 50 lts.
- Cocina: Incluye encimera a gas, campana y horno eléctrico.

i) Sanitarios:

- Baños principales: Lavatorio rectangular blanco Vessel, inodoro blanco Klipen, Tina hidromasajes 1.65 x 1.20.
- Baños comunes: Lavatorio rectangular blanco Vessel, inodoro blanco Klipen.
- Baños de visita: Bowl blanco Vessel, inodoro blanco Klipen.
- Baños de servicio: Lavatorio blanco Mancora (Trébol), inodoro blanco rapid jet (Trébol).
- Lavandería: Lavadero blanco Amazonas.
- Cocina: Poza de acero inoxidable Franke.

j) Griferías:

- Baños principales y comunes: Monocomando cromado Kliplén en duchas y lavatorios.
- Baños de visita: Monocomando cromado a pared Klipen.
- Baños de servicio: Mezcladora cromada Vainsa.
- Cocina: Monocomando cromado FV.

4.2 Caso aplicativo 02

4.2.1 Del terreno

El Terreno donde se implementará la infraestructura se ubica ubicada en parte del sub lote N° 16 en la Av. Quiñones, CC.PP. San Agustín, distrito de Pimentel, Chiclayo. Cuenta con un área de 300.00 m², un área proyectada de 971.46 m² proyectada en 5 niveles.

TABLA 12: Área techada por nivel caso aplicativo 02

NIVEL	AREA TECHADA
PRIMER PISO	243.98 m ²
SEGUNDO PISO	181.87 m ²
TERCER PISO	181.87 m ²
CUARTO PISO	181.87 m ²
QUINTO PISO	181.87 m ²
TOTAL	971.46 m ²

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Linderos

Reconocidos dentro de los linderos siguientes:

- Por el Frente: Con Av. Quiñones (carretera Chiclayo-Pimentel), con 9.60 ml.
- Por la Derecha entrando: Con lote de propiedad de Lucia Margot Baquedano Callao, con 31.25ml.
- Por la Izquierda entrando: Con lote de propiedad de José Guillermo Baquedano Callao, con 31.25ml.
- Por el Fondo: Con propiedad de la sucesión Guillermo Baquedano y Juana Rosa Calla Fernández, con 9.60 ml.

4.2.3 Perímetros y superficie

El perímetro resultante de los linderos antes descritos es de 81.70 metros lineales y encierra una superficie de 300.00 m²

4.2.4 Del proyecto

El proyecto plantea desarrollar una edificación con 10 departamentos en un terreno cuadrado organizado dos departamentos por nivel de manera simétrica, cada par de departamento acceden de manera central tanto por escalera, las áreas de servicios se ventilan de manera natural por un

patio central y las zonas íntimas por patios laterales, los cerramientos exteriores están conformados por mamparas de cristal traslucidos y celosías de lamas horizontales de aluminio, el proyecto contempla automatizar la iluminación de las áreas comunes.

4.2.4.1 Del diseño

El diseño se distribuye en 4 niveles:

a) Primer nivel:

Existe un ingreso principal, el cual cuenta con un corredor que nos distribuye a un primer departamento que cuenta con los siguientes ambientes: sala comedor, cocina, lavandería, patio jardín, dormitorio principal+ss.hh, dormitorio 1, dormitorio 2 y ss.hh común. Al finalizar el corredor tenemos una circulación vertical y el segundo departamento, el cual cuenta con los siguientes ambientes: sala comedor, cocina, patio terraza, ss.hh común, dormitorio 1, dormitorio 2, patio jardín, dormitorio principal + ss.hh privado.

b) Segundo nivel

Se accede al mismo a través de una escalera central, llegando a un hall, el cual nos distribuye a dos departamentos. El primer departamento cuenta con los ambientes: sala comedor, cocina – lavandería, dormitorio principal + ss.hh privado, dormitorio 1, dormitorio 2 y ss.hh común y balcón. El segundo departamento cuenta con los ambientes: sala comedor, cocina, lavandería, dormitorio principal + ss.hh privado, dormitorio 1, oficina y ss.hh común.

c) Tercer, cuarto y quinto nivel:

Se accede al mismo a través de una escalera central, llegando a un hall, el cual nos distribuye a dos departamentos. El primer departamento cuenta con los ambientes: sala comedor, cocina – lavandería, dormitorio principal + ss.hh privado, dormitorio 1, dormitorio 2 y ss.hh común y balcón. El segundo departamento cuenta con los ambientes: sala comedor, cocina, lavandería, dormitorio principal + ss.hh privado, dormitorio 1, oficina y ss.hh común.

4.2.4.2 Acabados

Los acabados serán propuestos de acuerdo al diseño exterior e interior adecuado y correspondiente para esta edificación.

a) Pisos

En las áreas sociales de los departamentos se colocará piso de porcelanato de 0.60 x 0.60 m, es decir en la sala comedor, balcón, pasadizo, cocina y lavandería. En las zonas de servicio como en baños se colocará piso cerámico de 0.30 x 0.30 m. Por ultimo en las zonas intimas que son los dormitorios se colocara piso porcelanato de 0.60 x 0.60 m. Los patios tendrán áreas de jardín los cuales serán de grass natural.

b) Zócalos y Contra zócalos

- Se colocará contra zócalo de porcelanato de 0.10 cm de alto, en las áreas sociales que son las salas comedor y contra zócalo de cerámica de 0.10 cm en los dormitorios.
- Los SS. HH contaran con zócalo cerámico de 0.40 x 0.25 m con una altura total de 1.90 m.

c) Pintura

- Pintura de Exteriores

Para este tipo de exteriores corresponde Pintura látex acrílico satinado, los muros exteriores serán pintados color blanco y las rejas de la fachada serán pintadas de color negro.

- Pintura de Interiores

Los muros interiores tendrán pintura látex matizado color blanco, previo empaste siguiendo los procedimientos del fabricante, la puerta metálica del ingreso tendrá un color gris, pintura gloss; las puertas contraplacadas de madera tendrán acabado al duco y los cielos rasos serán pintados con látex color blanco.

d) Vidrios

- Las mamparas son cristal templado de 6mm.

e) Carpintería de madera y afines

Los marcos de las puertas contraplacadas serán de madera 2"x4"; las hojas puertas contraplacadas serán a base de MDF 6mm y tendrán un espesor de 45mm, todas las puertas serán pintadas al duco en color similar al de los muros (Alabastro de Vencelatex). Se colocará en cada puerta un tope de media luna, según detalle especificado en los planos.

f) Carpintería metálica

- Las rejas metálicas de protección serán de tubo cuadrado 1 1/2"x1 1/2"x5mm cada 12cms; se pintarán con pintura gloss negro.
- Las rejas de la fachada serán de fierro liso de 1" y marco de platina de 1/2" x 2 1/2".

g) Cerrajería y accesorios

- Las chapas para las puertas interiores son de acabado color aluminio satinado, las puertas de baño chapa de baño y el resto chapa de dormitorio.
- Las bisagras para puertas de madera serán de marca Bisa aceradas 3 1/2" x 3 1/2".

h) Aparatos Sanitarios

- Los inodoros, lavatorios y urinarias serán de material cerámico color blanco.

i) Artefactos de iluminación

- Las luminarias para adosar en cielo raso son de 3x18 Watts, son de tipo Led.

4.3 Determinación de la huella ecológica.**4.3.1 Huella del consumo de energía.**

Dentro del análisis de los impactos producto de las acciones que se desarrollan en la edificación el consumo de electricidad es uno de los más destacables, por ello es indispensable conocer de donde proviene la energía eléctrica en Perú para luego poder analizar cómo se traduce el consumo de electricidad en números de HE.

Algunos estudios como el de Julio Solís (presentado en [9]), del cual estamos basándonos en nuestra investigación, nos muestra que para el caso aplicativo cuya área construida asciende a un total de 15820.03, para esta área construida nos muestra una huella de consumo de maquinaria que asciende a 211.86 hag/año, es decir, 0.013392 hag/año y m²; en este estudio también se menciona al cálculo respecto al consumo de electricidad arrojando un huella ecológica de 417.59 hag/año, es decir, un total de 0.026396 hag/año y m².

En otro estudio presentado en [11] llevado a cabo en Chile y España nos muestran bajo la metodología aplicada en ese trabajo la huella ecológica tiene como resultado en el caso de maquinaria de un 39.2 hag consumida por cada ha de superficie, este dato es del cálculo chileno, mientras que para el caso español la HE asciende a 182.12 hag/ha por cada ha de superficie.

También en [12] se calculó la huella dejada por la maquinaria, haciendo un análisis de consumo de combustible y electricidad, arroja un he producida por la maquinaria que asciende a 12937.81 hag, para este cálculo el estudio se hizo en un caso aplicativo de 620.256 m2, es decir que por cada metro cuadrado de área construida estaríamos consumiendo un total de 0.02085 hag.

Por último, [10] presenta datos de huella de energía consumida por maquinaria tanto de eléctricas como de consumo de combustible. En este estudio se clasificó a edificios de acuerdo a algunos lineamientos presentados en los anexos y de acuerdo a ello y para poder comparar datos nuestros casos aplicativos 01 y 02 son de alguna manera semejantes a los tipos 6 y 7 presentados en la investigación. De esta manera se extrae que la huella de energía por m2 de superficie construida es de 0.17 hag para el caso 6 y para el caso 7 asciende a 0.16 hag.

Por otro lado, en el presente gráfico se muestra la distribución de la energía primaria destinada a los centros de transformación.

GRÁFICO 9: Energía primaria destinada a los centros de transformación

TIPOS DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	2017		2018		VARIACIÓN
	Cantidad	Part.	Cantidad	Part.	
Centrales Eléctricas					
Hidroenergía	130 771,4	10,8%	138 251,0	11,8%	5,7%
Bagazo	14 308,1	1,2%	10 883,3	0,9%	-23,9%
Carbón Mineral	9 365,7	0,8%	4 938,9	0,4%	-47,3%
Solar	1 186,4	0,1%	2 866,5	0,2%	141,6%
Eólica	3 862,5	0,3%	5 406,1	0,5%	40,0%
Subtotal	159 494,0	13,2%	162 345,9	13,8%	1,8%
Centros de transformación y tratamiento de hidrocarburos					
Refinerías de petróleo crudo	356 425,8	29,5%	337 546,8	28,7%	-5,3%
Plantas de procesamiento de gas natural	681 077,4	56,3%	662 923,5	56,4%	-2,7%
Subtotal	1 037 503,2	85,7%	1 000 470,2	85,1%	-3,6%
Carboneras					
Leña	13 267,2	1,1%	13 103,6	1,1%	-1,2%
Subtotal	13 267,2	1,1%	13 103,6	1,1%	-1,2%
Coquerías y Altos Hornos					
Carbón Mineral	-	-	-	-	-
Subtotal	-	-	-	-	-
TOTAL	1 210 264,4	100,0%	1 175 919,7	100,0%	-2,8%

Fuente: Elaborado por Ministerio de Energía y Minas en [34]

De esta manera podemos observar que las centrales hidroeléctricas son el segundo medio más utilizado para la transformación de energía primaria. En 2019 Javier campos, director general de Eficiencia Energética del Minem, afirmó que la matriz energética del Perú es una de

las limpias de América Latina, pues el 50% proviene de generación hidroeléctrica y 5% de energías renovables no convencionales (eólica y solar).

Por otro lado, debemos estudiar los rendimientos de donde proviene la energía eléctrica por ello en el gráfico 10 proveniente de [9] nos muestra los factores de eficiencia:

GRÁFICO 10: Factores de eficiencia para producción de electricidad

Tipo de generación	Factor eficiencia
Carbón	0,3
Petróleo	0,3
Gas natural	0,3
Nuclear	0,3
Hidroeléctricas	1
Renovables	1

Fuente: Elaborado por Julio Solís en [9]

Ya con estos datos se puede estimar el total de energía primaria consumida para electricidad haciéndose una división entre la producción de energía eléctrica (GJ) y el factor e eficiencia de acuerdo al tipo de generación.

Como hemos visto en Perú la energía eléctrica proviene de las centrales hidroeléctricas y según datos de la empresa distribuidora la central hidroeléctrica que produce energía eléctrica para Chiclayo es la Central Hidroeléctrica Carhuaquero.

GRÁFICO 11: Consumo final de energía por sectores 2017-2018

SECTOR	2017		2018		VARIACIÓN
	Cantidad	Part.	Cantidad	Part.	
BUNKER – COMBUSTIBLES VENDIDOS EN NAVES MARÍTIMAS Y AÉREAS EN VIAJE INTERNACIONAL					
Transporte (bunker)	48 755,6	5,7%	50 235,418	5,6%	3,0%
Subtotal	48 755,6	5,7%	50 235,4	5,6%	3,0%
CONSUMO FINAL					
Transporte (nacional)	346 161,0	40,3%	359 798,1	40,1%	3,9%
Residencial, Comercial y Público	215 467,0	25,1%	222 879,7	24,9%	3,4%
Industria y Minería	223 166,2	26,0%	239 665,7	26,7%	7,4%
Agropecuario y Pesca	9 726,1	1,1%	9 463,8	1,1%	-2,7%
No Energético	14 923,5	1,7%	14 525,7	1,6%	-2,7%
Subtotal	809 443,8	94,3%	846 332,9	94,4%	4,6%
TOTAL	858 199,4		896 568,3		4,5%

Fuente: Elaborado por Ministerio de Energía y Minas en [34]

En el caso del consumo de combustible en el Perú, tal como nos muestra el gráfico 11 el mayor consumo proviene del sector transporte e industrial, pero nuestra actividad la

construcción es también un factor determinante en consumo de combustible no solo por la movilidad del personal a obra sino también durante el proceso constructivo por el manejo de maquinarias.

En la presente investigación estaremos hablando de consumo de combustibles fósiles, específicamente de gasolina o gasoil.

Otro punto y no menos importante para analizar es la productividad energética, que viene definida como la cantidad de terreno que se necesita para la producción de 1 GJ de energía. Para ello según [9] para las centrales hidroeléctricas esta se calculará dividiendo la producción de la central hidroeléctrica entre su área de embalse y estructuras de producción.

4.3.1.1 Parámetros y cálculo de huella del consumo de energía.

Siguiendo los lineamientos descritos en el capítulo de procedimientos se procedió al cálculo de huella de energía, para ello se revisó el expediente de cada caso aplicativo pudiéndose reconocer herramientas y equipos que requieren o que utilizan energía eléctrica; tal como lo expresa la tabla donde 13 y 14 donde se muestra el desagregado de hm (horas maquina) por equipo utilizado además de su cálculo de energía en GJ.

TABLA 13: Cálculo de energía eléctrica consumida por hm de equipo utilizado en caso aplicativo 01

DESAGREGADO DE HM POR EQUIPO ELECTRICO UTILIZADO				
DETALLE	Hm	Kw/Hm	GJ/Kw	GJ
Cizalla para corte de fierro	549.72	2.4	0.0036	4.750
Winche de dos baldes de 350 kg motor eléctrico 3.6 hp	86.10	3.73	0.0036	1.156
TOTAL				5.906

Fuente: Elaboración propia

TABLA 14: Cálculo de energía eléctrica consumida por hm de equipo utilizado en caso aplicativo 02

DESAGREGADO DE HM POR EQUIPO ELECTRICO UTILIZADO				
DETALLE	Hm	Kw/Hm	GJ/Kw	GJ
Amoladora	63.50	0.82	0.036	0.187
Atornillador	4.33	0.70		0.011
Cizalla para corte de fierro	604.69	2.40		5.225
TOTAL				5.423

Fuente: Elaboración propia

Para lograr determinar la cantidad de horas máquina (hm) que se utiliza en las diferentes partidas que se ejecutan en obra se procede hacer un resumen de los insumos en las que involucra el aporte por partida, que multiplicado por el metrado se obtiene consumo generado por la ejecución de las diferentes partidas de cada especialidad que se muestra en el expediente técnico de obra. Además, se considera un 10% de desperdicio de este insumo considerando que hay algunas herramientas que no muestran en los costos unitarios y que tienen consumo de energía.

Una vez identificados los equipos y la cantidad de hm (horas maquina) que trabajaran en obra se procede a calcular la cantidad de Kw por medio de los rendimientos de cada maquinaria expresados en KW/hm, finalmente para obtener la energía consumida en GJ empleamos un factor de conversión de unidades donde kWh es 0.0036 GJ, este cantidad dividida entre la eficiencia que según [9] haciende a un 100% de acuerdo a la gráfico 10 nos genera que el factor sigue siendo el mismo que multiplicado por la cantidad de Kw consumido por cada equipo nos resulta el total de GJ consumidos (véase tabla 13 y 14).

Para lograr determinar la huella del consumo de energía eléctrica se investigó que esta proviene de la hidroeléctrica Carhuaquero, cuya productividad haciende a 66.5 GWh/año [35], este dato dividido entre su área de embalse y de estructuras de planta nos determinó su factor de productividad energética, que haciende a 973.17 GJ/ha. Este cálculo se desarrolla en base a lo sustentado en [9].

$$PRODUCTIVIDAD\ ENERGETICA = \frac{PRODUCTIVIDAD}{\text{ÁREA (EMBALSE + ESTRUCTURAS)}}$$

Finalmente, con los datos expuestos anteriormente y por medio de la utilización de la formula presentada en el capítulo de procedimientos, se obtiene la huella de energía eléctrica mostrados en la tabla 15 y representados en el gráfico 12 para ambos casos aplicativos.

$$HE_{PEE} = \sum_i \frac{C_i}{PE_i} * FE_f$$

Donde:

HEpee: Huella ecológica ponderada del consumo de energía eléctrica en obra (hag)

Ci: Consumo de energía primaria (GJ)

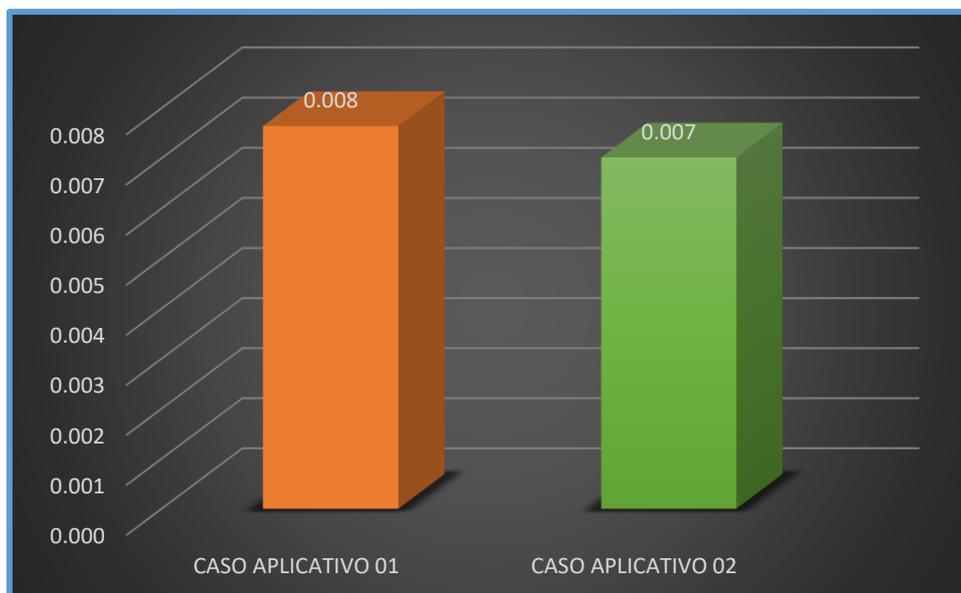
PEi: Productividad energética (GJ/ha)

FEB: Factor de equivalencia forestal

TABLA 15: Parámetros y huella ecológica de energía eléctrica según caso aplicativo

	CASO APLICATIVO 01	CASO APLICATIVO 02
Ci: consumo de energía eléctrica (GJ)	5.91 GJ	5.423 GJ
PEi: Productividad energética (GJ/ha)	973.17 GJ/ha	973.17 GJ/ha
FEf: Factor de equivalencia forestal	1.26 hag/ha	1.26 hag/ha
HEpee: Huella Ecológica de energía eléctrica	0.008 hag	0.007 hag

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 12: Huella de energía eléctrica (hag)

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la huella de consumo de combustible se realiza la identificación de maquinaria y equipo de la misma manera que para energía eléctrica obteniendo el total de horas maquina (hm) trabajadas en obra, del mismo modo se le añade un 10% más de horas trabajadas considerando que hay algunas máquinas no se registran en los costos unitarios, pero sin embargo consumen combustible tal como se muestra en la tabla 16 y 17.

Cabe resaltar que los consumos por movilidad no se involucran en este análisis sino tendrá su propio análisis más adelante.

TABLA 16: Cálculo de combustible consumido por hm de equipo utilizado en caso aplicativo 01

DESAGREGADO DE HM POR MAQUINARIA DE COMBUSTIBLE UTILIZADO					
DETALLE	Hm	lt/Hm	MJ/lt	GJ	
Mezcladora de concreto de 9 -11p3	321.69346	3.30	35.00	37.156	
Cargador retroexcavador 62 hp 1 yd3	45.0912	11.37		17.936	
Cargador sobre llantas 125 hp 2.5 yd3	59.0392	15.91		32.879	
Vibrador de concreto 4 hp 1.50"	193.2881	1.30		8.795	
camión volquete 6 m3	59.0392	25.41		52.512	
TOTAL				149.277	

Fuente: Elaboración propia

TABLA 17: Cálculo de combustible consumido por hm de equipo utilizado en caso aplicativo 02

DESAGREGADO DE HM POR MAQUINARIA DE COMBUSTIBLE UTILIZADO					
DETALLE	Lt	Hm	lt/Hm	MJ/lt	GJ
Mezcladora de concreto de 9-11 p3		272.42	3.30	35.00	31.465
Martillo hidráulico para mini cargador		52.07	6.00		10.935
compactadora de plancha		132.54	2.10		9.742
cargador frontal		19.36	13.64		9.242
Volquete 15 m3		19.36	39.96		27.079
Vibrador eléctrico 4 HP 1.5"		210.41	1.30		9.574
Gasolina D-2	1051.00				36.785
TOTAL					134.823

Fuente: Elaboración propia

Una vez identificados los equipos y la cantidad de hm (horas maquina) que trabajaran en obra se procede a calcular la cantidad de combustible en litros (Lt) por medio de los rendimientos de cada maquinaria expresados en Lt/hm, finalmente para obtener la energía consumida en MJ empleamos la intensidad energética del combustible el cual asciende a 0.035 GJ/Lt según [9], con este procedimiento obtenemos el total de GJ de energía provenientes del consumo de combustible (véase tabla 16 y 17).

Para lograr determinar la huella del consumo de energía eléctrica se investigó que la productividad del petróleo en Perú asciende a 50 GJ/ha según [36].

consecuentemente, con los datos expuestos anteriormente y por medio de la utilización de la formula presentada en el capítulo de procedimientos, se obtiene la huella de energía eléctrica mostrados en la tabla 18 y representados en el gráfico 13 para ambos casos aplicativos.

$$HE_{cc} = \sum_i \frac{C_i}{PE_i} * FE_f$$

Donde:

HE_{cc}: Huella ecológica ponderada del consumo de combustible en obra (hag)

C_i: Consumo de combustible (GJ)

PE_i: Productividad energética (GJ/ha)

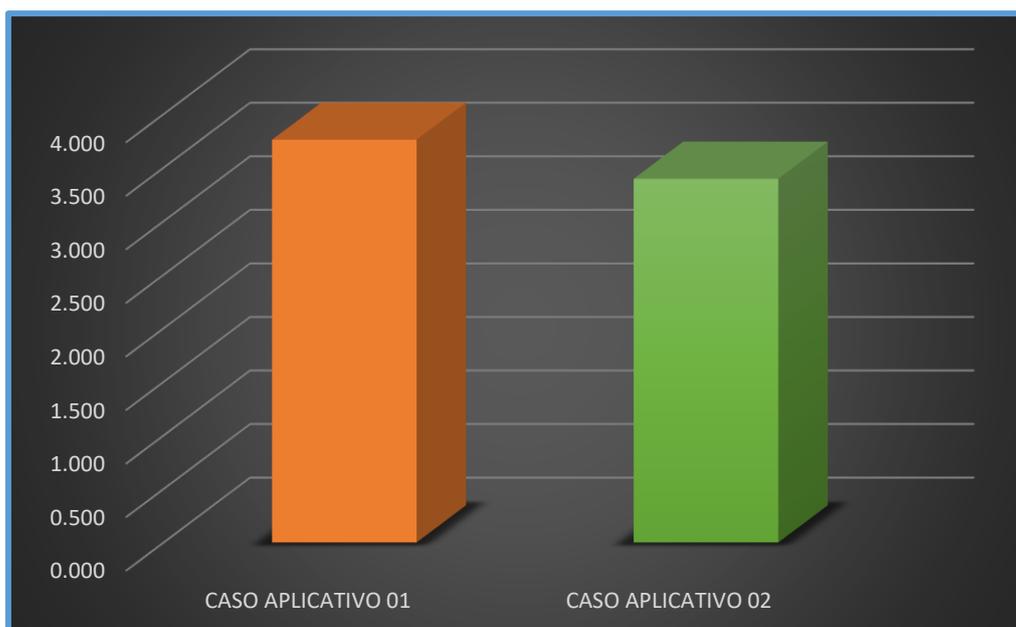
FE_f: Factor de equivalencia forestal

TABLA 18: Parámetros y huella ecológica de combustible según caso aplicativo

	CASO APLICATIVO 01	CASO APLICATIVO 02
C_i : consumo combustible	149.277 GJ	134.82 GJ
PE_i : Productividad energética	50 GJ/ha	50 GJ/ha
FE_f : Factor de equivalencia forestal	1.26 hag/ha	1.26 hag/ha
H_{cc} : Huella Ecológica de consumo de combustible	3.762 hag	3.398 hag

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 13: Huella del consumo de combustible (hag)



Fuente: Elaboración propia

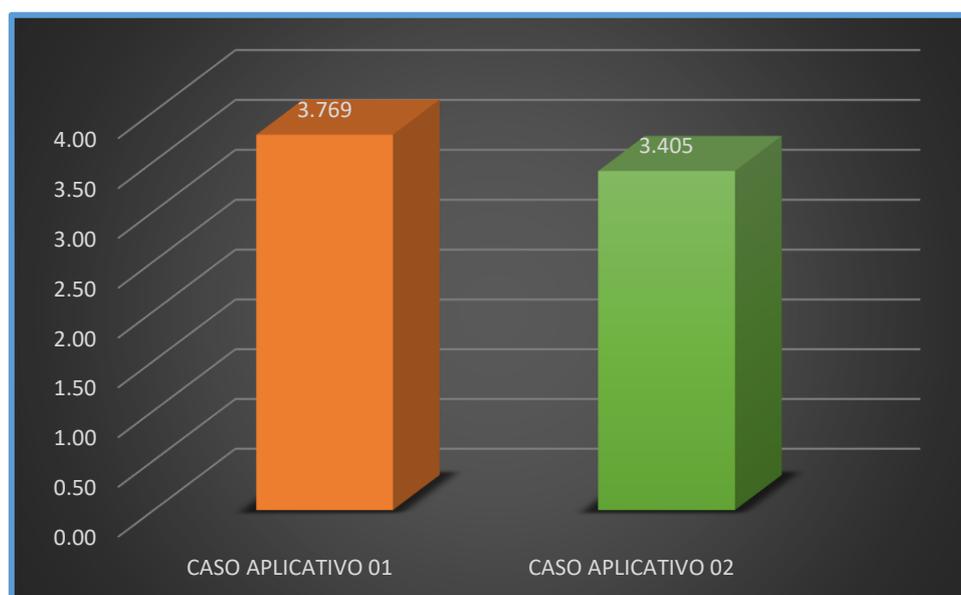
Finalmente, la huella ecológica encontrada para el consumo de energía en obra se ve expresada como la suma de la huella producida por el consumo de energía eléctrica más la huella de consumo de combustible, tal como nos muestra la tabla 19 y el grafico 14.

TABLA 19: Huella ecológica del consumo de energía

	CASO APLICATIVO 01	CASO APLICATIVO 02
HE_{pee}: Huella Ecológica de energía eléctrica	0.008 hag	0.007 hag
HE_{cc}: Huella Ecológica del consumo de combustible	3.762 hag	3.398 hag
HUELLA DE ENERGÍA	3.769 hag	3.405 hag

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 14: Hectáreas globales de consumo de energía por casos aplicativos



Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Huella del consumo de agua en obra

El consumo de agua se encuentra presente en cada fase del ciclo de vida de una edificación (ejecución, operación y fin de vida) lo que puede requerir bastante volumen de agua, de esta manera el sector construcción es acreedor del 16% del consumo mundial de agua [37].

En consecuencia, es necesario contabilizar estos consumos y ver como se ven expresados huella ecológica, aunque el agua no puede transformarse en hectáreas de terreno productivo, a continuación, se explicará paso a paso como contabilizar dicho consumo en la fase de ejecución de obra y además como transformarlo en un indicador de huella.

De acuerdo a la investigación hecha por Julio Solís en [9] el consumo de agua lo podemos enfocar de dos maneras: la primera es considerando la energía incorporada para el suministro de este servicio por parte de la empresa o bien tomando al bosque ya no como mitigador de CO₂ sino como productor de agua cuyo metodología fue desarrollada por Wackernagel y Nerea; aunque ambos tipos de métodos nos expresarían la huella en hectáreas de superficie los procedimientos a seguir sería distintos.

Para la siguiente investigación se desarrolla al igual en que en [9] la metodología donde el bosque es productor de agua desarrollada por wackernagel y Nerea en [22].

Además, en esta investigación [9] nos muestran resultados para el consumo de agua dándonos a conocer su huella, la cual asciende a 2.32 hag/año, pero el resultado es dividido entre el área total construida obtendríamos un resultado de 0.000147 hag/año y m². Estos resultados servirán para verificar nuestros cálculos.

Cabe resaltar que la huella relacionada al consumo de agua difiere en concepto a la huella hídrica ya que la huella hídrica hace referencia a la cantidad de agua dulce total expresada en m³ necesarios para producir bienes y servicios de una persona individual, social (comunidad) o jurídica (Empresa).

4.3.2.1 Parámetros y cálculo de huella del consumo de agua en obra.

Para la determinación de la huella del consumo de agua en obra se describen dos consumos, el primero referido a la utilización de agua para la ejecución de las diferentes partidas que el proyecto demanda y la segunda hace referencia al consumo de agua por el personal que labora dándole uso del tipo aseo personal.

Para lograr determinar el volumen que se utiliza en las diferentes partidas que se ejecutan en obra, en el cual se realiza un resumen de los insumos en las que involucra el aporte de agua por partida, que multiplicado por el metrado se obtiene el volumen del consumo generado por la ejecución de las diferentes partidas de cada especialidad que se muestra en el expediente técnico de obra. Además, se considera un 10% de desperdicio de este insumo obteniéndose los siguientes resultados mostrados en la tabla 20 y 21.

TABLA 20: Consumo de agua por especialidad caso aplicativo 01

RESUMEN DE CONSUMO DE AGUA POR ESPECIALIDAD			
ESPECIALIDAD	Und	Cantidad	Parcial(m3)
Arquitectura	m3	99.072	243.201
Estructuras	m3	122.000	
Instalaciones Eléctricas	m3	0.000	
Instalaciones Sanitarias	m3	0.020	

Fuente: Elaboración propia

TABLA 21: Consumo de agua por especialidad caso aplicativo 02

RESUMEN DE CONSUMO DE AGUA POR ESPECIALIDAD			
ESPECIALIDAD	Und	Cantidad	Parcial(m3)
Demoliciones	m3	0.000	209.181
Arquitectura	m3	164.254	
Estructuras	m3	24.606	
Instalaciones Eléctricas	m3	0.000	
Instalaciones Sanitarias	m3	1.305	

Fuente: Elaboración propia

Para la segunda parte concerniente al volumen de agua utilizado por el personal por concepto de aseo personal, se parte del total de horas trabajadas por cada tipo de personal que labora (capataz, operario, oficial, peón, operador de equipo liviano, operador de equipo pesado, topógrafo), a partir de este cálculo y con las fórmulas desagregadas a continuación se procede a determinar la cantidad de trabajadores diarios en obra, para ello se utiliza como hipótesis que un trabajador labora 5.5 días a la semana y 8 horas diarias.

consecuentemente este valor se multiplica por el tiempo de duración total del proyecto y finalmente de multiplica por el promedio de agua que utiliza una persona en hacer su aseo personal, obteniéndose el volumen total para esta parte (véase tabla 22 y 23).

$$\frac{PERSONAS}{DÍA} = \frac{HORAS HOMBRE}{JORNADA \times DÍAS LABORABLES \times 4 SEMANAS \times DURACIÓN DE OBRA (MES)}$$

$$TOTAL DE DÍAS LABORABLES = \frac{DÍAS LABORABLES}{SEMANA} \times \frac{4 SEMANAS}{MES} \times DURACIÓN DE OBRA (MES)$$

$$AGUA DE ASEO = \frac{PERSONAS}{DÍA} \times TOTAL DE DÍAS LABORABLES \times CONSUMO PROMEDIO PARA ASEO$$

El volumen total de agua consumida durante la ejecución de obra es la suma del consumo de agua para obra y agua para uso de aseo personal de trabajadores en obra. Con este valor se procede a calcular la huella ecológica del consumo de agua en obra con la fórmula mencionada en la parte de metodología. Para ello se tomará como productividad de agua en bosques 1500 m³/ha y un factor de equivalencia para bosques de 1,26 mencionados en [9] y [7] respectivamente.

TABLA 22: Volumen de agua para aseo de personal de caso aplicativo 01

PERSONAL DIARIO			
TIPO DE PERSONAL	HH	DURACIÓN DE OBRA	PERSONAS POR DÍA
capataz	1355.593	10 meses	0.770
operario	13167.687		7.482
oficial	4650.905		2.643
peón	10596.352		6.021
operador de equipo liviano	379.915		0.216
operador de equipo pesado	96.981		0.055
topógrafo	12.103		0.007
Número de trabajadores diario			17.193
Consumo promedio para aseo de 1 trabajador por día (m ³)			0.050
Agua consumida para el aseo personal del proyecto (m³)			189.122

Fuente: Elaboración propia

TABLA 23: Volumen de agua para aseo de personal de caso aplicativo 02

PERSONAL DIARIO			
TIPO DE PERSONAL	HH	DURACIÓN DE OBRA	PERSONAS POR DÍA
Capataz	561.659	6 meses	0.532
Operario	16444.869		15.573
Oficial	0.000		0.000
Peón	13696.426		12.970
Operador de equipo liviano	191.291		0.181
Operador de equipo pesado	0.000		0.000
Topógrafo	0.000		0.095
Número de trabajadores diario			34.000
Consumo promedio para aseo de 1 trabajador por día (m ³)			0.050
Agua consumida para el aseo personal del proyecto (m³)			224.400

Fuente: Elaboración propia

Para calcular la huella Ecológica del consumo de agua utilizaremos la fórmula descrita en el capítulo de procedimientos.

$$HE_{pa} = \frac{C}{PB} * FE_B$$

Donde:

HEpa: huella ecológica ponderada del agua (hag)

C: consumo de agua (m3)

Pb: productividad de bosques (m3/ha).

FEb: factor de equivalencia para los bosques.

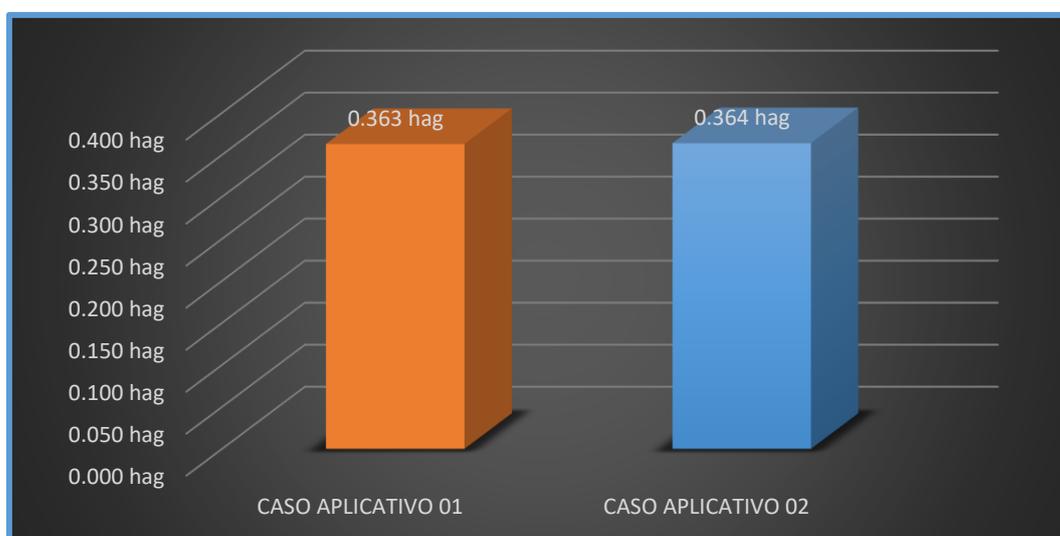
TABLA 24: Huella ecológica ponderada al agua

	CASO APLICATIVO 01	CASO APLICATIVO 02
C: consumo de agua	432.32 m3	433.58 m3
PB: Productividad de bosques	1500 m3/ha	1500 m3/ha
FEb: Factor de equivalencia para bosques	1.26 hag/ha	1.26 hag/ha
Hepa: Huella ecológica ponderada del agua	0.363 hag	0.364 hag

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la huella ecológica encontrada para el consumo de agua en obra para el caso aplicativo 01 y caso aplicativo 02 son: 0.363 hag y 0.364 hag respectivamente (véase tabla 24 y gráfico 15).

GRÁFICO 15: Hectáreas globales de consumo de agua por casos aplicativos



Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Huella del consumo de alimentos.

Durante el periodo de ejecución de una obra cualquiera que sea el tipo (pública o privada) y que sea analizada bajo la metodología de huella ecológica se deben analizar todas las acciones que ocurren dentro de ella, es por ello que el consumo de alimentos es también una actividad de impacto que se debe tener en cuenta durante el análisis sin importar que este tome una incidencia indirecta para la obra.

Esta investigación se basa principalmente en la investigación hecha por Julio Solís en [9], en la cual calcula el consumo de alimentos en obra haciendo referencia a un menú empresarial que Domenech presenta en [14]. Esta investigación se desarrolla teniendo 4 tipos de huella procedentes del consumo de alimentos (Fósil, Pastos, Mar y cultivos), de esta manera nos presenta en su investigación que el cálculo de huella fósil tiene como resultado 114.75 hag/año, pastos igual a 747.38 hag/año, mar igual a 231.63 hag/año y finalmente a 11.5 hag/año. Estos resultados al ser divididos por el área construida nos arrojan resultados de huella fósil igual a 0.007253 hag/año y m², pastos igual a 0.047243 hag/año y m², mar igual a 0.014642 hag/año y m² y finalmente 0.007048 hag/año y m². Estos datos servirán de referencia para comparación de huellas.

En [10] nos presenta cálculos de consumo de alimentos por el personal de obra. Pero para ellos también nos presenta una serie de tipologías de edificaciones clasificadas de acuerdo a ciertas características mencionadas en los anexos de esta investigación, de esta manera nosotros- de acuerdo a las características de nuestros casos aplicativos- pudimos clasificar a nuestras edificaciones en la tipología 6 y 7, para estas dos tipologías la investigación arroja resultados en hag/m² y las cuales ascienden a 0.081 hag/m² y 0.083 hag/m² para cada caso respectivamente. De igual manera que la anterior investigación estos datos servirán como un índice de comparación de la huella de consumo de alimentos.

Si bien entendemos cuando hablamos de consumo de alimentos que serán medidas en toneladas, por lo que se deberá dentro de la estimación de esta huella una transformación a hectáreas para que se puedan obtener índices de huella ecológica. Para ello es necesario reconocer la productividad natural, cuya definición sería el área (ha) que se necesita para la producción de 1t de productos alimenticios.

Ahora bien, dentro del cálculo de huella ecológica asociada al consumo de alimentos se reconocen que cada alimento pertenece a una zona de productividad diferente por lo que debe ser asignado a su territorio productivo pertinente. Así por ejemplo tendremos que asignar en el caso de Chiclayo que el pescado consumido tendría como territorio productivo al mar, del

mismo modo se tendría que hacer con las papas cuyo territorio productivo sería los terrenos cultivables y así se tendría que asignar el territorio productivo a cada uno de los participantes de los alimentos consumidos por los trabajadores.

Además de asignar cada uno de los alimentos a su territorio productivo, se tendría que incluir la huella energética puesto que se debe evaluar el coste energético en la elaboración de los alimentos a partir de la utilización de materias primas que cuya huella estará relacionada al consumo de combustible fósil.

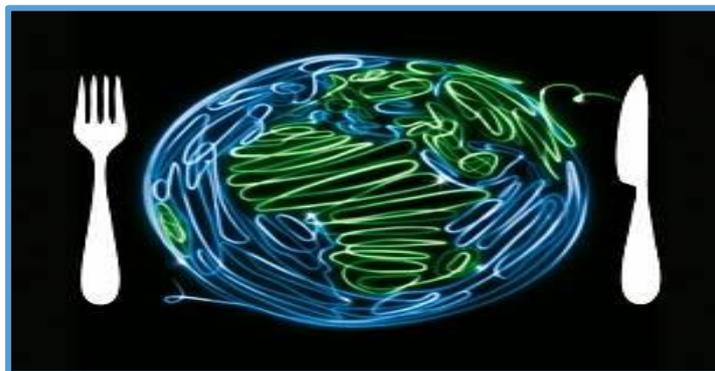
Otro punto clave para la determinación de huella de alimentos es la obtención de la intensidad energética de cada uno de los participantes en la alimentación del personal que labora en obra, esta intensidad energética se ve definida como el uso de energía (GJ) para la producción de 1 tonelada de cada uno de los productos cuya característica es que ya estén elaborados, es decir, que estén aptos para el consumo.

Los datos de intensidad energética y de productividad natural son extraídos de [36], de los cuales algunos datos son extraídos de la investigación llevada a cabo por Wackernagel y Nerea presentados en [22] y que se muestra en el gráfico 16.

Domenech en [14] hace referencia a la composición básica de un menú, cuyos datos nos sirvieron para poder elaborar nuestro propio cuadro de composición de un menú en la ciudad de Chiclayo que se muestra en el gráfico 17, cuya composición sería de 1% de azúcar, 1% de lácteos, 7% de aceites, 10% de bebidas, 15% de carnes, 15% de pescado, 20% de legumbres, raíces y tubérculos; y finalmente un 31% de cereales.

Al estar en datos porcentuales estos deberán ser transformados a valores en toneladas por lo que se hará uso de una conversión de consumo en toneladas por cada S/.1000 (de acuerdo a datos de mercado (véase tabla 25)) necesario para aplicar las fórmulas de cálculo de cada huella ecológica correspondiente a los alimentos.

GRÁFICO 16: Alimentar al mundo, cuidar al planeta.



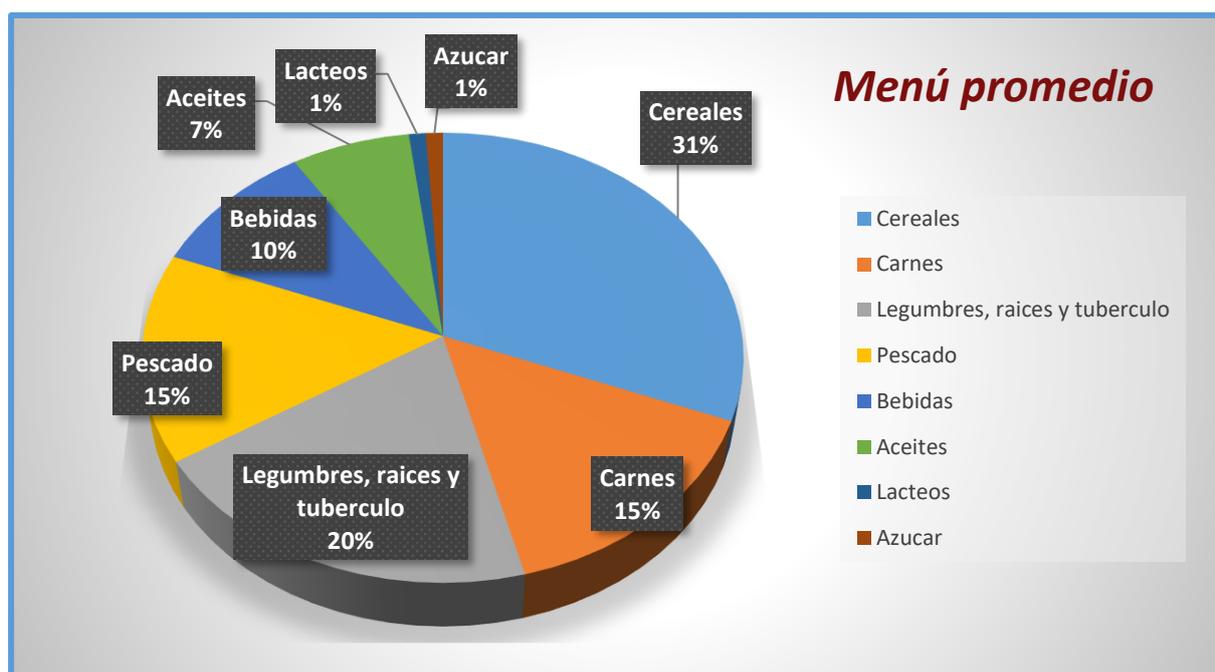
Fuente: Presentado por Mangostian Fruit.

GRÁFICO 17: Productividad natural, energética e intensidad energética.

Recurso	Productividad		Intensidad Energética [GJ/Kg]	Fuente
	Natural [Kg/ha/año]	Energética [GJ/ha/año]		
• Diésel		50	0,0455	
• Gasolina				
-Gasolina 84		50	0,0477	
-Gasolina 90		50		(Doménech, 2010); (IPCC,2001); (REPSOL PERÚ, 2007)
-Gasolina 95		50		
-Gasolina 97		50	0,0469	
-Gasolina 98		50		
• Gas Licuado de Petróleo (GLP)		65,36	0,0494	
• Residuos sólidos				
- Papel y cartón	0,00101	50	0,032	(Wackernagel, 1998b); (Doménech, 2010)
- Vidrio		50	0,02	(Doménech, 2010)
- Plástico, oleosos, restos hidrocarburos		50	0,05	(Wackernagel, 1998a); (Nerea, 2003)
- Orgánicos (alimentos)		50	0,02	(Doménech, 2010)
• Alimentos				
- Carne de vacuno	32,84 2744	50	0,08	(Wackernagel, 1998a); (Wackernagel, 1998b); (Nerea, 2003)
- Carne de pollo	2744	50	0,08	
- Carne de chanco	2744	50	0,08	
- Queso y Huevos	50,2	50	0,065	
- Fruta	18033,1			(MINAGRI, DGESEP, & SIEA, 2013)
- Pan	1783,6	50	0,02	(Wackernagel, 1998b)
- Galletas	1783,6	50	0,02	
- Snack Salado	12537,7			(MINAGRI, DGESEP, & SIEA, 2013); (Wackernagel, 1998b); (Nerea, 2003)
-Tubérculos y otros	1484,8			
-Aceites o grasas				
- Chocolate	735,2			(MINAGRI, DGESEP, & SIEA, 2013); (Wackernagel, 1998b); (Nerea, 2003)
-Cacao	133717,4	50	0,015	
-Aceites o grasas				
- Snack Dulce	4893	50	0,015	(Wackernagel, 1998a); (Wackernagel, 1998b)
- Agua Embotellada	27,737	50	0,007	(SENAMHI, 2016) (Wackernagel, 1998b); (Nerea, 2003)
- Gaseosas o Jugos	27,737 133717,4	50	0,007	(SENAMHI, 2016) (MINAGRI, DGESEP, & SIEA, 2013) (Wackernagel, 1998b); (Nerea, 2003)
- Yogurt	276,1	50	0,038	(Wackernagel, 1998a); (Wackernagel, 1998b)
- Café o Té	1284,8	50	0,075	(MINAGRI, DGESEP, & SIEA, 2013)
• Papel, cartón y sus manufacturas	1010,152	50	0,032	(Wackernagel, 1998b); (Nerea, 2003); (Doménech, 2010)

Nota. Fuente: Doménech J. (2010). Huella Ecológica y Desarrollo Sostenible. Madrid; MINAGRI, DGESEP, & SIEA, (2013). Dinámica Agropecuaria 2004-2013. Lima; REPSOL PERÚ (2007). Ficha de Datos de Seguridad (conforme al reglamento CE N° 1907/2006 - REACH). Perú; SENAMHI (2016). Boletín Hidrológico Mensual a Nivel Nacional N°10. Lima

Fuente: Presentado por Xiomara Rivas en [36].

GRÁFICO 18: Composición de un menú promedio en la ciudad de Chiclayo

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 25: Consumo de alimentos en tn por cada 1000 soles de gasto

Alimentos	% Alimentos	Consumo (t/(S/. 1,000))
Cereales	31	1.12
Carnes	15	0.15
Legumbres, raíces y tubérculo	20	1.43
Pescado	15	0.14
Bebidas	10	0.82
Aceites	7	0.2
Lacteos	1	1.11
Azúcar	1	0.9

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera y con el complemento de cálculo del número de trabajadores, duración de obra en días, número de comidas en la obra, tipo de comida, precio por menú promedio y haciendo uso de la fórmula descrita en el capítulo de procedimientos se podrá estimar la huella asociada al consumo de alimentos en obra que se verá en el capítulo de parámetros y cálculo de huella ecológica asociada al consumo de alimentos.

4.3.3.1 Parámetros y cálculo de huella de alimentos.

Se parte de conocer el total de horas trabajadas por la mano de obra que intervienen en el proyecto. A continuación, se muestra el resumen del cálculo de dichas horas por cada caso aplicativo y por tipo de trabajador que presenta.

TABLA 26: Número de horas de mano de obra directa de caso aplicativo 01

TIPO DE PERSONAL	HH
Capataz	1355.59
Operario	13167.69
Oficial	4650.90
Peón	10596.35
Operador de equipo liviano	379.92
Operador de equipo pesado	96.98
Topógrafo	12.10
Total de horas mano de obra	30259.54

Fuente: Elaboración propia

TABLA 27: Número de horas de mano de obra indirecta de caso aplicativo 01

GASTOS ADMINISTRATIVOS EN OBRA (Dirección técnica y adm.)	Tiempo (Meses)	CNT.	Precio	Parcial	Horas Totales
Ingeniero Residente	10	1	3000	30000	1760
Administrador	10	1	1500	15000	1760
Asesor	10	1	1800	18000	1760
Guardián	10	1	900	9000	1760
Almacenero	10	1	900	9000	1760
Arquitecto	10	1	3500	35000	1760
			Costo total	116000	10560

Fuente: Elaboración propia

En el caso del cálculo de horas trabajadas por la mano de obra indirecta del caso aplicativo 01 hay dos formas de calcular: la primera está basada en el tiempo de duración de la obra para ello se debe tener como dato extraído del presupuesto general la cantidad y el tipo de personal que estará presente en obra; esta cantidad se multiplica por la jornada de 8 horas diarias, 5.5 días a la semana, 4 semanas al mes y por 10 meses que es la duración total de obra y cuyos resultados se muestra en la tabla 27.

La segunda forma es a través del análisis de costos de mano de obra, para ello se formula la siguiente hipótesis: un personal de mano de obra indirecta es equivalente a un operario y dos peones. De esta manera se calcula su costo medio y con este dato se divide el costo total de mano de obra indirecta obteniéndose como resultado el número de horas trabajadas por la mano de obra indirecta. Los resultados se presentan a continuación en la tabla 28.

TABLA 28: Horas totales de acuerdo a costo medio de cuadrilla para caso aplicativo 01

Cuadrilla	Precio/h	Costo medio de 01 Cuadrilla	Costo total MOI	Horas totales
01 operario	20.10	16.59 Soles/hh	116000	6990.76
02 Peón	14.84			

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la tabla 27 y 28 se presentan las horas totales trabajadas por mano de obra indirecta calculados a partir de las dos maneras sustentadas y planteadas anteriormente. En estas tablas arroja que la primera forma calculada por el tiempo de duración de obra arroja más horas de trabajo (10560 hh) que aquella calculada bajo la hipótesis de cuadrilla equivalente (6990 hh). En relación a esto, se tomó el valor más desfavorable, teniéndose como el total de horas trabajadas de mano de obra indirecta a 10560 hh.

Teniendo el total de horas trabajadas de mano de obra directa e indirecta, el total de horas trabajadas en obra es la suma de esos dos resultados teniéndose así un total de 40819.54 hh trabajadas en el caso aplicativo 01.

Para el caso aplicativo 02 se calculó el total de horas laboradas de mano de obra directa según datos extraídos de los metrados y costos unitarios, presentados como insumos de obra y cuyos resultados se muestran en la tabla 29.

TABLA 29: Número de horas por tipo de personal de caso aplicativo 02

TIPO DE PERSONAL	HH
Capataz	561.66
Operario	16444.87
Peón	13696.43
Operador de equipo liviano	191.29
Total de horas mano de obra	30894.24

Fuente: Elaboración propia

En el caso aplicativo 02, dentro de su presupuesto general no figura ningún cálculo para el costo de mano de obra indirecta por lo que nos vemos forzados a presentar la siguiente hipótesis para el cálculo de horas trabajadas por la mano de obra indirecta: La mano de obra indirecta trabaja por lo menos 8h/d * 5.5 d/sem*4sem/mes*6 meses de duración de obra = 1056 h por mano de obra indirecta, de esta manera para edificaciones multifamiliares por lo menos tendríamos como participantes de mano de obra indirecta : almacenero, guardián, residente, asistente de obra y otra que sea considerado dentro de esta clasificación, de esta manera tendríamos que la mano de obra indirecta trabajaría alrededor de 5280 horas.

Teniendo el total de horas trabajadas de mano de obra directa e indirecta, el total de horas trabajadas en obra es la suma de esos dos resultados teniéndose así un total de 36174.24 hh trabajadas en el caso aplicativo 02.

Habiendo presentado las horas trabajadas en ambos casos aplicativos se continua con la formulación de la hipótesis para el cálculo de la huella ecológica referida al consumo de alimentos, de esta manera definimos que un trabajador presente en obra ingiere un menú por cada 8 horas de labor, el cual está presentado en la tabla 25. De esta manera podríamos calcular el número de comidas realizadas en obra dividiendo el total de horas trabajadas entre cada periodo (8 horas) en que se ingiere un menú.

De acuerdo a lo presentado en la parte de procedimientos para el cálculo de la huella ecológica de los alimentos es necesario obtener o definir el tipo de superficie a la cual pertenecen cada uno de los insumos que participan en el menú que consumen los trabajadores. Dicha clasificación aparece en la tabla 30 y se le añade una huella de origen fósil ya que en su elaboración se necesita consumo de energía. Cabe resaltar que de acuerdo a esta clasificación en los resultados se obtendrá 4 tipos de huella (fósil, tierras de cultivo, tierras de pastoreo, aguas marinas y continentales), es decir que, la huella ecológica total de alimentos expresada como hag/comida estará compuesta por estos 4 tipos de huella generada.

Definido ya los tipos de superficie de superficie consumida para la elaboración de cada insumo de un menú de alimentos, es necesario explicar el cálculo de la cantidad de insumos que se necesita para elaborar un menú, para ello partimos de los porcentajes en que participan estos insumos en el menú cuyos porcentajes de participación se ven expresados en la tabla 30, pero es necesario también transformar estos porcentajes en toneladas consumidas, para ello nos apoyamos de la tabla 25, donde se presentan datos de consumo por cada S/. 1000.00 (mil y 00/100 soles).

TABLA 30: Clasificación de alimentos por tipo de superficie consumida

Alimentos	% Alimentos	Superficie
Cereales	31	Tierras de cultivo
Carnes	15	Tierras de pastoreo
Legumbres, raíces y tubérculo	20	Tierras agrícolas
Pescado	15	Aguas marinas y continentales
Bebidas	10	Tierras agrícolas
Aceites	7	Tierras agrícolas
Lácteos	1	Tierras de pastoreo
Azúcar	1	Tierra de cultivo

Fuente: Elaboración propia

En la Hipótesis anterior se planteó que por cada 8 horas se daba la ingesta de un menú, para complementar esta hipótesis y para calcular el consumo de cada insumo se plantea como segunda hipótesis que el costo de un menú en la ciudad de Chiclayo cuesta S/. 8.00 (ocho y 00/100 soles); como la conversión se muestra por cada S/. 1000.00 y como el menú tiene un costo de S/. 8.00 se aplica un factor de $8/1000 = 0.008$ el cual nos permite obtener coste en toneladas de nuestro menú planteado.

Ya habiendo estimado el factor de conversión y el tipo de superficie consumida mencionaremos las fórmulas y cálculos hechos para cada una de las huellas antes mencionadas.

Cabe resaltar que para huella fósil al tratarse de energía se calcula tomando en cuenta la productividad del petróleo. Para el resto de huellas (huella de tierras de pastoreo, huella de tierras agrícolas y huella de aguas marinas y continentales) al tratarse de tierras y mar involucra el cálculo a la productividad natural.

a) Huella fósil.

Como se explicó anteriormente, en el caso de huella fósil se calculará para todos los alimentos presentes en el menú planteado, para ello tomamos como base que la huella fósil se calcula en base al consumo por su intensidad energética y su factor de equivalencia de bosques, dividido entre la productividad del petróleo de acuerdo a [9].

$$HE_{cf} = \frac{C \times IE}{P_C} \times FE_B$$

Donde:

HEcf: Huella ecológica fósil (hag/comida)

C: Consumo (t)

IE: Intensidad Energética (GJ/t)

Pc: Productividad del petróleo (GJ/ha)

FEB: Factor de equivalencia de bosque

Para el cálculo de la huella ecológica fósil esta fórmula se ve modificada de acuerdo a las hipótesis antes planteadas ya que cada alimento tiene un porcentaje de participación dentro del menú y este se ve afectado por el factor de costos 0.008. Con estas incidencias la formula a utilizar quedaría expresada (según [9]) como:

$$HE_{cf} = \frac{Cs}{1000} \left[\sum_i \frac{\%alim_i}{100} \times C_i \times IE_i \right] \frac{FE_B}{Pc}$$

Donde:

HEcf: Huella ecológica fósil (hag/comida)

Cs: Costo de menú S/. 8.00

Ci: Son los consumos en t por cada S/. 1000.00 mostrados en la tabla 25.

%alim_i: porcentaje de participación de alimento presentados en la tabla 30.

IE_i: Intensidad Energética (GJ/t), es recogida del gráfico 16.

Pc: Productividad del petróleo (GJ/ha), asciende a 50 el cual se muestra en el grafico 16.

FEB: Factor de equivalencia de bosque mostrados en la tabla 1.

b) Huella de tierras de pastoreo.

Como mencionamos anteriormente para estimar esta huella se parte del cálculo de consumo y de referenciar la productividad natural de este tipo de superficies, para finalmente multiplicar por su factor de equivalencia de tierras de pastoreo y obtener la huella en hag/comida.

$$HE_{cpa} = \frac{C}{Pn} \times FE_P$$

Donde:

HEcpa: Huella ecológica de tierras de pastoreo (hag/comida)

C: Consumo (t)

Pn: Productividad Natural (t/ha)

FEB: Factor de equivalencia de tierras de pastoreo.

Al igual que para el caso anterior, de acuerdo a las hipótesis presentadas los cálculos se expresarán de la manera siguiente:

$$HE_{cpa} = \frac{Cs}{1000} \left[\sum_i \frac{\frac{\%alim_i \times C_i}{100}}{Pn_i} \right] \times FE_p$$

Donde:

HEcpa: Huella ecológica de tierras de pastoreo (hag/comida)

Cs: Costo de menú S/. 8.00

Ci: Son los consumos en t por cada S/. 1000.00 mostrados en la tabla 25.

%alimi: porcentaje de participación de alimento presentados en la tabla 30.

Pni: Productividad natural mostrada en el grafico 16.

FEp: Factor de equivalencia de tierras de pastoreo mostrado en la tabla 1.

Esta fórmula será necesaria para calcular huella en el caso de carnes y lácteos que participan en el menú propuesto.

c) **Huella de tierras agrícolas.**

La huella de tierras agrícolas comprende a los cereales, Legumbre, raíces y tubérculos, bebidas, aceites y finalmente el azúcar.

Al igual en apartados anteriores se parte de la formula general que mencionamos a continuación:

$$HE_{cta} = \frac{C}{Pn} \times FE_A$$

Donde:

HEcta: Huella ecológica de tierras agrícolas (hag/comida)

C: Consumo (t)

Pn: Productividad Natural (t/ha)

FEA: Factor de equivalencia de tierras agrícolas

Teniendo claro esta ecuación y con las hipótesis propuestas se presenta la siguiente fórmula para el cálculo:

$$HE_{cpa} = \frac{Cs}{1000} \left[\sum_i \frac{\frac{\%alim_i \times C_i}{100}}{Pn_i} \right] \times FE_A$$

Donde:

HE_{cpa}: Huella ecológica de tierras de pastoreo (hag/comida)

Cs: Costo de menú S/. 8.00

C_i: Son los consumos en t por cada S/. 1000.00 mostrados en la tabla 25.

%alim_i: porcentaje de participación de alimento presentados en la tabla 30.

Pn_i: Productividad natural mostrada en el grafico 16.

FE_A: Factor de equivalencia de agrícolas mostrado en la tabla 1.

d) Huella de aguas marinas y continentales.

Por último, tenemos la huella de aguas marinas y continentales, esta huella se realiza para alimentos procedentes de agua salda o agua dulce; en nuestro caso sería necesario para el pescado que participa en el menú planteado. Se parte de la expresión siguiente:

$$HE_{cm} = \frac{C}{Pn} \times FE_m$$

Donde:

HE_{cm}: Huella ecológica de aguas marinas y continentales (hag/comida)

C: Consumo (t)

Pn: Productividad Natural (t/ha)

FE_m: Factor de equivalencia de aguas marinas y continentales.

La expresión detallada y necesaria para el cálculo de esta huella de aguas marinas y continentales se muestra a continuación:

$$HE_{cm} = \frac{Cs}{1000} \left[\sum_i \frac{\frac{\%alim_i \times C_i}{100}}{Pn_i} \right] \times FE_m$$

Donde:

HEcm: Huella ecológica de aguas marinas y continentales (hag/comida)

Cs: Costo de menú S/. 8.00

Ci: Son los consumos en t por cada S/. 1000.00 mostrados en la tabla 25.

%alimi: porcentaje de participación de alimento presentados en la tabla 30.

Pni: Productividad natural mostrada en el grafico 16.

FE_m: Factor de equivalencia de aguas marinas y continentales mostrado en la tabla 1.

Habiendo concluido con la definición de los parámetros necesario para el cálculo de la huella de alimentos se procede a mostrar los cálculos realizados y para ello se resumen los parámetros a utilizar en la tabla 31.

TABLA 31: Resumen de parámetros de huella de alimentos

Alimentos	% Alimentos	Consumo (t/(S/. 1,000))	Intensidad energética (GJ/t)	FE Bosque	Prod. Petróleo (GJ/ha)	Prod. Natural (t/ha)	FE Pastos	FE Mar	FE Cultivos
Cereales	31	1.12	15	1.26	50	2.264			2.51
Carnes	15	0.15	80	1.26	50	0.033	0.46		
Legumbres, raíces y tubérculo	20	1.43	10	1.26	50	6.730			2.51
Pescado	15	0.14	100	1.26	50	0.029		0.37	
Bebidas	10	0.82	7	1.26	50	22.500			2.51
Aceites	7	0.2	40	1.26	50	1.485			2.51
Lácteos	1	1.11	37	1.26	50	0.276	0.46		
Azúcar	1	0.9	15	1.26	50	4.893			2.51

Fuente: Elaboración propia

Aplicando la fórmula para huella fósil se obtuvo los siguientes resultados (incluyendo la suma que es la huella parcial):

Cabe resaltar que puesto que en ambos casos aplicativos es el mismo menú las huellas parciales serán las mismas.

TABLA 32: Cálculo de huella fósil de alimentos casos aplicativos 01 y 02

Huella Fósil	Caso aplicativo 01 y 02 (hag/comida)
Cereales	0.00105
Carnes	0.00036
Legumbres, raíces y tubérculo	0.00058
Pescado	0.00042
Bebidas	0.00012
Aceites	0.00011
Lácteos	0.00008
Azúcar	0.00003
HE_{CF}	0.00275

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la huella de tierras de pastoreo, huella de tierras agrícolas se muestran en las tablas 33 y 34 respectivamente, mientras que para la huella de aguas marinas y continentales que se ve por el cálculo de pescado asciende a 0.0021434 hag/comida para ambos casos aplicativos.

TABLA 33: Cálculo de huella de tierras de pastoreo de alimentos casos aplicativos 01 y 02.

Huella de tierras de pastoreo	Caso aplicativo 01 y 02 (hag/comida)
Carnes	0.00252132
Lácteos	0.00014800
HE_{cpa}	0.0026693

Fuente: Elaboración propia

TABLA 34: Cálculo de huella de tierras agrícolas de alimentos casos aplicativos 01 y 02.

Huella de tierras agrícolas	Caso aplicativo 01 y 02 (hag/comida)
Cereales	0.00307941
Legumbres, raíces y tubérculo	0.00085333
Bebidas	0.00007318
Aceites	0.00018931
Azúcar	0.00003693
HE_{cta}	0.00423215

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 35 y en el gráfico 18 se muestra un resumen de las huellas parciales de alimentos para ambos casos aplicativos. cabe resaltar que son los mismos valores puesto que se trata del mismo menú.

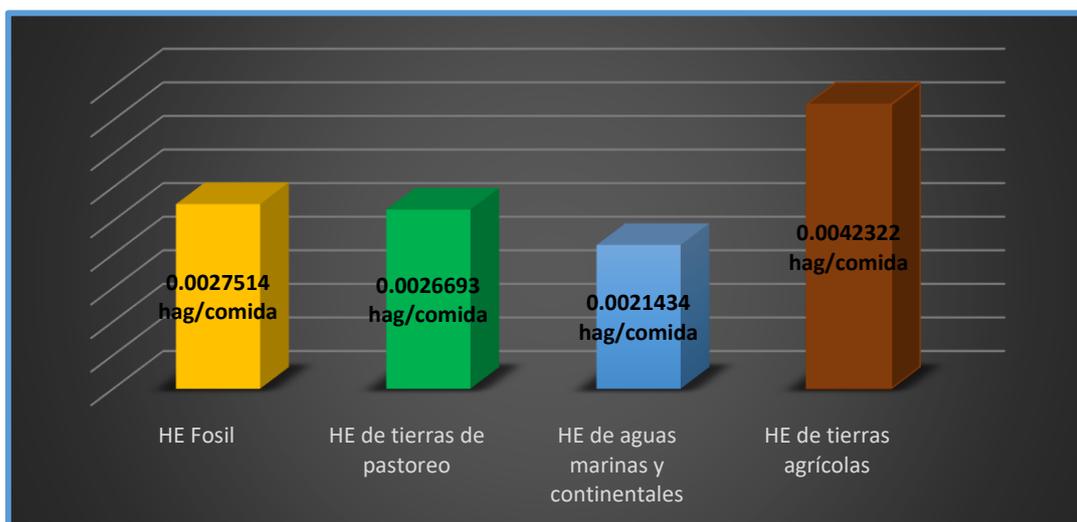
TABLA 35: Resumen de huellas parciales de casos aplicativos 01 y 02.

Resumen de huellas parciales	
Costo del menú	S/ 8.00
HE Fossil	0.0027514 hag/comida
HE de tierras de pastoreo	0.0026693 hag/comida
HE de aguas marítimas y continentales	0.0021434 hag/comida
HE de tierras agrícolas	0.0042322 hag/comida

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 18 se muestra una comparación entre huellas, estimándose así que la huella con más incidencia es la de tierras agrícolas debido a la gran incidencia en el menú plateado; seguido de la huella fósil, como penúltimo la huella de tierras de pastoreo y finalmente la huella de aguas marinas y continentales.

GRÁFICO 19: Huellas parciales de alimentos de casos aplicativos 01 y 02



Fuente: Elaboración propia

Calculadas las huellas parciales de los alimentos para ambos casos aplicativos, se procede a calcular las huellas ponderadas siguiendo la metodología propuesta en el apartado de procedimientos cuyos parámetros se muestra a continuación:

$$HE_{pal} = \frac{HE_c}{H_c} \times N_h$$

Donde:

HE_{pal}: Huella ecológica ponderada de los alimentos (hag)

HE_c: Huella ecológica expresada como hag/comida

H_c: 8 horas/comida

N_h: número de horas trabajadas en cada caso aplicativo.

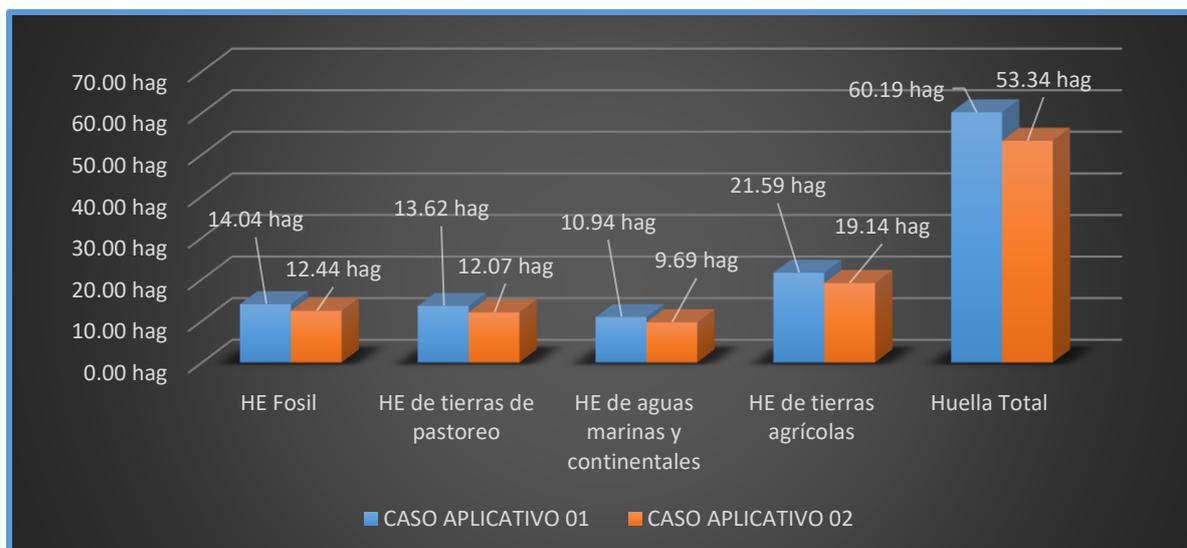
En la tabla 36 se muestran los resultados de las huellas ponderadas y totales (suma de huellas ponderadas) del consumo de alimentos en obra.

TABLA 36: Huella ponderada y total del consumo de alimentos por caso aplicativo.

TIPO DE HUELLA	CASO APLICATIVO 01	CASO APLICATIVO 02
HE Fossil	14.04 hag	12.44 hag
HE de tierras de pastoreo	13.62 hag	12.07 hag
HE de aguas marinas y continentales	10.94 hag	9.69 hag
HE de tierras agrícolas	21.59 hag	19.14 hag
Huella Total de alimentos	60.19 hag	53.34 hag

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 20: Comparación de huellas de alimentos entre casos aplicativos



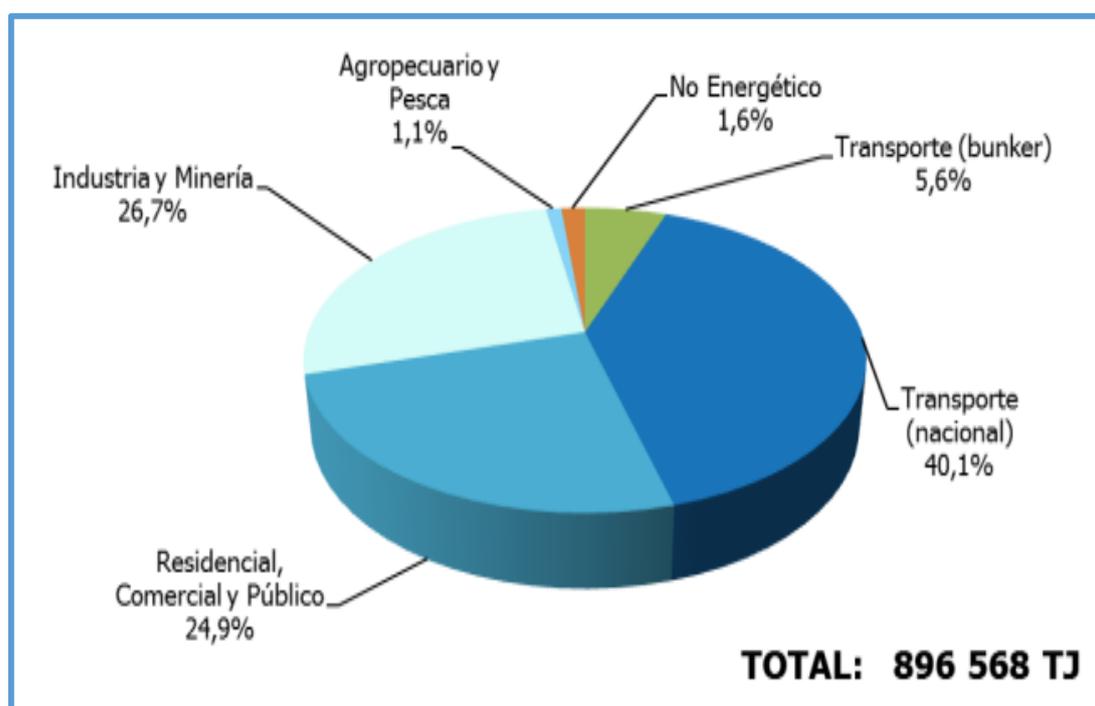
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 19 se muestra una comparación entre huellas ponderadas y totales de ambos casos aplicativos considerados para la presente investigación. En esta imagen queda claro que mientras más horas laboradas se tengan, mayor será la huella de los alimentos, es por eso que, la huella de alimentos del caso aplicativo 01 presenta más huella de alimentos puesto que en este caso aplicativo se registró un total de 40819.54 horas laboradas vs las 36174.24 horas del caso aplicativo 02.

4.3.4 Huella de movilidad.

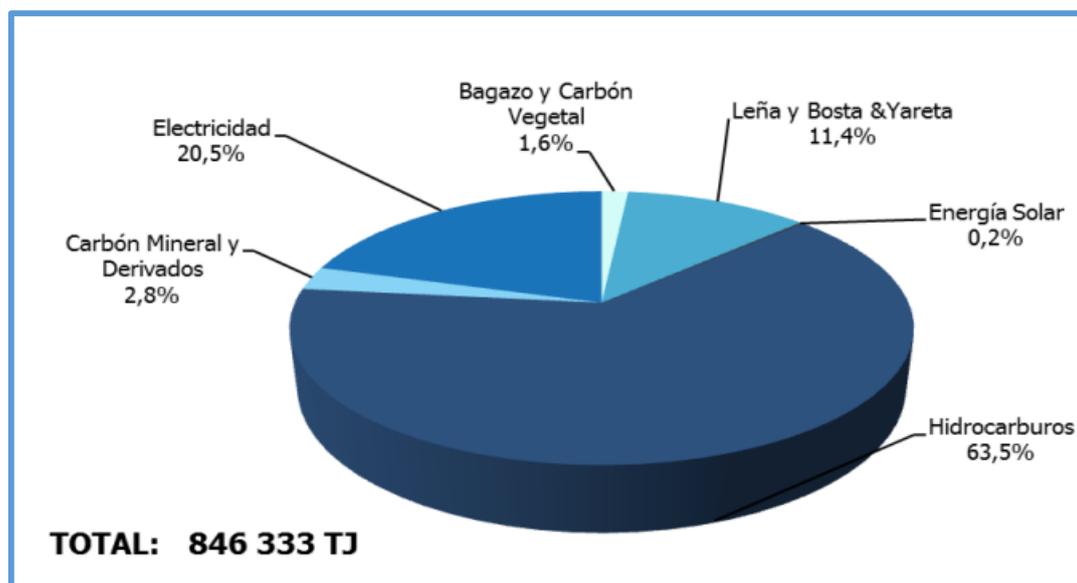
En el año 2018 se llevaron a cabo estudios de consumo final de energía por sectores arrojando como resultados que el sector transporte representa el 45,7% del consumo final total de energía tal como lo muestra el gráfico 20 (datos extraídos de [34])

GRÁFICO 21: Consumo final de energía por sectores



Fuente: Balance general de energía 2018-MINEM [34].

Del mismo modo y para el mismo año se dio a conocer en el balance general de energía 2018 [34] que, los hidrocarburos tienen una participación de un 63.5% como fuente de energía en el consumo final de dicho año, seguido de la electricidad con un 20.5%. los datos específicos se muestran en el gráfico 21.

GRÁFICO 22: Participación de fuentes de energía en el consumo final nacional 2018

Fuente: Balance general de energía 2018-MINEM [34].

Concluyentemente la movilidad es uno de los principales problemas ambientales y de consumo de hidrocarburos tal como lo muestra en los gráficos 20 y 21 mostrados previamente.

Es por ello que es de suma importancia el análisis de este tipo de huellas por que el personal que labora en obra se movilidad diariamente a obra provenientes de diferentes puntos de la ciudad de Chiclayo y dentro de esa movilización hacen consumo de agentes contaminantes como son los hidrocarburos y que serán asumidos como huella fósil.

Por otro lado, es importante definir también los consumos del tipo de vehículo utilizado para movilización de personal que labora en obra partiendo del tipo de vehículo y del consumo de hidrocarburo en litros por cada 100 km de recorrido que tienen dichos vehículos. Estos datos han sido extraídos de diferentes fuentes de marcas reconocidas en el territorio lambayecano y que se muestran en la tabla que a continuación se muestra:

TABLA 37: Consumo de combustible por tipo de vehículo y combustible.

VEHICULO EN EL QUE SE DESPLAZA	CONSUMO (L/100 KM)	TIPO DE COMBUSTIBLE
Moto lineal	3.031	Gasolina
Mototaxi	3.031	Gasolina
Servicio público	11.500	Petróleo
Auto	7.880	Gasolina

Fuente: Elaboración propia

Según estudios realizados en el Reino Unido y España cuyas características han sido mostradas en [9] para el cálculo de la huella ecológica de movilidad se deben considerar algunos puntos clave como es: Los consumos de combustible sean expresados en l/km o en kg co₂/km y que además se le añada un 15% extra por conceptos de mantenimiento del vehículo.

En este estudio llevado a cabo por Julio Solís en [9] se determinó que la huella ecológica de movilidad asciende a 0.0323 hag para un total de 15820.03 m², es decir que se obtendría una huella de 0.000002 hag/año y m². Cabe resaltar que para este cálculo se utilizó un único tipo de movilidad (automóvil del tipo gasolinera) y con una ocupación de 4 pasajeros. Además, que se tuvo como distancia media recorrida de 30 km ida y vuelta a lugar de destino y añadido un 10% de consumo de combustible por conceptos de mantenimiento del vehículo.

En [10] nos presenta un trabajo realizado en España donde se realizó una clasificación de edificaciones con características similares obteniéndose 10 tipos de edificaciones entre unifamiliares y plurifamiliares siguiendo algunos lineamientos planteados en su trabajo investigativo. En este trabajo nos muestra cálculos de huella de movilidad dependiendo del tipo de edificación cuyos datos se muestran en el gráfico 22.

GRÁFICO 23: Huella ecológica de movilidad por tipo de edificación

Impacto Mano de obra (hag/m ²)	Huella Ecológica de la mano de obra en la edificación (hag/m ²)									
	Clasificación por tipología									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alimentos	0,115	0,098	0,065	0,08	0,083	0,081	0,083	0,082	0,086	0,082
Movilidad	3,87 E-06	3,27 E-06	2,18 E-06	2,67 E-06	2,83 E-06	2,72 E-06	2,77 E-06	2,73 E-06	2,88 E-06	2,75 E-06
Residuos RSU	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
HE total mano de obra (hag/m ²)	0,118	0,101	0,067	0,082	0,085	0,083	0,085	0,084	0,088	0,084
Porcentaje sobre HE total	33%	35%	32%	36%	36%	34%	37%	35%	38%	36%

Fuente: Extraído de [10]

De acuerdo a las características de nuestros casos aplicativos y según los lineamientos de clasificación mostradas en [10] lo más semejante a las tipologías de edificaciones propuestas (ver anexo 6 y 7) sería clasificar a nuestras edificaciones de aplicación en la categoría 6 y 7 para los casos aplicativos 01 y 02 respectivamente. Con esta clasificación podríamos comparar nuestras huellas de movilidad de tal manera que la huella de movilidad sea de

$2.72 \times E^{-6} \text{ hag/m}^2$ para el caso aplicativo 01 y $2.77 \times E^{-6} \text{ hag/m}^2$ para el caso aplicativo 02.

Entonces de acuerdo a esto para llevar a cabo nuestra investigación nos basaremos en la metodología propuesta por Julio Solís en [9] explicado en el aparatado de procedimientos y que se ha adaptado a la realidad local lambayecana para ambos casos aplicativos.

De esta manera hemos planteado hipótesis de cálculos para el cálculo de la huella ecológica de movilidad y que se muestran a continuación:

- a) Se estimará la huella, como se ve en obra 4 tipos de vehículos, para la movilización de personal en este caso se tiene a: automóvil, mototaxi, servicio público y moto lineal. Estos vehículos son considerados para ambos casos aplicativos.
- b) Se calculará una distancia media para cada caso aplicativo dependiendo de la ubicación del proyecto y siguiendo una posible ruta de movilización tanto para el transporte privado como el público.
- c) De acuerdo a datos de fabricación se obtendrá datos de ocupación de pasajeros por cada vehículo utilizado.
- d) Se calculará un consumo extra de un 10% por conceptos de mantenimiento de vehículo.
- e) Para la utilización de fórmula de cálculo de huella de movilidad se seguirá los lineamientos planteados en el cálculo de energía, específicamente para el consumo de combustible.

4.3.4.1 Parámetros y cálculo de huella de residuos.

El cálculo de la huella de movilidad del personal que labora en obra es necesario calcular las horas trabajadas por esta. Para el caso de aplicación 01 el número de horas trabajadas por mano de obra directa en la tabla 26 y por mano de obra indirecta en la tabla 27 y 28. Cabe resaltar que en este caso de estas dos tablas es una comparación entre dos métodos de cálculo para las horas de trabajo de la mano de obra indirecta tomando para este cálculo el caso más desfavorable, de esta manera se logró determinar que las horas trabajadas por mano de obra para el caso aplicativo 01 asciende a 40819.54 hh.

De manera análoga, en la tabla 29 se muestra el cálculo de horas de trabajo de mano de obra indirecta para el caso aplicativo 02; a diferencia del caso aplicativo 01, el caso aplicativo 02 no cuenta con ninguna información acerca de la mano de obra indirecta es por eso que se logra determinar las horas trabajadas por esta haciendo una hipótesis de cálculo la cual es: La mano de obra indirecta trabaja por lo menos $8\text{h/d} * 5.5 \text{ d/sem} * 4\text{sem/mes} * 6 \text{ meses}$ de duración de obra

= 1056 h por mano de obra indirecta, de esta manera para edificaciones multifamiliares por lo menos tendríamos como participantes de mano de obra indirecta : almacenero, guardián, residente, asistente de obra y otra que sea considerado dentro de esta clasificación, de esta manera tendríamos que la mano de obra indirecta trabajaría alrededor de 5280 horas. De esta manera obtenemos que las horas trabajadas por el personal de obra en el caso aplicativo 02 asciende a 36174.24 hh.

Obtenido los datos de horas trabajadas para ambos casos aplicativos se procede a realizar la hipótesis de desplazamiento para el cálculo de la huella de movilidad, de esta manera mencionamos que: La movilidad del personal de obra se realiza en 4 tipos de vehículos, con una participación en porcentaje (%) y con el número de ocupantes por vehículo. Todos estos datos son mostrados en la tabla 38.

TABLA 38: Total de horas trabajadas, tipo de vehículo, participación y ocupación de vehículos

TOTAL DE HORAS TRABAJADAS	VEHICULO EN EL QUE SE DESPLAZA	% (PORCENTAJE)	OCUPACIÓN DE INDIVIDUOS
36,174.24 h	MOTO LINEAL	30	2 personas
	MOTOTAXI	50	4 personas
	SERVICIO PÚBLICO	15	3 personas
	AUTO	5	4 personas

Fuente: Elaboración propia

Además, se plantea un recorrido vehicular, es decir una distancia media, que se determinó de manera tal que se busque una ruta tanto para vehículo particular como de servicio público y cuyos datos se muestran en las tablas 39 y 40 para los casos aplicativos 01 y 02 respectivamente.

Las rutas tomadas para el cálculo de la distancia media recorrida se muestran en los anexos 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15 para el caso aplicativo 01 y para el caso aplicativo 02 se debe visualizar los anexos 16, 17, 18, 19, 20 y 21. En estos anexos se muestran distancias recorridas haciendo hipótesis de 4 posibles lugares desde donde se desplaza el personal obrero para el caso 01.

De igual manera para el caso aplicativo 02 se establece 3 posibles lugares de donde se desplaza el personal obrero.

TABLA 39: Distancia media de caso aplicativo 01

Zona	Tipo de movilidad	Distancia a obra (Km)
José Leonardo Ortiz	MOTO LINEAL	6.4
	MOTOTAXI	6.4
	SERVICIO PÚBLICO	7.5
	AUTO	6.4
La Victoria	MOTO LINEAL	2.2
	MOTOTAXI	2.2
	SERVICIO PÚBLICO	2.2
	AUTO	2.2
Cruz de la Esperanza	MOTO LINEAL	8.2
	MOTOTAXI	8.2
	SERVICIO PÚBLICO	9.2
	AUTO	8.2
San Antonio	MOTO LINEAL	4.8
	MOTOTAXI	4.8
	SERVICIO PÚBLICO	7.1
	AUTO	4.8
DESPLAZAMIENTO MEDIO (km)		5.675

Fuente: Elaboración propia

TABLA 40: Distancia media de caso aplicativo 02

Zona	Tipo de movilidad	Distancia a obra
PIMENTEL SECTOR A	MOTO LINEAL	3.3
	MOTOTAXI	3.3
	SERVICIO PÚBLICO	3.3
	AUTO	3.3
SAN ANTONIO CHICLAYO	MOTO LINEAL	15.6
	MOTOTAXI	15.6
	SERVICIO PÚBLICO	16.00
	AUTO	15.6
PIMENTEL SECTOR B	MOTO LINEAL	1.1
	MOTOTAXI	1.1
	SERVICIO PÚBLICO	1.1
	AUTO	1.1
DESPLAZAMIENTO MEDIO (km)		6.7

Fuente: Elaboración propia

Es necesario para el cálculo conocer el número de trabajadores de la obra es por ello que se necesita obtener datos de duración de obra y como se mostró en cálculos anteriores el caso aplicativo 01 tiene una duración de 10 meses, mientras que el caso aplicativo 02 tiene una duración de ejecución de 6 meses. Sabiendo el tiempo en meses es necesario calcular el tiempo en horas, para ello aplicamos la siguiente expresión:

$$D = d \times h_e$$

Donde:

D: Duración de obra en horas por trabajador

d: duración de obra en años

He: horas trabajadas al año por cada trabajador

Para saber el número de horas trabajadas al año por cada trabajador o también llamado horas efectivas, se calculó multiplicando el total de días al año por una jornada laboral (8 horas) y descontando feriados, de esta manera se llegó a determinar que el personal labora 2280 h al año. De esta manera la duración de la obra en horas por cada trabajador para el caso aplicativo 1 es de 1900 h y para el caso aplicativo 2 es de 1140 h.

Obtenidas las horas totales de trabajo se calcula el número de trabajadores y el número de vehículos de acuerdo a la ocupación de cada tipo considerado para finalmente tener la distancia recorrida. Las fórmulas necesarias se presentan a continuación y los datos de cálculo se muestran en la tabla 41.

$$N_t = \frac{N_h}{D}$$

Donde:

D: Duración de obra en horas por trabajador

Nh: número total de horas trabajadas

Nt: número de trabajadores

$$N_v = \frac{N_t}{O}$$

Donde:

O: Ocupación por vehículo

Nv: Número de vehículos

$$D_t = N_v \times d_m$$

Donde:

Dt: Distancia total recorrida (Km)

dm: distancia media recorrida (Km)

TABLA 41: Cálculos por tipo de vehículo del caso aplicativo 01

	VEHICULO EN EL QUE SE DESPLAZA	% (PORCENTAJE)	NÚMERO DE PERSONAS QUE VIAJAN	OCUPACIÓN DE INDIVIDUOS POR VEHÍCULO	NÚMERO DE VEHICULOS	DISTANCIA TOTAL RECORRIDA	CONSUMO (L/100km)	CONSUMO EN L	TIPO DE COMBUSTIBLE
30 trabajadores	MOTO LINEAL	30	9	2 personas	5	57 Km	3.031	1.72	gasolina
	MOTOTAXI	50	15	4 personas	4	45 Km	3.031	1.38	gasolina
	SERVICIO PÚBLICO	15	5	3 personas	2	23 Km	11.50	2.61	petróleo
	AUTO	5	2	4 personas	1	11 Km	7.88	0.89	gasolina

Fuente: Elaboración propia

TABLA 42: Cálculos por tipo de vehículo del caso aplicativo 02

	VEHICULO EN EL QUE SE DESPLAZA	% (PORCENTAJE)	NÚMERO DE PERSONAS QUE VIAJAN	OCUPACIÓN DE INDIVIDUOS POR VEHÍCULO	NÚMERO DE VEHICULOS	DISTANCIA TOTAL RECORRIDA	CONSUMO (L/100km)	CONSUMO EN L	TIPO DE COMBUSTIBLE
33 trabajadores	MOTO LINEAL	30	10	2 personas	5	67 Km	3.031	2.03	gasolina
	MOTOTAXI	50	17	4 personas	5	67 Km	3.031	2.03	gasolina
	SERVICIO PÚBLICO	15	5	3 personas	2	27 Km	11.50	3.08	petróleo
	AUTO	5	2	4 personas	1	13 Km	7.88	1.06	gasolina

Fuente: Elaboración propia

Con los datos necesarios, procedemos a calcular la huella ecológica siguiendo los lineamientos mencionados en el apartado de procedimientos y que se muestra a continuación:

$$HE_{pc} = \frac{C}{Pc} \times FE_B$$

Donde:

HE_{pc}: Huella ecológica del consumo de combustible(hag)

C: Consumo (GJ/ha)

Pc: Productividad energética del combustible (GJ/ha)

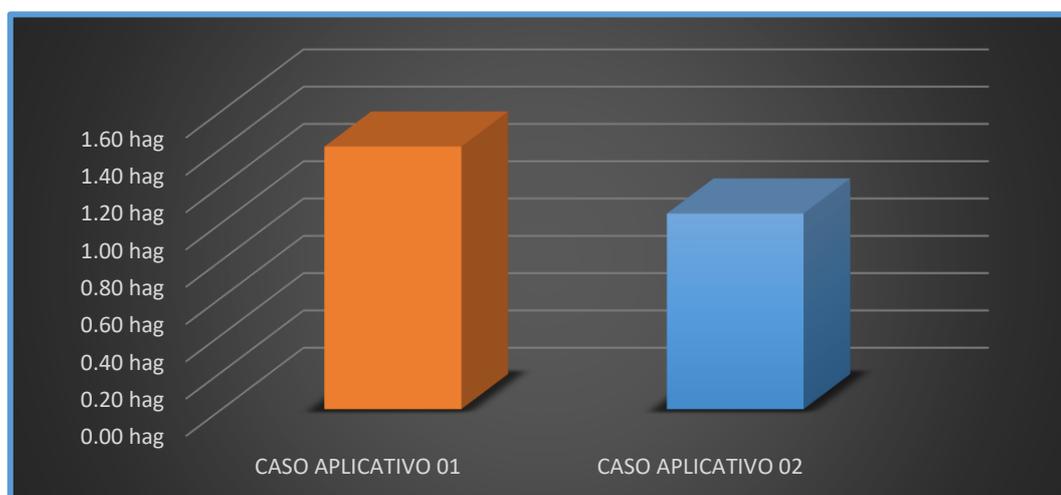
FE_B: factor de equivalencia de los bosques (hag/ha)

TABLA 43: Huella ecológica de movilidad

	Caso aplicativo 01	Caso aplicativo 02
Consumo (litros)	6.6	8.2
Mantenimiento (10%)	0.66	0.82
Factor de conversión (MJ/ha)	35	35
Productividad energética (MJ/ ha)	50	50
Factor de equivalencia (hag/ha)	1.26	1.26
HE movilidad (hag)	1.41	1.05

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 24: Huella de movilidad (hag)



Fuente: Elaboración propia

4.3.5 Huella de materiales de construcción.

En el caso de la huella de materiales de construcción se siguen los lineamientos presentados en el pate de procedimientos. En este sentido y tal como lo menciona Julio Solís en [9] los cálculos de la huella de los materiales se hacen más complicados por algunos datos de consumos energéticos llevados a cabo en el fabricación, transporte y puesta en obra no se encuentran accesibles y si hay datos esos no están debidamente justificados.

Existen algunos estudios realizados para el cálculo de la huella ecológica de los materiales y que continuación presentamos sus resultados.

En [6] nos presentan algunos cálculos hechos en España y Chile en la cual nos menciona que el impacto de los materiales se produce durante las etapas de su fabricación y transporte de estos, en esta investigación clasifican a los resultados de acuerdo al número de plantas sobre la rasante variando entre 1 y 10 niveles. Los resultados nos hablan que la fabricación de materiales la huella ecológica varía entre 0.14 hag/m² y baja según el número de pisos hasta 0.10 y 0.08 hag/m² y cuyos datos se presentan en el gráfico 24.

Del mismo modo para el caso del transporte su huella varia de 0.02 hag/m² y disminuye según incrementa el número de plantas hasta llegar a 0.01 hag/m².

GRÁFICO 25: Huellas ecológicas parciales y totales por vivienda y persona según número de plantas.

Huellas parciales	HE (hag/m ²) según número de plantas sobre rasante					
	1	2	3	4	5	10
Bosques	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Pastos	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Mar	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Cultivos	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Ocupación directa	2,51	1,26	8,37	6,36	5,02	2,50
Energía	E-04	E-04	E-05	E-05	E-05	E-05
Maq. combustible	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Maq. eléctrica	3,61E-04	1,92E-04	9,57E-05	1,02E-04	1,04E-04	1,13E-04
Mano de obra alim.	2,83E-04	2,21E-04	1,70E-04	1,73E-04	1,67E-04	1,68E-04
Mano de obra RSU	8,29E-05	6,47E-05	5,23E-05	5,23E-05	5,02E-05	4,96E-05
Mat. fabricación	0,14	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08
Mat. transporte	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mat. RCD	5,14E-05	3,07E-05	2,94E-05	2,61E-05	2,41E-05	2,15E-05
Agua	5,41E-06	5,51E-06	2,98E-06	4,20E-06	4,13E-06	1,86E-06
Electricidad	6,58E-04	5,50E-04	4,86E-04	4,86E-04	4,62E-04	4,36E-04
Total HE (hag/m²)	0,203	0,147	0,130	0,123	0,119	0,112
Superficie por viv.(m ²)	181,0	143,0	72,0	70,0	72,0	72,0
Núm. habitac.	5	5	3	3	3	3
Pers. por viv.	6	6	4	4	4	4
HE por viv. (hag)	36,82	21,01	9,38	8,62	8,54	8,03
HE por pers. (hag)	6,14	3,50	2,35	2,15	2,14	2,01

Fuente: Elaborado por Patricia Gonzales en [6].

En [12] nos presenta huella de materiales en hag y por tipo de material y cuyos datos se muestran en los gráficos 25 y 26. En ese estudio se calculó la huella ecológica de un proyecto que tienes un ámbito de actuación de 620.256 m², en este estudio se ve reflejado que el 33% de la huella ecológica eta representada por los materiales y es asumida a la huella del tipo fósil.

GRÁFICO 26: Huella de caso práctico de 620.256 m²

Huella Total		19.927,08 hag				
Impacto	Fósil	Pastos	Bosques	Mar	Cultivos	Superficie construida
Maquinaria	12.937,81	11,89	7,35	31,27	52,72	
Mano de obra	8,75	5,02	0,47	13,20	52,72	
Costes indirectos	211,12	2,22	0,21	5,84	9,98	0,21
Materiales	6.576,30					
Total	19.733,99	19,13	8,03	50,30	115,41	0,21

Fuente: Elaborado por el autor en [12].

GRÁFICO 27: Resultados de huella por tipo de material

MATERIAL	EMISIONES (tCO₂)	HE (hag)
Hormigón	7.527,876	3.669,578
PVC	1.988,227	969,192
Áridos	1.147,006	559,126
Asfalto	1.055,005	514,278
Agua	789,635	385,636
Cerámicos	677,910	330,457
Cemento	567,397	276,587
Hierro	438,220	213,617
Acero	168,235	82,011
Bronce	8,000	3,900
Polietileno	7,021	3,423
Pintura	2,869	1,398
Cobre	1,555	0,758
Plastificante	1,189	0,579
Fibra de vidrio	0,022	0,011
Madera	-3,808	-1,856

Fuente: Elaborado por el autor en [12].

Del mismo modo en [11] se describe el cálculo de huella ecológica de materiales arrojando como resultados 236.6 hag/ [38]ha y 145.8 hag/ha para caso aplicativos en Chile y España respectivamente y del mismo modo es agrupado como huella del tipo fósil. En el caso chileno el proyecto en estudio tiene una área de 971.63 m² y es comparado con un proyecto en España que consta de un área total de 9524.17 m²

Por último, se obtienen datos de cálculo de huella de materiales de la tesis doctoral de Julio Solís [9], en este caso se analizó un proyecto cuya área construida asciende a un total de 16014.92 m² y cuya huella asumida al tipo fósil tiene un total de 2453.653 hag. Los datos se muestran en el gráfico 27.

Por otro lado, para la determinación de la huella ecológica resulta necesario tocar el tema de un concepto que se ha manejado durante el desarrollo de la presente investigación, de esta manera nosotros debemos ubicarse y definir las fases del ciclo de vida de un material de construcción y de la energía incorporada que estos consumen para su generación, transporte y puesta en obra.

Dentro de los conceptos que se manejan en el ciclo de vida se puede mencionar a 4 tipos diferentes llamados como se mencionan a continuación:

- a) De la cuna a la puerta: Su estudio se lleva a cabo únicamente durante la extracción de materias primas, transporte y producción en fábrica [39].
- b) De la cuna al sitio: aparte de estudiar las fases correspondientes a la extracción, transporte y producción en fábrica, esta incluye el transporte hacia la obra o lugar donde serán aprovechados los materiales. [9]
- c) De la cuna a la tumba: Es el estudio más completo, este estudio examina todas las etapas de ciclo de vida de un material, partiendo desde la obtención de materias primas hasta la parte última que involucra la gestión de los residuos sólidos al finalizar la vida útil de estos [39].
- d) De la cuna a la cuna: Involucra todos los conceptos mencionados en la parte de aquel estudio de la cuna a la tumba, pero este hace mención a la reutilización de los residuos al final de vida útil y que esta reutilización reinicia el ciclo convirtiéndose en materia prima [39].

Puesto que la presente investigación se centra en la fase de construcción de las edificaciones propuestas, se tomará como modelo de análisis de cuna a la puerta o de la cuna al sitio.

Ahora bien, habiéndose situado en la fase donde analizaremos los casos aplicativos podremos definir a la energía incorporada.

GRÁFICO 28: Huella ecológica de materiales de construcción de proyecto de 16014.92 m²

Et edificación (MJ)	119.175.644,54
Et urbanización (MJ)	10.831.345,46
Et total (MJ)	130.006.990,00
Productividad (MJ/ha)	71.000,00
HE (ha)	1.831,084
FE bosques (hag/ha)	1,34
HE consumo materiales (fósil) (hag)	2.453,653

Fuente: Elaborado por Julio Solís en [9].

La energía incorporada se define como aquella energía que hace posible la extracción, transporte, fabricación y puesta en obra de los materiales de construcción para la producción de un edificio. Este concepto va relacionado a lo definido con el ámbito de trabajo puesto que si quisiéramos trabajar el ciclo de vida de la cuna a la tumba involucraríamos también energías consumidas para todos los conceptos que abarca de la cuna a la tumba [40].

Habiendo obtenidos todos los conceptos claros ponemos el orden en que se va a calcular la huella ecológica de los materiales basándose en lo explicado en la parte de procedimientos y por lo dicho por Julio Solís en [9].

4.3.5.1 Parámetros y cálculo de huella de materiales de construcción.

Dentro de los parámetros necesarios para calcular la huella ecológica de los materiales de construcción, se encuentra definido los conceptos de energía incorporada es por ello que nos apoyaremos de los valores de energía incorporada presentados en [9] ya que en nuestra región no se encontraron datos referidos a energía incorporada de los materiales por ello se ha utilizado los mencionados anteriormente y cuyos datos se muestran a continuación:

GRÁFICO 29: Materiales de construcción.

Fuente: Elaborado por pch.vector.

GRÁFICO 30: Energía incorporada de materiales de construcción mostrados en [9] (1/3)

Material	Energía incorporada específica (MJ/kg)					
	F1 ⁸⁴	F2 ¹²⁵	F3 ¹²⁶	F4 ¹²⁷	F5 ¹²⁸	F6 ¹²⁹
Materiales simples						
Acero comercial (20% reciclado)	35	43	43	35-43	30,13	25
Acero 100 % reciclado (teórico)	17					9
Acero inoxidable				177		
Aluminio primario	215	160	160	205	160	200
Aluminio 100 % reciclado (teórico)	23					
Aluminio 85 % reciclado						45
Aluminio comercial (30 % reciclado)	160					
Arcilla cocida, ladrillo y tejas	4,50				2,90	2
Arcilla cocida, materiales cerámicos vitrificados	10			7,20		6
Arcilla cocida. Sanitarios	27,50					
Arena (áridos)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,06	0,50
Áridos reciclados				0,10		
Asfalto en tela (oxiasfalto)	10		10,00	10,00		
Cal				3,43		4,5-5,00
Cartón-yeso				7,90	5,73	5
Cemento	7	7,20	7,20	7,00		3,6-4,00
Cerámica				2,30-2,50		
Cerámica esmaltada				13,00		

Fuente: Elaborado por Julio Solís en [9].

GRÁFICO 31: Energía incorporada de materiales de construcción mostrados en [9] (2/3)

PVC primario	80	80	80	70	53,82	85
Terrazo				2,30		1,50
Vidrio plano	19	19	19	19	16,20	
Yeso-escayola	3,30	3,30	3,30	2,57	2,45	1
Materiales compuestos						
Fábrica ladrillo hueco	2,96		2,80		2,90	
Fábrica ladrillo perforado	2,85					
Fábrica ladrillo macizo	2,86					
Hormigón H-150	0,99					
Hormigón H-175	1,03					
Hormigón H-200	1,10					
Hormigón prefabricado				2,30		1,50
Mortero M-40/a	1					
Mortero M-80/a	1,34					
Mortero prefabricado				2,00-2,50	2,25	1
Ventanas / puertas aluminio					218	
Ventanas / puertas madera					26,85	

Fuente: Elaborado por Julio Solís en [9].

GRÁFICO 32: Energía incorporada de materiales de construcción mostrados en [9] (3/3)

Cobre primario	90	90	90	150		85
Fibrocemento (de amianto)	6			9,50		
Fibrocemento (de fibras sintéticas o madera)	9			9,50		
Fibra natural				1,70		
Fibra mineral				2,35	18,40	
Fibra sintética				30		
Fibra de vidrio	30		30	22		35
Grava	0,10	0,10	0,10			
Gres				10,90		
Madera de clima templado	3	3	3	2,10		
Madera tropical	3					
Madera, tablero aglomerado sin formaldehídos	14	14	14	14		
Madera, tablero aglomerado con formaldehídos	14					
Madera, tablero contrachapado	5	5	5			
Papel				31,10		
Pintura plástica (de base acuosa) que cumple la norma ecológica	20					
Pintura plástica (de base acuosa)	20	20	20	20	42,23	
Pinturas y barnices sintéticos (esmaltes) de base de disolventes orgánicos que cumplen la norma ecológica	100			90		
Pinturas y barnices sintéticos (esmaltes) de base de disolventes orgánicos	100	100	100			
Piedra				0,18		0,50
Plomo				190		22
Policarbonato				79		
Policloropreno (neopreno)	100	120	120	100-120		
Poliestireno expandido (EPS)	100	100	100	100-115		125
Poliestireno extruido (XPS) con agente hinchantetipo HCFC	100			100-115		133
Poliestireno extruido (XPS) con agente hinchantetipo CO ₂	100					130
Poliétileno (PE) primario	77	75		85		110
PE reciclado (más del 70%)			75			
Polipropileno (PP) primario	80		77			115
Poliuretano (PUR) con agente hinchantetipo HCFC o diclorometano	70			70	82,33	135
PUR con agente hinchantetipo CO ₂ o similar	70	70	70			135

Fuente: Elaborado por Julio Solís en [9].

Teniendo los valores de energía incorporada mostrados anteriormente debemos seguir con la fórmula planteada por Julio Solís en [9] y que esta mencionada en el apartado de procedimientos.

$$HE = \frac{\sum_i C m_i \times E i m_i}{P c}$$

Donde:

HE: huella ecológica (ha)

Cmi: Consumo del material (Kg)

Eimi: Energía incorporada del material (MJ/Kg)

Pc: Productividad energética del petróleo (mj/ha)

A continuación, en la tabla 44, se muestra algunos ejemplos de cálculos realizados para la determinación de la energía incorporada y el peso de cada material, en el caso del peso de cada material se ha consultado en las principales tiendas de materiales de construcción en la ciudad de Chiclayo, en algunos casos se ha pesado en una balanza gramera según lo muestra los anexos. De la misma manera si queremos ver todos los resultados de la energía incorporada de los materiales se debe revisar la parte de los anexos.

En la tabla 44 se muestra además otros conceptos cuyos datos son explicados a continuación:

$$C_{stm} = M_m \times P_m$$

Donde:

Cstm: Coste total del material (S/.)

Pm: Precio básico

Mm: medición del precio básico del proyecto considerado.

$$Cm = M_m \times C_c$$

Donde:

Cm: consumo en peso del material

Cc: coeficiente de conversión del peso por unidad expresada de cada material

$$E_{im} = C_m \times E_{iem}$$

Donde:

E_{iem} : Energía incorporada específica del material i (MJ/Kg), todos ellos extraídos de tablas presentadas por Julio Solís en [9].

E_{im} : energía incorporada total del material (MJ)

En el caso de que algunos materiales no se puedan definir su energía incorporada se plantea de acuerdo a lo presentado por Julio Solís la siguiente fórmula de cálculo:

$$E_{isd} = E_{it-sd} \times \frac{C_{stsd}}{C_{st-sd}}$$

Donde:

E_{isd} : energía incorporada sin definir (MJ)

E_{it-sd} : energía incorporada definida (MJ)

C_{stsd} costo del material cuya energía incorporada está sin definir (S/.)

C_{st-sd} : costo del material cuya energía incorporada está definida (S/.)

En los casos aplicativos propuestos en esta investigación todos los materiales han sido clasificados de manera exitosa lo que implica no haber hecho cálculos de energía incorporada para materiales no definidos.

TABLA 44: Algunas energías incorporadas calculadas por tipo de material de caso aplicativo 01

MATERIAL	Unidad	Mm (u)	Cc (Kg/u)	Pm (S./u)	Cstm	Cm (Kg)	Eiem (MJ/Kg)	Eiem (MJ)
ALAMBRE NEGRO # 16	kg	567.91	1.00	2.87	1629.90	567.91	35.86	20362.39
ALAMBRE NEGRO # 8	kg	631.85	1.00	2.87	1813.41	631.85	35.86	22655.00
CLAVOS DE CABEZA 2",3",4"	kg	741.81	1.00	2.46	1824.86	741.81	35.86	26597.71
ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	29814.94	1.00	2.23	66487.31	29814.94	35.86	1069014.64
ARENA FINA	m3	580.66	1600.00	18.00	10451.84	929052.80	0.16	151745.29
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3	400.27	1600.00	65.00	26017.31	640426.08	0.34	217744.87
PIEDRA MEDIANA DE 6"	m3	11.43	1600.00	42.00	480.16	18291.84	0.34	6219.23
ARENA GRUESA	m3	205.48	1800.00	35.00	7191.95	369871.74	0.16	60412.38
LADRILLO PARA TECHO 15 X 30 X 30 cm 8 HUECOS REX	u	9440.50	7.80	1.39	13122.29	73635.88	2.89	212562.24
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bls	1927.62	42.50	16.65	32094.79	81923.64	7.10	581657.83
CEMENTO PORTLAND TIPO V	bls	2682.57	42.50	17.47	46864.45	114009.10	7.10	809464.62
YESO EN BOLSAS DE 25 kg	bls	3.78	25.00	2.46	9.30	94.56	2.65	250.89
HORMIGON (PUESTO EN OBRA)	M3	80.19	1600.00	45.00	3608.56	128304.32	0.10	12830.43
MADERA TORNILLO	M3	14.14	590.00	3.60	50.89	8340.19	2.78	23144.04
ESTACA DE MADERA TORNILLO TRATADA	M3	0.79	590.00	0.50	0.39	464.91	2.78	1290.12
MADERA TORNILLO INCLUYE CORTE PARA ENCOFRADO	M3	0.41	590.00	3.60	1.46	239.68	2.78	665.11
PLANCHA DE TECKNOPOR DE 1" X 4' X 8'	pl	147.38	0.73	9.02	1329.32	107.81	106.25	11454.57

Fuente: Elaboración propia.

Ya sabiendo cuales son los parámetros necesarios y como calcular dichos datos a continuación se muestra la huella ecológica de los materiales de construcción calculados en base a la formula presentada anteriormente.

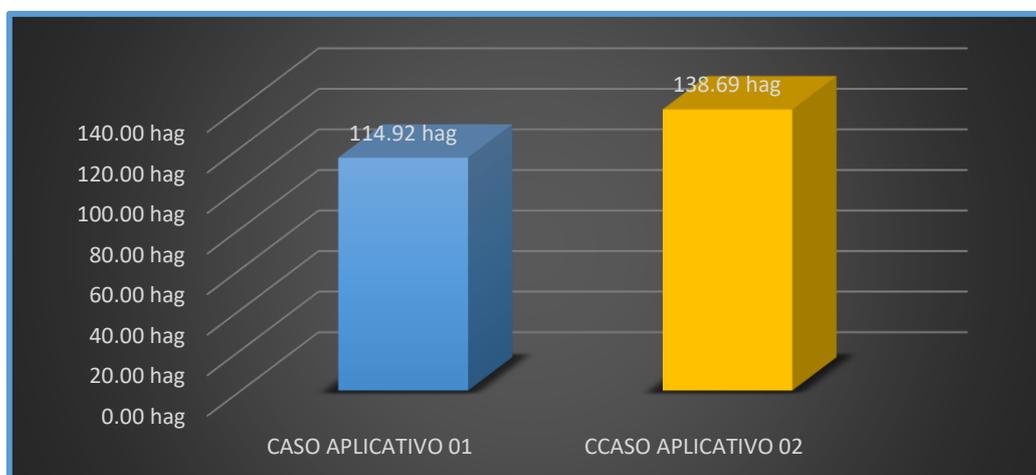
TABLA 45: Huellas ecológicas por caso aplicativo

CONCEPTO	CASO APLICATIVO	CASO APLICATIVO
	01	02
Et total (MJ)	4,561,058.19	244,660,533.93
Productividad (MJ/ha)	50,000.00	50,000.00
HE (ha)	91.22	4893.21
FE bosques (hag/ha)	1.26	1.26
HE de materiales de construcción (hag)	114.94	138.69

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en los resultados la huella ecológica de los materiales de construcción varían de forma muy parecida, poniéndose en evidencia que la energía incorporada de los materiales es de suma importancia a la hora de calcular la huella ecológica. Si bien esta variación, de acuerdo al análisis, es producto de la cantidad de materiales utilizados en los casos aplicativos, de tal manera que en el caso aplicativo 01 se ha utilizado menos material (sin acabados) para lograr construirlo y que por ende resulta mucho menos su energía incorporada respecto al otro caso aplicativo.

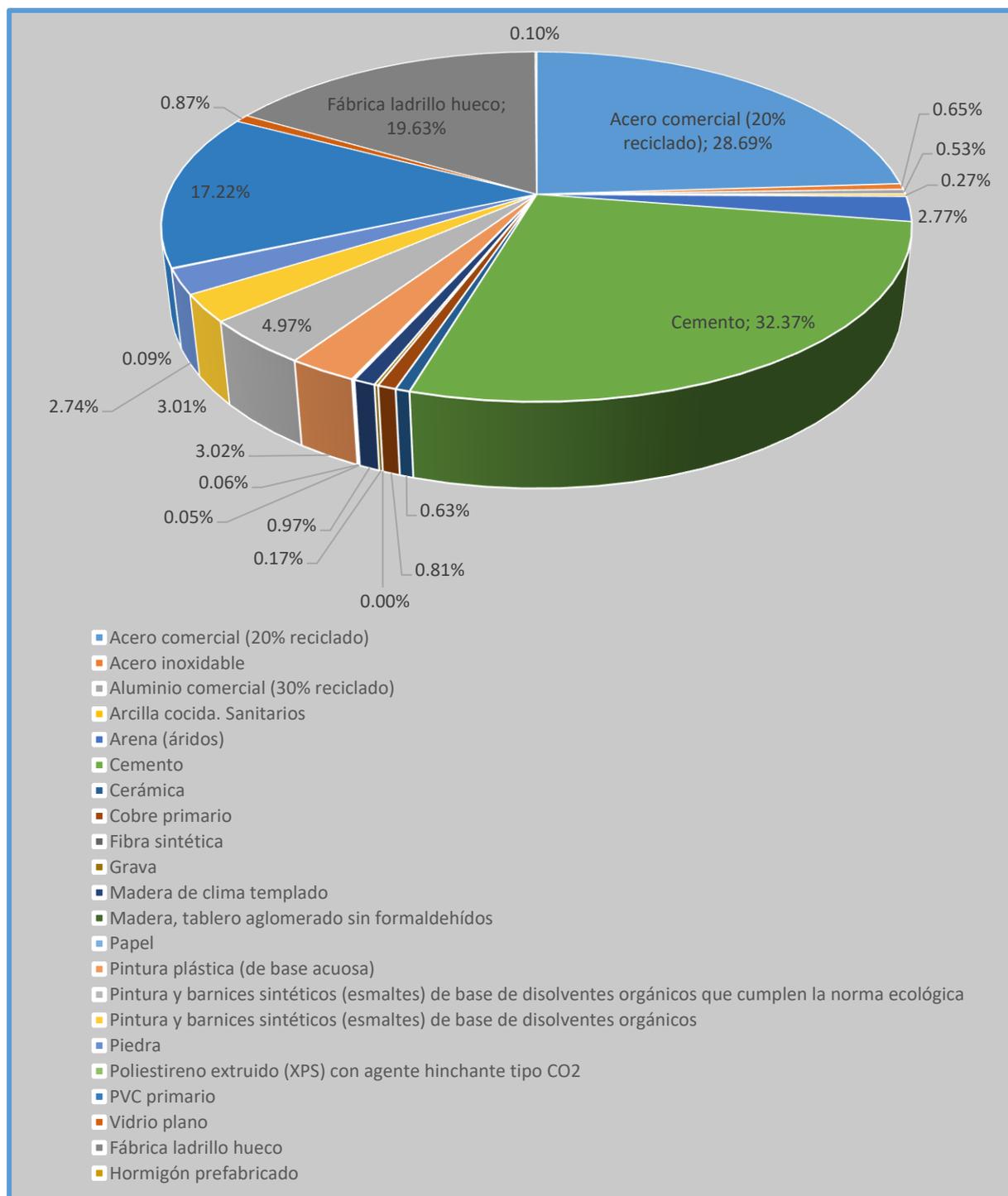
GRÁFICO 33: Huellas ecológicas por caso aplicativo



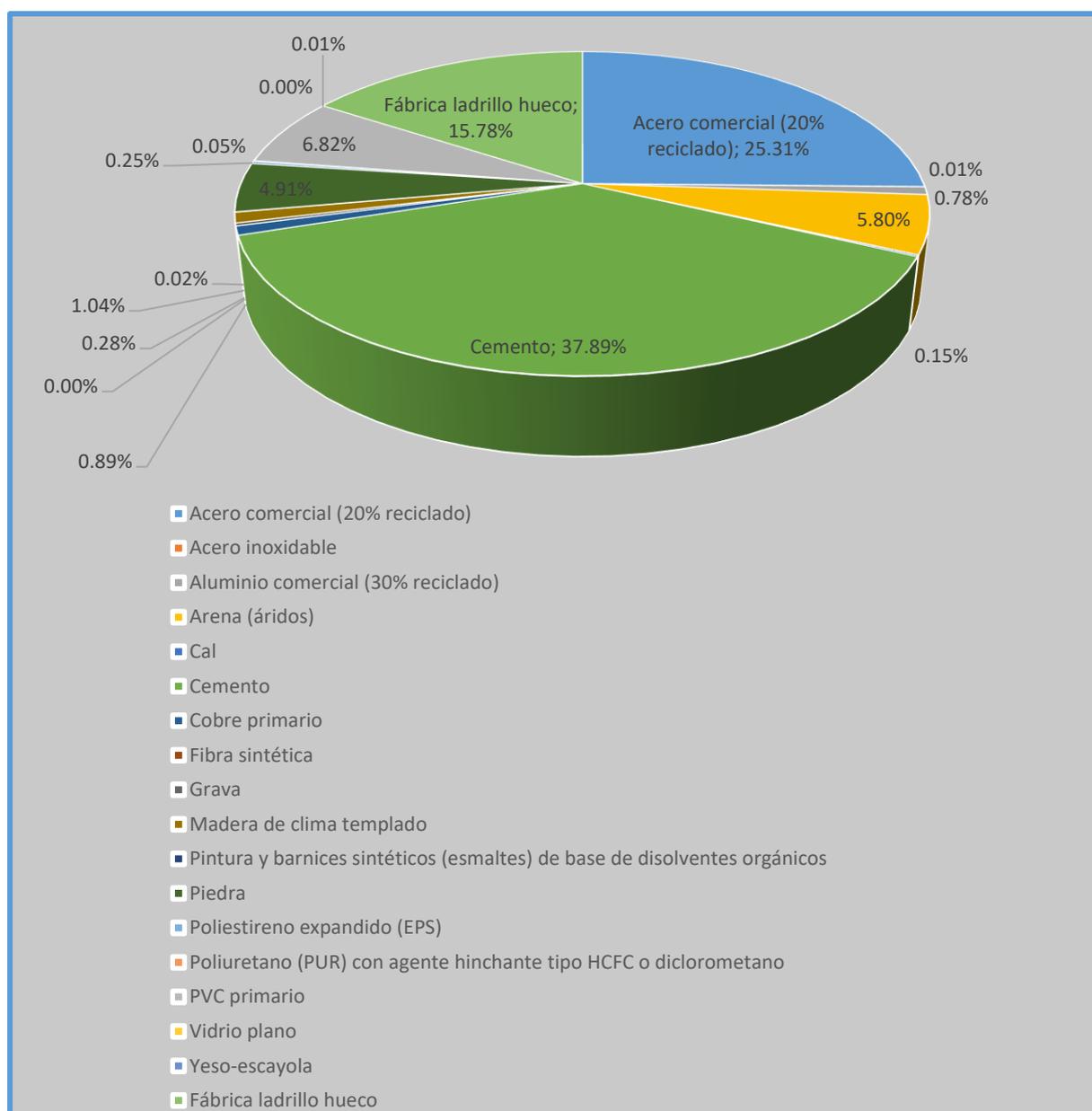
Fuente: Elaboración propia

Para que quede más explicado se muestra los gráficos 32 y 33 donde se analiza la participación de la energía incorporada dependiendo de tipo de material y del caso aplicativo. En estos gráficos se podrá observar la diferencia en utilización de materiales y la variación que se tiene por concepto de energía incorporada.

GRÁFICO 34: Participación de la energía por tipo de material del caso aplicativo 02



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 35: Participación de la energía por tipo de material del caso aplicativo 01

Fuente: Elaboración propia

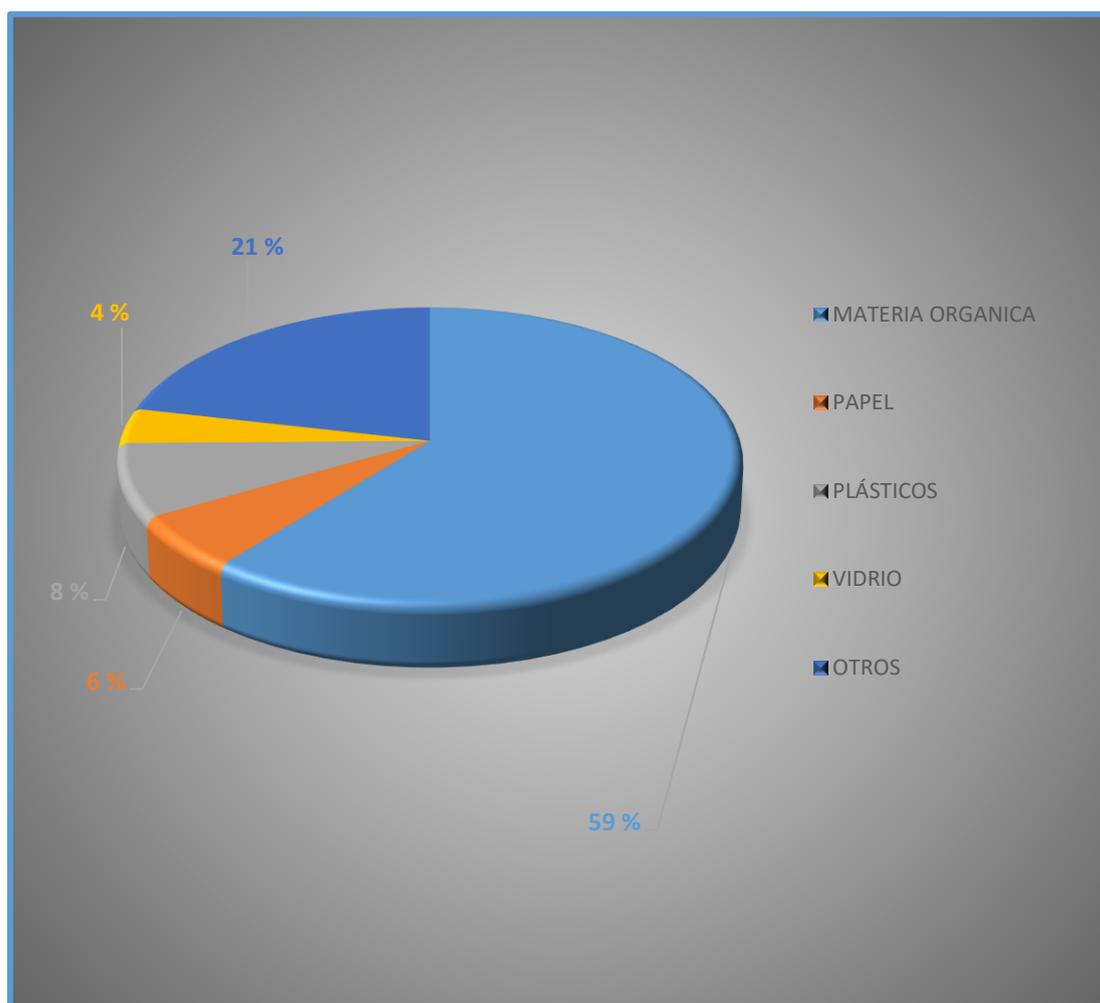
Como podemos observar los porcentajes de participación de los materiales de construcción respecto al total de energía incorporada son parecidos tienen una variación pequeña. De esta manera podemos mencionar que los dos materiales más representativos en el cálculo de la energía incorporada vienen a ser el cemento, acero y el ladrillo estos dos aportan gran cantidad de energía incorporada y cuyos valores ascienden a 37.89 %, 32.37 y 15.78%; en caso del cemento, acero y en el caso del ladrillo ascienden a 32.37%, 28.69% y 19.63 % para los casos aplicativos 02 y 01 respectivamente.

4.3.6 Huella de los residuos.

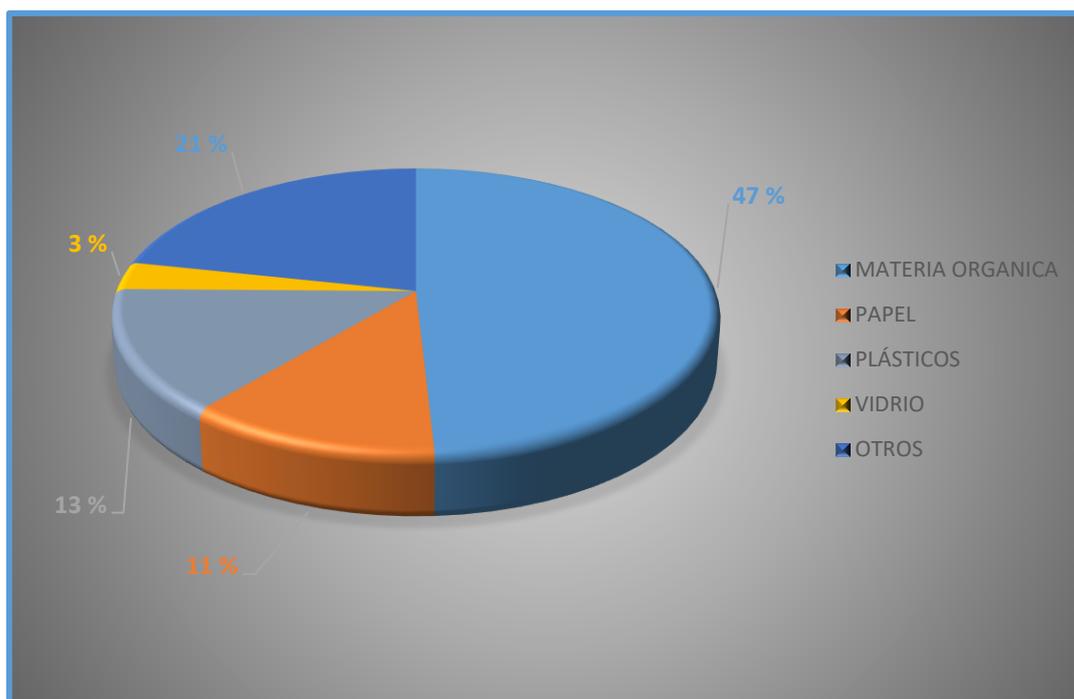
El análisis de los residuos nos resulta de suma importancia ya que estos se generan a lo largo de todo el ciclo de vida de una edificación y resultan ser de gran diversidad de muy variado origen, es por ello que en la presente investigación al recolectar información se determinó que al ubicarse la edificación en la fase de construcción diferenciamos la presencia de dos grandes grupos de residuos los cuales son: residuos sólidos urbanos (RSU) y los residuos de construcción y demolición conocidos como RCD.

De esta manera es necesario presentar la participación porcentual de los RSU para cada distrito en donde se ubican las obras a las que estamos poniendo como casos aplicativos y que se presentan a continuación en los gráficos 34 y 35 para los casos aplicativos 01 y 02 correspondientes a los distritos de La victoria y Pimentel respectivamente. Todos estos datos son mostrados en [41].

GRÁFICO 36: Porcentaje de la composición de RSU en La victoria.

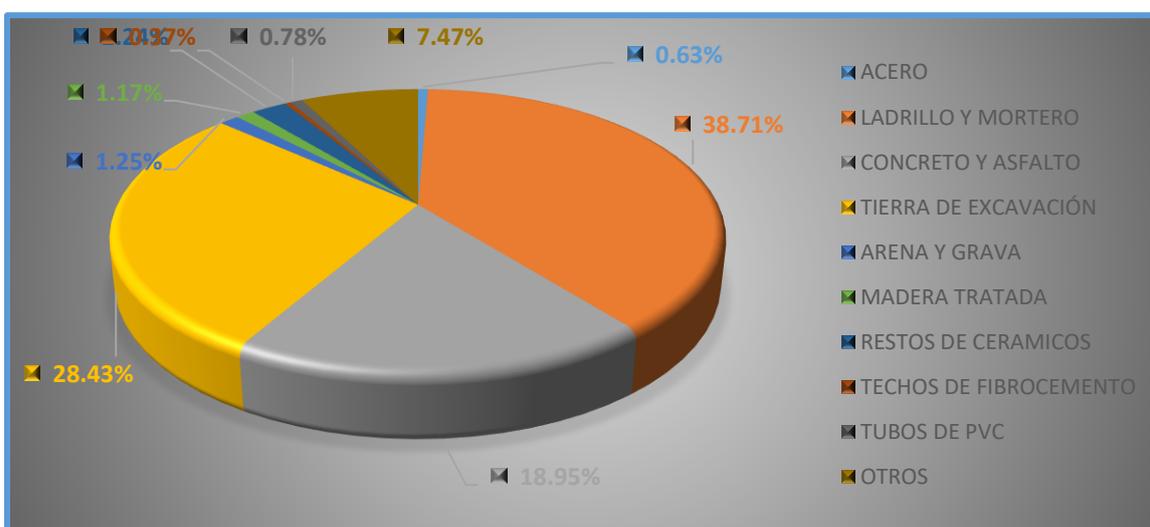


Fuente: Adaptado de [41].

GRÁFICO 37: Porcentaje de la composición de RSU en Pimentel

Fuente: Adaptado de [41].

Ahora bien, ya teniendo la composición de los residuos sólidos urbanos se debe presentar la composición de los RCD para ello se consultó a una investigación llevada a cabo por Nathaly castillo el cual muestra dicha composición y además a partir de estos calcula la densidad de los residuos que será necesario para el cálculo de la huella ecológica de los residuos. Dicha composición se muestra en el gráfico 36.

GRÁFICO 38: Porcentaje de la composición de RCD en Chiclayo.

Fuente: Elaborado por Nathaly Castillo.

Por otro lado, es importante mencionar la generación de residuos por habitante al año y para esto consultamos al Sistema Nacional de información Ambiental [42] el cual dentro de su capacidad arroja datos desde el 2013-2017 (véase tabla 46) sobre la generación de residuos per cápita al año y por departamento, encontrándose así que para el caso de Lambayeque la generación de los Residuos asciende a 0.208 t/trabajador/año, es decir unos 0.57 kg/habitante/día.

TABLA 46: Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios por departamento.

Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios por departamento					
(Kilogramos por habitante por día)					
Representación	2013	2014	2015	2016	2017
Amazonas	0.52	0.54	0.52	0.53	0.53
Ancash	0.55	0.49	0.56	0.55	0.52
Apurímac	0.58	0.46	0.46	0.51	0.51
Arequipa	0.49	0.48	0.48	0.49	0.49
Ayacucho	0.52	0.46	0.54	0.5	0.53
Cajamarca	0.54	0.53	0.54	0.53	0.51
Callao	0.66	0.61	0.65	0.59	0.6
Cusco	0.6	0.64	0.55	0.56	0.57
Huancavelica	0.49	0.47	0.46	0.43	0.43
Huanuco	0.5	0.48	0.45	0.44	0.44
Ica	0.53	0.5	0.5	0.5	0.5
Junín	0.51	0.48	0.52	0.53	0.54
La Libertad	0.54	0.51	0.53	0.5	0.51
Lambayeque	0.51	0.51	0.57	0.56	0.57
Lima	0.59	0.61	0.6	0.6	0.6
Loreto	0.55	0.63	0.61	0.62	0.57
Madre De Dios	0.45	0.42	0.45	0.51	0.51
Moquegua	0.39	0.42	0.41	0.44	0.44
Pasco	0.43	0.45	0.38	0.4	0.41
Piura	0.59	0.5	0.56	0.55	0.54
Puno	0.47	0.56	0.47	0.43	0.45
San Martín	0.55	0.59	0.54	0.55	0.55
Tacna	0.49	0.46	0.46	0.44	0.44
Tumbes	0.46	0.44	0.47	0.46	0.46
Ucayali	0.66	0.64	0.65	0.66	0.66
RSU	0.208 Ton/Trabajador/Año				

Fuente: Adaptado de SINIA en [42].

Habiendo definido algunos puntos acerca de los residuos sólidos es importante mencionar algunas investigaciones y sus resultados RSU y RCD producidos en sus casos de aplicación.

Partiremos explicando lo investigado por Julio Solís en su tesis doctoral [9], en la cual nos muestra que para su caso aplicativo de un total de área construida de 16014.92 m² se produce una huella ecológica de RCD= 1402.85 hag y para el caso de de los RSU= 12.70 hag y cuyos datos se muestran en el gráfico 36. Cabe indicar que esta investigación sirve como base para esta investigación.

En [12] también se llevó a cabo una investigación acerca de los RSU en obra, estos fueron incluidos dentro de la huella producida por la mano de obra presente en la construcción durante la ejecución de un proyecto de urbanización cuya área de actuación es de 620.256 m² y cuyos resultados dieron como conclusión que la metodología es viable, que los resultados encontrados guardan relación con los calculados por Julio Solís [9] y Gonzales Marreno [43], y que la huella fósil donde se incluyen los RSU es de 8,75 hag.

Por último, se menciona que se realizó también estudios respectos a los RSU y que fueron incluidos dentro de los consumos producidos por la mano de obra y que esta investigación se realizó tanto en Chile como en España para validar el modelo de cálculo de la huella ecológica, esta investigación fue desarrollada por Madelyn romero, Cristina Rivero y Claudia Muñoz en [11] y que cuya huella fósil donde se incluyó el valor de la huella de los RSU asciende a 0.3 hag/ha en el modelo Chileno y con valor de 1.4 hag/ha en el modelo español esto debiéndose al tamaño de edificación ya que el modelo chileno tiene una superficie de 2471.25 m² donde el área ocupada es de 971.63 m²; mientras que en el modelo español su extensión es de 7123.8 m².

Por otro lado, existen algunos conceptos que son complementarios y necesarios para el cálculo de la huella ecológica de los residuos. Estos conceptos nacen ya que para el cálculo se sigue la metodología de Wackernagel y mostrada en [14], en este trabajo menciona que para los residuos la huella debe calcularse de la misma forma que para los materiales, es decir, utilizando la intensidad energética (véase gráfico 16), restando la cantidad de energía recuperada por concepto de reciclaje.

Si bien es cierto en obra, no todos los residuos son eliminados por completos, sino que algunos de ellos son reutilizados o reaprovechados, ya sea en la misma actividad constructiva o como materia prima de otros. Es así que nace el concepto de reciclaje de residuos y de la energía recuperada que el reciclaje conlleva.

En las figuras se presenta dicho porcentaje de reciclaje por material y del mismo modo su energía recuperada. Cabe resaltar que estos porcentajes son extraídos de [9], puesto que en para nuestros casos aplicativos en la región no existen estudios de esta envergadura.

GRÁFICO 39: Porcentaje de Reciclaje de RSU.

Fracciones	Reciclaje (%)
Materia orgánica	12-15
Papel y cartón	50
Plásticos	40
Vidrio	40

Fuente: Extraído de [9].

GRÁFICO 40: Porcentaje de recuperación de energía por reciclaje.

Material	Recuperación de energía por reciclaje (%)
Residuos orgánicos	100 (por compostaje)
Residuos sólidos urbanos	50
Plásticos	70
Vidrio	40
Papel y cartón	50
Aluminio	90
Metales magnéticos	50
Escombros	90

Fuente: Extraído de [9].

Entonces, de esta manera podemos resumir los pasos que debemos llevar a cabo para el cálculo de la huella ecológica de los residuos tanto RSU como RCD, los cuales se mencionan a continuación:

Primero partimos del cálculo de volúmenes de RCU Y RCD apelando a a datos como La generación media de RSU y cálculo de volumen de RCD por medio de la utilización de la densidad presentada en investigaciones hechas, en este caso por Nathaly Castillo.

Segundo, se determinará los parámetros que se mencionan en capítulo siguiente, como los conceptos de índices de conversión mencionados en el apartado de procedimientos.

Y finalmente, se calcula la huella ecológica de los residuos (hag).

4.3.6.1 Parámetros y cálculo de huella de los residuos.

Se han mencionado en el apartado anterior a los residuos más representativos de acuerdo a la ubicación del proyecto en el que se ubica. De esta manera para la presente investigación se considerará para el cálculo los residuos de plástico, papel, materia orgánica y vidrio; todos estos están clasificados como RSU. Además de los tipos de RSU mencionados anteriormente, se calculará la huella generada por los residuos de construcción y demolición (RCD).

El primer paso es obtener el peso de los RSU generados por la población, para lograr este cálculo se debe realizar la aplicación de la siguiente expresión (extraída de [9]):

$$P_{RSU} = G_{RSU} \times N_t \times d$$

Donde:

P_{RSU} : Peso total de RS (t)

G_{RSU} : Generación media de RSU (T/trabajador/años)

N_t : Número de trabajadores (dato extraído de la huella de movilidad)

d : Duración de la obra en años

De acuerdo a lo mostrado en el los datos mencionados anteriormente y proporcionados por el sistema nacional de información ambiental en [42], la generación de media de los RSU es de 0.208 t/trabajador/año.

El número de trabajadores se presentó en la parte de la huella de movilidad para cada caso aplicativo, de la misma manera se en ese capítulo se presenta también la duración de las obras que ascienden 10 meses y 6 meses para los casos aplicativos 01 y 02 respectivamente. En la tabla 47 se muestra el peso para ambos casos aplicativos.

TABLA 47: Peso total de residuos sólidos urbanos (RSU).

	CASO APLICATIVO 01	CASO APLICATIVO 02
G_{RSU} : Generación media de RSU (T/trabajador/años)	0.208	0.208
Nt: Número de trabajadores (dato extraído de la huella de movilidad)	30.00	38.00
d: Duración de la obra en años	0.83	0.5
P_{RSU}: Peso total de RS (t)	5.2	3.95

Fuente: Elaboración propia

Obtenidos los pesos totales por caso aplicativo, se procede a obtener los pesos por tipo de residuo, para ello nos apoyamos del gráfico 34 y 35 dependiendo del caso aplicativo, de acuerdo a esto se genera-para el cálculo de peso por tipo de residuo-la siguiente expresión (extraída de [9]): y cuyos resultados se muestran en la tabla 50:

$$C_{mo} = mo \times P_{RSU}$$

Donde:

C_{mo} : Consumo de materia orgánica (t)

mo: porcentaje de participación de materia orgánica de los RSU

P_{RSU} : Peso total de RS (t)

TABLA 48: Peso de RSU por tipo generado.

	CASO APLICATIVO 01	CASO APLICATIVO 02
Materia orgánica (t)	3.08	1.85
Papel (t)	0.30	0.45
Plásticos (t)	0.41	0.53
Vidrio (t)	0.19	0.12

Fuente: Elaboración propia

Para calcular el peso por volumen de RCD generados en obra es necesario realizar consulta acerca de ratios para determinar de esta manera la cantidad en m³/m² de área construida, es así

que para nuestra investigación consultamos dos fuentes, de donde extraemos datos de España, Colombia y Chile que se muestran en el gráfico 39 (extraído de [44]) y 40 (extraído de [45]).

GRÁFICO 41: Ratio de RCD en m³/m² por tipología de obra (España).

Tipología de obra		Ratio m ³ /m ² RCD Total
1	Infraestructuras de carreteras	1,56
2	Obras de reforma o rehabilitación	0,57
3	Construcción de obra de nueva edificación	0,14
4	Demolición completa de obra de fábrica	0,74
5	Demolición completa de estructura de hormigón	1,22
6	Demolición de naves industriales estructura metal	1,26
7	Demolición de naves industriales estructura hormigón	1,19

Fuente: Extraído de [44]

GRÁFICO 42: Ratio de RCD en m³/m² por tipología de obra (Colombia y Chile)

Ciudad	m ³ de RCD/m ² construido
Villavicencio, Colombia	0.144 (vivienda)
Antofagasta, Chile	0.220 (viviendas multifamiliares)
	0.200 (viviendas unifamiliares)

Fuente: Extraído de [45]

De estas dos fuentes se ha utilizado la que más puntualiza respecto a nuestro tipo de obras y porque además es más cercana a la realidad peruana, por ello se utilizó la fuente que tiene la ratio en m³/m² para viviendas multifamiliares y que además es de Chile, este valor asciende a 0.22 m³/m². Los resultados de los RCD calculados se muestran en la tabla 49, especificando que la ratio es solo utilizada para el área construida, pero para el caso de residuos mixtos eliminados de excavaciones y demoliciones (en caso hubiera) se tomará en cuenta tal como especifica la tabla 49.

TABLA 49: Volumen total de RCD para el caso aplicativo 01

RCD (Según el tipo de Construcción)	
Tipo	M3 RCD
<i>Demolición</i>	<i>0.00 m3</i>
<i>Área Construida Total</i>	<i>291.58 m3</i>
<i>Tierras de Excavación</i>	<i>670.90 m3</i>
TOTAL	962.48 m3

Fuente: Elaboración propia

TABLA 50: Volumen total de RCD para el caso aplicativo 02

RCD (Según el tipo de Construcción)	
Tipo	M3 RCD
<i>Demolición</i>	<i>98.73 m3</i>
<i>Área Construida Total</i>	<i>213.72 m3</i>
<i>Tierras de Excavación</i>	<i>220.01 m3</i>
TOTAL	532.46 m3

Fuente: Elaboración propia

Para calcular el peso del volumen total de los RCD se emplea la siguiente expresión:

$$C_{RCD} = V \times \rho$$

Donde:

C_{RCD} : Consumo total de RCD (t)

V: Volumen total de RCD (m3)

ρ : Densidad media de RCD (t/m3). Su valor es 1.64 tn/m3

Obtenidos los valores de consumo en peso de la cantidad de RCD se procede a calcular los índices de conversión, puesto que la fórmula que se menciona en el apartado de procedimientos requiere de este índice de tal manera que se pueda transformar a hectáreas globales los valores de consumo de residuos que están peso (t).

Los índices de conversión para el caso de residuos de plástico, vidrio, materia orgánica y RCD se ven expresados bajo la siguiente fórmula:

$$IC_{RNP_{X_P}} = \frac{IE_X}{PE} * \left(1 - \frac{\%R_X}{100} * \frac{\%SE_X}{100} \right) * FE_F$$

Donde:

$IC_{RNP_{XP}}$ = Índice de conversión ponderado (ha/t)

IE_X = Intensidad energética de producción del material que está fabricando el residuo.

PE = Productividad energética del residuo

% R_X = Porcentaje de reciclaje de x

% SE_X = Porcentaje de energía recuperada por reciclaje

FE_X = porcentaje de energía recuperada por reciclaje

En el procedimiento para los residuos del tipo cartón y papel se añade otro factor puesto que proviene de una huella de bosque. De esta manera la fórmula queda expresada de la siguiente manera:

$$IC_{RNP_{XP}} = \frac{IE_X}{PE} * \left(1 - \frac{\%R_X}{100} * \frac{\%SE_X}{100}\right) * FE_F + \frac{1}{PN} * \left(1 - \frac{\%R_X}{100} * 0.8\right) * FE_B$$

Donde:

PN = Productividad natural del papel (ver tabla 1.4)

FE_B = factor de equivalencia del bosque

A continuación, en la tabla 51 se muestran los cálculos de los índices de conversión que serán utilizados para ambos casos aplicativos:

TABLA 51: Cálculo de Índices de conversión por tipo de residuo.

	<i>ORGÁNICO</i>	<i>PAPEL</i>	<i>PLÁSTICO</i>	<i>VIDRIO</i>	<i>RCD</i>
<i>Intensidad energética</i>	20 GJ/Tn	32 GJ/Tn	50 GJ/Tn	20 GJ/Tn	5 GJ/Tn
<i>Productividad energética</i>	50 GJ/ha	50 GJ/ha	50 GJ/ha	50 GJ/ha	50 GJ/ha
<i>Porcentaje de reciclaje</i>	13 %	50 %	40 %	40 %	15 %
<i>Porcentaje de energía</i>	100 %	50 %	70 %	40 %	90 %
<i>Factor de equivalencia</i>	1.26 hag/ha	1.26 hag/ha	1.26 hag/ha	1.26 hag/ha	1.26 hag/ha
<i>Productividad natural</i>	---	1 hag/tn	---	---	---
<i>Índices de conversión</i>	0.438	1.353	0.907	0.423	0.109

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se logrará determinar la huella de los residuos generados por los casos aplicativos utilizando la siguiente fórmula:

$$HE_{pr} = \sum_i IC_{RNP_{iP}} * C_i$$

Donde:

HE_{pr}=Huella ecológica ponderada de los residuos (hag)

IC_{RNP_{iP}}=Índice de conversión ponderado (hag/t)

C_i =Consumo (t)

TABLA 52: Huella ecológica de residuos del caso aplicativo 01.

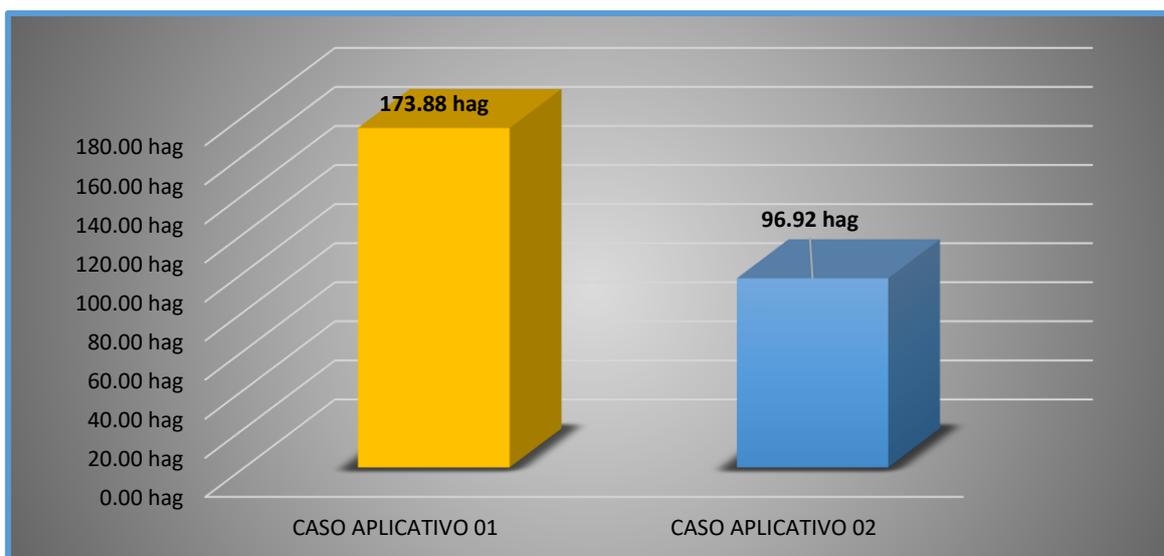
	ORGÁNICO	PAPEL	PLÁSTICO	VIDRIO	RCD
Consumo C (t)	3.08	0.30	0.41	0.19	1575.46
Índice de conversión (hag/t)	0.438	1.353	0.907	0.423	0.109
HE (fósil) (hag)	1.35	0.28	0.37	0.17	171.71
TOTAL HE (hag)			173.88		

Fuente: Elaboración propia

TABLA 53: Huella ecológica de residuos del caso aplicativo 02.

	ORGÁNICO	PAPEL	PLÁSTICO	VIDRIO	RCD
Consumo C (t)	1.85	0.45	0.53	0.12	871.58
Índice de conversión (hag/t)	0.438	1.353	0.907	0.423	0.109
HE (fósil) (hag)	0.81	0.41	0.48	0.22	94.99
TOTAL HE (hag)			96.92		

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 43: Huellas ecológicas por casos aplicativos

Fuente: Elaboración propia

4.3.7 Huella de superficie construida.

La importancia de calcular la huella de la superficie construida o superficie ocupada por la edificación radica en que al momento de poner en marcha el proyecto esta se convierte en una fuente de impacto negativo al ecosistema ya que le estamos quitando superficie de habitan para diferentes especies que habitan dentro de esta.

Durante los últimos años se viene urbanizando gran parte de territorios agrícolas ubicándose por la periferia de toda la provincia de Chiclayo dejando más notorio el impacto sobre el ecosistema, por eso es de gran importancia la creación de metodologías y estrategias que busquen verificar la sostenibilidad de las construcciones en cuanto a ocupación territorial.

Ahora bien, la definición de superficie construida u ocupada hace referencia a aquellas áreas que por medio del diseño y análisis se logra levantar infraestructuras con distintas funcionalidades, es decir que, la superficie construida es aquella área que a pesar de tener una funcionalidad de ocupación de personas dejan de ser productivos ecológicamente con la urbanización.

Antes de entrar a definir los parámetros y el cálculo de la superficie construida u ocupada de los casos aplicativos de nuestra investigación, resulta necesario dar a conocer algunas investigaciones donde se calcula la huella ecológica de la superficie construida.

Comenzamos mencionando a la investigación de Julio Solís en [9]-de la cual está basada esta investigación-en ella calcula la huella de superficie construida y calcula para su caso aplicativo un área de 7123.78 m² y que tras la aplicación del factor de equivalencia la huella le

resulta 1.5744 hag y si hacemos el cálculo en hag/año y m² nos resultaría una ocupación directa de 0.000154 pero solo contando el área sobre la rasante, pero si consideráramos con todo plantas bajas la huella disminuirá y se convertirá en 0.000100 hag/año y m². Este último resultado representa el consumo anual de 1m² de bloque de viviendas.

Del mismo modo se presenta [10] con cálculos de varios tipos de edificaciones de donde extraemos que nuestros tipos de edificios de investigación son- de acuerdo a la tipología definida en [10]- del tipo 6 y 7 respectivamente. Entonces viendo los resultados presentados para este tipo de edificios tendríamos una huella de superficie construida en hag/m² de aproximadamente $2.5 \times E^{-5}$ para el tipo 6, mientras que para el tipo 7 asciende a $2.00 \times E^{-5}$.

Por ultimo [12] también se calcula la superficie construida bajo los lineamientos que nuestra investigación sigue. Para ese caso aplicativo se calcula la huella ecológica obteniéndose un resultado de 0.21hag de superficie construida, que al dividirla entre su área de aplicación, la cual asciende a 620.256 m², se obtiene que la huella de superficie construida para 1m² es de $3.3 \times E^{-4}$ hag/m².

4.3.7.1 Parámetros y cálculo de huella de superficie construida.

Para el cálculo de la huella de la superficie construida seguimos los lineamientos descritos en la parte de procedimientos resumidos en el gráfico 8, para ello partimos del cálculo del área consumida en planta resumida en la tabla 11 y 12, de donde se extraen que el área construida para caso aplicativo 01 y caso aplicativo 02 asciende aproximadamente a 329.56 m² y 243.98 m² respectivamente. Además, se utilizará un factor de equivalencia mostrado en [17] donde nos define un factor de equivalencia para área construida de 2.51 hag/ha tal como se muestra en la siguiente figura.

GRÁFICO 44: Factores de equivalencia por tipo de área

TIPO DE ÁREA	FACTOR DE EQUIVALENCIA <i>[hectáreas globales por hectáreas]</i>
Tierras de cultivo	2.51
Tierras de bosque	1.26
Tierras de pastoreo	0.46
Aguas marinas y continentales	0.37
Área construida	2.51

Fuente: Elaborado por MINAM en [17].

La fórmula que emplearemos para el cálculo de la huella ecológica de superficie construida viene mostrada en el capítulo de procedimientos la cual es:

$$HE_{PS} = S * FE_{SC}$$

Donde:

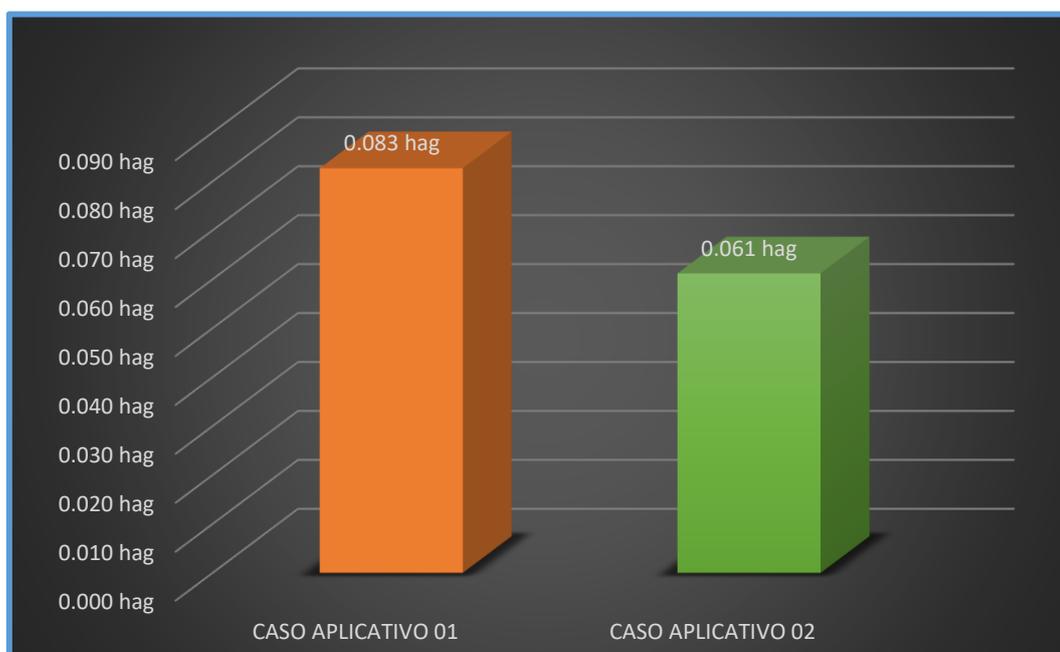
S: Superficie construida (ha)

FE_{sc}: Factor de equivalencia de área construida (hag/ha)

HE_{sc}: Huella ecológica de superficie construida (hag)

Finalmente, la huella ecológica encontrada para el consumo de área en obra para el caso aplicativo 01 y caso aplicativo 02 se muestran en

GRÁFICO 45: Hectáreas globales de superficie construida por caso aplicativo



Fuente: Elaboración propia

4.3.8 Huella ecológica total.

La huella total como se mencionó en la parte de procedimientos es la suma de todas las huellas antes calculadas, a continuación, presentaremos la huella ecológica total agrupada por tipo de huella y por tipo de impacto.

TABLA 54: Huella ecológica total para caso aplicativo 01.

Impacto	TIPO DE HUELLA (hag)					
	Fósil	Bosques	Pastos	Mar	Cultivos	Superficie construida
Maquinaria	3.76					
Electricidad	0.01					
Agua		0.36				
Alimentos	14.04		13.62	10.94	21.59	
Movilidad	1.41					
Materiales	114.94					
Residuos	173.88					
Ocupación directa						0.08
Parcial	308.04	0.36	13.62	10.94	21.59	0.08
TOTAL				354.63		

Fuente: Elaboración propia

Ahora ya teniendo la huella total analizamos por cada m² de área construida y para eso referenciamos a la tabla 11. Luego, los valores por superficie construida total serían:

TABLA 55: Huella ecológica total respecto al área construida total del caso aplicativo 01.

IMPACTO	TIPO DE HUELLA (hag/m ²)					
	Fósil	Bosques	Pastos	Mar	Cultivos	Superficie construida
Maquinaria	0.002838					
Electricidad	0.000006					
Agua		0.000274				
Alimentos	0.010592		0.010277	0.008252	0.016293	
Movilidad	0.001063					
Materiales	0.086723					
Residuos	0.131195					
Ocupación directa						0.000062
Parcial	0.232418	0.000274	0.010277	0.008252	0.016293	0.000062
TOTAL				0.267576		

Fuente: Elaboración propia

De la misma forma para el caso aplicativo 02 se obtiene la huella total de acuerdo a la tabla 56:

TABLA 56: Huella ecológica total para caso aplicativo 02.

Impacto	TIPO DE HUELLA (hag)					
	Fósil	Bosques	Pastos	Mar	Cultivos	Superficie construida
Maquinaria	3.40					
Electricidad	0.01					
Agua		0.36				
Alimentos	12.44		12.07	9.69	19.14	
Movilidad	1.05					
Materiales	138.69					
Residuos	96.92					
Ocupación directa						0.06
Parcial	252.50	0.36	12.07	9.69	19.14	0.06
TOTAL				293.83		

Fuente: Elaboración propia

Ahora ya teniendo la huella total analizamos por cada m² de área construida y para eso referenciamos a la tabla 12. Luego, los valores por superficie construida total serían:

TABLA 57: Huella ecológica total respecto al área construida total del caso aplicativo 02.

IMPACTO	TIPO DE HUELLA (hag/m²)					
	Fósil	Bosques	Pastos	Mar	Cultivos	Superficie construida
Maquinaria	0.003497					
Electricidad	0.000007					
Agua		0.000375				
Alimentos	0.012807		0.012425	0.009977	0.019699	
Movilidad	0.001081					
Materiales	0.142763					
Residuos	0.099763					
Ocupación directa						0.000063
Parcial	0.259919	0.000375	0.012425	0.009977	0.019699	0.000063
TOTAL				0.302457		

Fuente: Elaboración propia

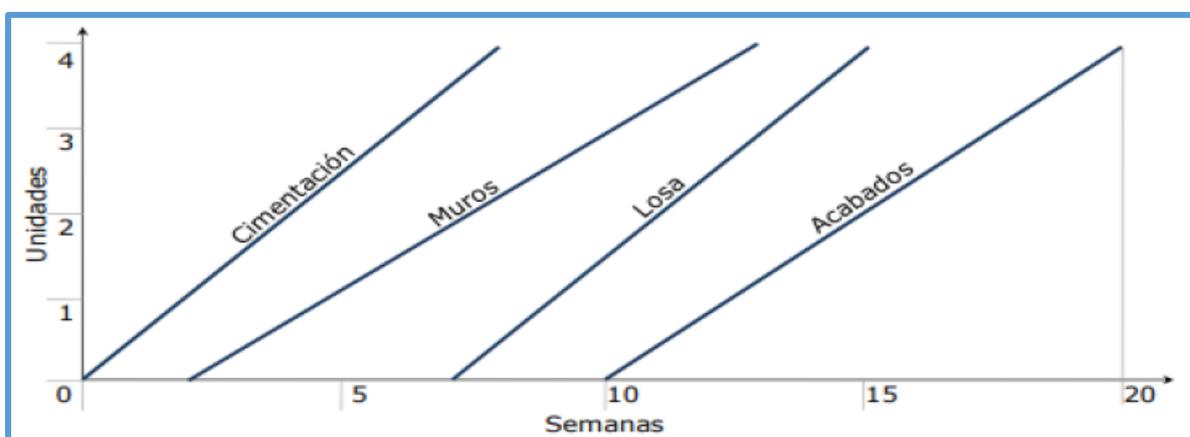
Con estos resultados podríamos hacer una comparación de que extensión de superficie de ecosistema tendríamos que destruir para poder construir un edificio multifamiliar en Chiclayo, para ello se tomó como referencia el cercado de Chiclayo, cuya área asciende a 61.01 ha, de acuerdo a esto necesitaríamos destruir 5.81 y 4.81 veces la superficie del cercado de Chiclayo para construir el caso aplicativo 01 y caso aplicativo 02 respectivamente.

A partir de estos resultados totales obtenidos en este apartado se puede recomendar la utilización de la metodología colaborativa BIM, ya que esta nos permite modelar una infraestructura y gestionar los datos de construcción de tal manera que se analiza el proyecto

en todas las fases su ciclo de vida, abarcando la planificación de los componentes de los proyectos en el tiempo (duración), así como los consumos (volúmenes de materiales) y propiedades de estos que finalmente harán que el proyecto sea sostenible. Es por ello que se recomienda esta metodología ya que dentro de sus siete dimensiones se encuentran dos dimensiones que hacen muy importantes para la gestión ambiental y las cuales son: el análisis de sostenibilidad y la gestión del ciclo de vida.

Por otro lado, como hemos visto en el desarrollo de las diferentes huellas, la duración de obra participa en el cálculo de las huellas parciales es por ello que cabe recomendar la utilización de las líneas de balance o LOB para la programación de obras, esta técnica nos brinda conocimiento de que actividades están sucediendo, en qué momento y en que ubicación del proyecto. Su representación se verifica en el Gráfico 46, en el que se detalla que en el eje X se registra el tiempo o duración de obra, en el eje Y se representa la ubicación o unidades (km, m², m³, m o niveles) y las líneas entre ejes representan las actividades que se desarrollan en obra. Estos gráficos de las líneas de balance nos permiten visualizar el avance real de un proyecto, de esta manera poder contrastar el ritmo real que lleva la obra respecto a lo programado y si en el caso de verificar el retraso de las actividades programadas nos permite hacer los ajustes necesarios para incrementar el nivel de producción y de esta manera cumplir con los plazos planteados. Existen herramientas informáticas o también llamados software que nos permiten modelar estas líneas de balance entre las que se conocen mencionamos a Vico Schedule Planner o planificador de horarios y TILOS software, cabe resaltar que estos softwares son un poco caros y se debe analizar su utilización si es que vamos a utilizar la gran variedad de herramientas incorporadas que tienen dichos softwares.

GRÁFICO 46: Programa de vivienda con línea de balance.



Fuente: Elaborado por [38]

V. CONCLUSIONES

- En este trabajo se estimó la huella ecológica total en la etapa de construcción de dos edificaciones multifamiliares en la ciudad de Chiclayo la cual asciende a 354.63 hag y 293.83 hag para el caso aplicativo 01 y 02 respectivamente. La diferenciación de resultados resulta principalmente de las cantidades de materiales consumidos en obra y de la generación de residuos por la ejecución de partidas de demolición, excavación y eliminación de material excedente; por ello y con el fin de comparar cuanta superficie de ecosistema necesitaríamos consumir para construir un edificio se tomó como referencia la superficie (área) del cercado de Chiclayo y nos arrojó que necesitamos consumir 5.81 y 4.81 veces esta superficie.
- En el desarrollo de la huella total, se estimó la huella parcial de energía donde se obtuvo un total de 3.769 hag y 3.405 hag para el caso aplicativo 01 y 02 respectivamente. La principal diferencia se encuentra en la huella protagonizada por el consumo de combustible en caso aplicativo 01 ya que por sus características se utilizó más horas máquina que en el caso aplicativo 02 sobre todo en la ejecución de obras preliminares y excavaciones.
- Para el desarrollo de la huella total, se estimó la huella parcial de agua donde se obtuvo un total de 0.363 hag y 0.364 hag para el caso aplicativo 01 y 02 respectivamente. Si bien su huella es parecida existe más consumo de agua en obra en el caso aplicativo 01, pero se ve compensada cuando se le considera el consumo de agua por aseo de personal puesto que depende de la duración de la obra y hace una relación inversa, es decir, a más meses de duración de obra menos trabajadores diarios presentes en obra siendo mayor el consumo de agua por aseo de personal en el caso aplicativo 02.
- Para el desarrollo de la huella total, se estimó la huella parcial de mano de obra donde se obtuvo un total de 61.6 hag y 54.39 hag para el caso aplicativo 01 respectivamente. Si bien los resultados son parecidos por la envergadura de los proyectos analizados, los resultados difieren por el tiempo de obra de los casos aplicativos estudiados ya que a más tiempo de duración de obra mayor huella de mano de obra.
- Para el desarrollo de la huella total, se estimó la huella parcial referido al consumo de materiales en obra, donde se obtuvo un total de 114.94 hag y 138.69 hag para el caso aplicativo 01 y caso aplicativo 02 respectivamente. Lo más importante de la estimación de la huella del consumo de materiales de construcción fue que para ambos casos

aplicativos los materiales con más incidencia son: el cemento, el acero y el ladrillo; cuyas implicancias se ven en la ejecución de partidas de estructuras y arquitectura durante la construcción. La dificultad en la estimación de esta huella es que las energías incorporadas de los materiales son obtenidas de la investigación de Julio Solís ya que a nivel nacional no se cuenta con este tipo de información.

- Para el desarrollo de la huella total, se estimó la huella parcial referido a la generación de residuos, donde se obtuvo un total de 173.88 hag y 96.92 hag para el caso aplicativo 01 y caso aplicativo 02 respectivamente. La diferenciación de resultados resulta principalmente de las cantidades de materiales consumidos en obra y de la generación de residuos por la ejecución de partidas de demolición, excavación y eliminación de material excedente.
- Para el desarrollo de la huella total, se estimó la huella parcial referida a la superficie construida u ocupada, donde se obtuvo un total de 0.083 hag y 0.061 hag para el caso aplicativo 01 y caso aplicativo 02 respectivamente. Si bien los resultados se asemejan, para el cálculo total de la huella resulta ser casi insignificante, debiéndose a que los lotes son de 329.56 m² y 243.98 m² respectivamente al caso aplicativo 01 y 02, es decir son muy bajos respecto a otros proyectos.
- En esta investigación se consiguió evaluar dos proyectos multifamiliares denominados como caso aplicativo 01 y 02 con un tipo de sistema estructural compuesta por albañilería confinada y placas en el caso aplicativo 01 y en el caso aplicativo 02 un tipo de sistema estructural aporticado y con características arquitectónicas diferentes verificados en planos de planta y elevación.
- En esta tesis se adaptó a la realidad local los factores de equivalencia para la estimación de la huella ecológica de las dos edificaciones multifamiliares. Lo que ayudó es la existencia de estos factores a nivel nacional y lo más importante es que dichos factores son similares a los presentados por Julio Solís en España.
- En este trabajo se aplicó en la etapa de construcción una metodología desarrollada por Julio Solís y que permitió determinar la huella ecológica de las dos edificaciones multifamiliares. Lo más importante de la aplicación de esta metodología es que se demuestra la versatilidad para aplicarlo a cualquier tipo de edificaciones.
- En esta tesis se conoció las intervenciones que se han desarrollado en la etapa de construcción de los dos edificios multifamiliares, verificándose de esta manera que las intervenciones que más repercuten son el consumo de materiales durante la ejecución

de las diferentes partidas concebidas en el presupuesto, y la eliminación de material excedente producto de los trabajos preliminares, excavaciones y eliminación de material excedente.

- En esta investigación se identificó que, las acciones con mayor repercusión en la estimación de la huella ecológica de la fase constructiva de las dos edificaciones multifamiliares provienen de la ejecución de partidas de estructuras y arquitectura, puesto que los materiales con más presencia y con más energía incorporada son el cemento, el ladrillo y el acero comercial.
- En este trabajo se recomendó alternativas de gestión y programación, tal es el caso de la metodología BIM y el sistema de Línea de Balance, las cuales al ser aplicadas nos permitirán tener resultados óptimos en cuanto a tiempo de ejecución de obra y consumo de materiales durante la ejecución del proyecto.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar adecuado uso de maquinaria y programar bien las actividades a realizar de tal manera que se eviten tiempos muertos, de esta manera no se desperdiciará el combustible que por ende reduciría la huella ecológica de energía.
- Para las huellas ecológicas se recomienda que los consumos de agua, electricidad y combustible deben basarse en la facturación mensual, de esta manera obtener datos con más precisión a fin de optimizar resultados.
- Se recomienda el adecuado traslado y almacenamiento dentro de obra de los materiales para evitar el desperdicio y por ende disminuir la huella de consumo de materiales.
- Para la disminución de la huella de residuos es imprescindible evitar demoler excesivamente estructuras que pueden ser reutilizables y ya que en Chiclayo no contamos con lugares de disposición de RCD, ni con una cultura de reutilización de los mismos, se hace la invitación para que en os próximos trabajos investigativos se aborde el tema.
- Para proyectos futuros de investigación se recomienda tener como tema el concepto de energía incorporada de materiales locales, puesto que hasta el momento y para esta investigación se han adaptado de fuentes extranjeras, específicamente de España.
- También se recomienda que, ya habiendo concluido sobre la versatilidad de la metodología del indicador ambiental de huella ecológica en la fase constructiva, se tome las otras fases del ciclo de vida de una edificación (fase de uso y de fin de vida) e implementar una metodología para dicho cálculo de huella ecológica.
- En vista de la pobre y obsoleta información en el tema ambiental en el Perú, se recomienda que se fomente este tipo de trabajos a fin de cerrar brechas de información ambiental, ya que con ello podremos tener más control de los agentes contaminantes cuando se desarrolla proyectos de construcción cualquiera que sea la índole de estos (carreteras, edificios, urbanizaciones, puentes, etc).
- Se recomienda que, en la concepción de los proyectos se considere lograr las certificaciones LEED (Leadership In Energy And Environmental design) o EDGE (Excellence In Design For Greater Efficiency), las cuales se fundan sobre el respeto ambiental y una mejora en la eficiencia energética de los proyectos. Además, estas certificaciones buscan ser eficientes con el consumo de agua, ser eficientes con la energía incorporada de los materiales a través de la selección correcta de estos.

- A partir de las nuevas tecnologías e investigaciones ambientales referidas ha la reducción, reutilización y reciclado de materiales de construcción, si bien, dentro de los cálculos se coloca un porcentaje de reutilización y reciclado, se recomienda que para investigaciones futuras se considere adicionar estos conceptos para ver la implicancia y afectación de la huella ecológica de las construcciones.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, «Compendio Estadística 2019,» 2019. [En línea]. Available: <http://zelo.vivienda.gob.pe/CompendioEstadistica/Compendioesta.aspx>. [Último acceso: 13 05 2020].
- [2] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Estadísticas-Economía,» 21 11 2019. [En línea]. Available: <https://www.inei.gov.pe/estadisticas/indice-tematico/economia/>. [Último acceso: 24 04 2020].
- [3] Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú: Indicadores de Gestión Municipal 2018, Lima, 2018, pp. 103-106.
- [4] PUCP, «¿Que es el desarrollo sostenible?,» 30 09 2010. [En línea]. Available: <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/que-es-la-construccion-sostenible/>. [Último acceso: 13 05 2020].
- [5] C. D. Plesiss, «Agenda 21 para la construcción sostenible en países en desarrollo,» Informe CSIR BOU E, 2002.
- [6] P. González Vallejo, «Evaluación Económica y Ambiental de la Construcción de Edificios Residenciales. Aplicación a España y Chile (Tesis Doctoral),» SEVILLA, 2017.
- [7] Ministerio del Ambiente, «Huella Ecológica en el Perú,» Solvima Graf SAC, Lima, 2012.
- [8] M. H. Badii Zabeh's, A. Guillén, O. Serrato y J. Abrew, «Huella Ecológica y Sustentabilidad,» *Daena: International Journal of Good Conscience*, vol. 12, nº 3, pp. 26-41, 2017.
- [9] J. Solís Guzmán, «Evaluación de la Huella Ecológica del Sector Edificación (uso residencial) en la comunidad Andaluza(Tesis doctoral),» Sevilla, 2010.
- [10] P. González Vallejo, J. Solís Guzmán, R. LLácer y M. Marrero, «La construcción de edificios residenciales en España en el Periodo 2007-2010 y su impacto según el indicador Huella Ecológica,» *Informes de la Construcción*, vol. 67, nº 539, pp. 1-13, 2015.
- [11] C. RÍvero, M. Marreno y C. M. Muñoz, «Cálculo de Huella Ecológica en el ciclo de vida para la fase de urbanización de un conjunto habitacional en Chile, bajo el modelo ARDITEC,» *Intersecciones*, pp. 86-103, 2017.

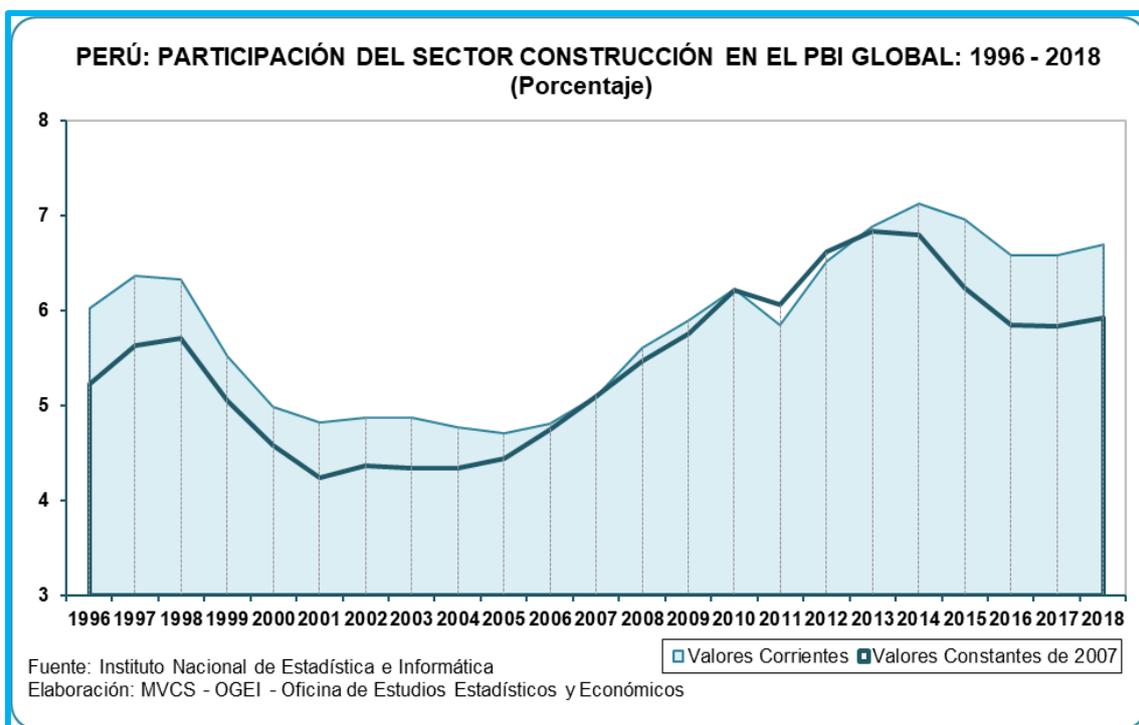
- [12] A. Freire Guerrero, M. Marreno y J. Muñoz Martín, «Incorporación de huella de carbono y huella ecológica en las bases de costes de construcción. Estudio de caso de un proyecto de urbanización en Écija, España,» *hábitat Sustentable*, vol. 6, nº 1, pp. 6-17, 2016.
- [13] International Standard Organization (ISO), «Familia ISO 14000: Gestión Ambiental,» ISO, [En línea]. Available: <https://www.iso.org/iso-14001-environmental-management.html>. [Último acceso: 18 05 2020].
- [14] J. L. Doménech, *Huella Ecológica y Desarrollo Sostenible*, España: AENOR ediciones, 2007.
- [15] M. Grau Ríos y M. Grau Sáenz, *Riesgos Ambientales en la Industria*, Madrid: Uned, 2006.
- [16] T. L. Rojas Campos, «Evaluación de Riesgos potenciales del proceso de producción y tratamiento de residuos y desechos en el control del medio ambiente en la empresa pesquera solymar sa mediante la aplicación de una auditoría de gestión (Tesis pregrado),» Chiclayo, 2015.
- [17] Ministerio del Ambiente, *Cálculo de la huella ecológica departamental y por estratos socioeconómicos*, Lima: Corporación grafimar S.A.C, 2014.
- [18] C. Quispe Gamboa, «Análisis de la Energía incorporada y emisiones de CO2 aplicado a Viviendas unifamiliares de Eficiencia energética (Tesis de maestría),» Barcelona, 2016.
- [19] M. Muñoz Melgarejo, J. C. Muñoz Saenz y D. M. Miiñoz Saenz, «Ciclo de vida energético y huella de carbono en dos tipos de residencias familiares en la ciudad de Lima,» Huancayo, 2019.
- [20] Ministerio del Ambiente, «Ley General del Ambiente. Ley N° 28611,» Lima, 2005.
- [21] «¿Qué es la sostenibilidad Ambiental?,» ECOticias, 02 02 2017. [En línea]. Available: <https://www.ecoticias.com/sostenibilidad/132018/sostenibilidad-ambiental>. [Último acceso: 18 05 2020].
- [22] J. L. Doménech Quesada, *Huella ecológica y desarrollo sostenible*, Madrid: AENOR, 2010.
- [23] I. M. Español Echániz, «Herramientas para la Gestión Ambiental,» Probides, Rocha, 2002.
- [24] V. Conesa Fernández-Vitora, «Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental,» Madrid, Mundi-prensa, 1993.

- [25] D. Gómez Orea, Evaluación del impacto ambiental, Madrid: Mundi-prensa, 2010.
- [26] DuocUC, «Definición y Propósito de la Investigación aplicada,» Bibliotecas UC, 2018. [En línea]. Available: <http://www.duoc.cl/biblioteca/crai/definicion-y-proposito-de-la-investigacion-aplicada>. [Último acceso: 15 05 2020].
- [27] Question Pro, «¿Qué es la Investigación Descriptiva?,» [En línea]. Available: <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-descriptiva/>. [Último acceso: 15 05 2020].
- [28] L. A. Bautista Delgado, «La Recolección de Datos: La Observación,» 29 09 2019. [En línea]. Available: <http://data-collection-and-reports.blogspot.com/2009/05/la-observacion.html>. [Último acceso: 16 05 2020].
- [29] T. Peña Vera y J. Pirela Morillo, «La Complejidad del Análisis Documental,» *Información, Cultura y Sociedad*, n° 16, pp. 57-58, 2007.
- [30] Microsoft, «¿Qué es Word?,» [En línea]. Available: <https://support.office.com/es-es/article/%C2%BFqu%C3%A9-es-word-aee9c7ff-f9c5-415f-80dc-103ad5e344d7>. [Último acceso: 16 05 2020].
- [31] M. Pickelny y E. Tarrachano, «Excel 2016 Manual Completo,» 2016.
- [32] GCFGLOBAL, «PowerPoint 2016: Conoce PowerPoint 2016,» [En línea]. Available: <https://edu.gcfglobal.org/es/power-point-2016/conoce-powerpoint-2016/1/>. [Último acceso: 16 05 2020].
- [33] Autodesk, «AutoCAD for Mac y AutoCAD para Windows | Software CAD 2D/3D | Autodesk,» [En línea]. Available: <https://latinoamerica.autodesk.com/products/autocad/overview?plc=ACDIST&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>. [Último acceso: 16 05 2020].
- [34] Ministerio de energía y minas, «Balance Nacional de Energía,» LIMA, 2018.
- [35] OSINERGMIN, «Supervisión de contratos de proyectos de generación y transmisión de energía eléctrica en operación,» 2019.
- [36] X. D. Rivas Quiroz, «Análisis de la Sostenibilidad Ambiental en los Alumnos de Pregrado de la Universidad Católica San Pablo Mediante Cálculo de la Huella ecológica (Tesis pregrado),» Arequipa, 2016.
- [37] Comisión de sustentabilidad capbauno, «Ahorro de agua en la construcción: su uso, reciclado y tratamiento,» Argentina.

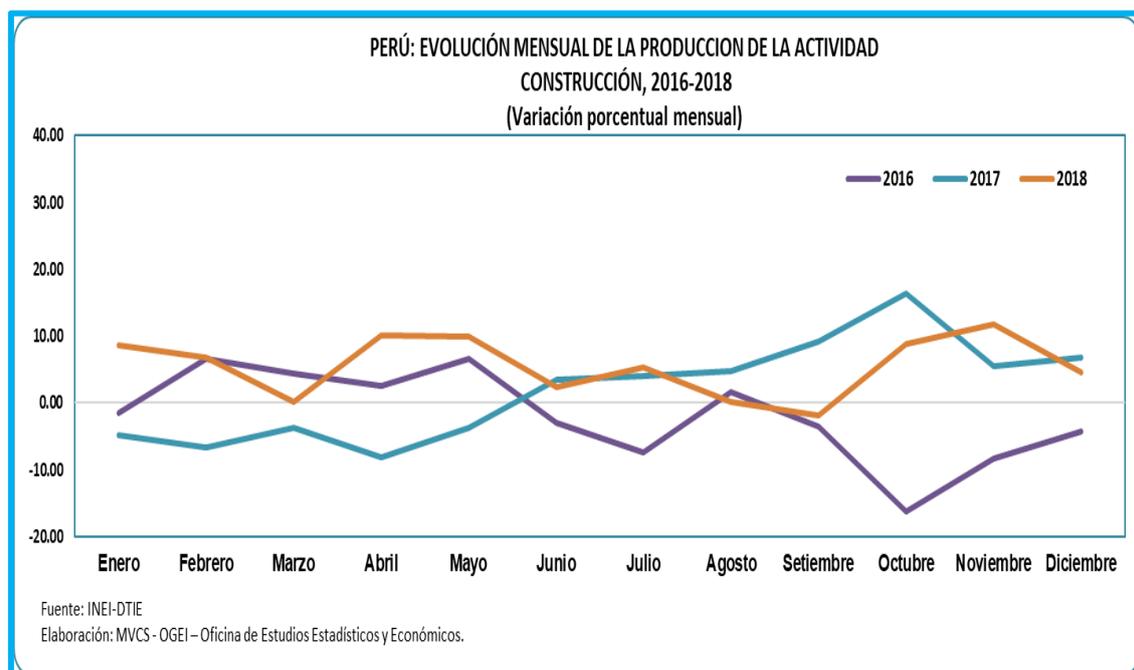
- [38] J. H. LORÍA ARCILA, Programación de obras con la técnica de la línea de balance, México, 2012.
- [39] TECPA CONSULTORA, «¿Qué es el análisis de ciclo de vida?,» 12 marzo 2020. [En línea]. Available: <https://www.tecpa.es/que-es-el-analisis-de-ciclo-de-vida-acv/>. [Último acceso: 10 11 2020].
- [40] Gramas consultora, «Energía Incorporada,» 15 mayo 2014. [En línea]. Available: <https://gramaconsultores.wordpress.com/2014/01/22/energia-incorporada/#:~:text=Energ%C3%ADa%20incorporada%20es%20la%20energ%C3%ADa,materiales%20y%20las%20funciones%20administrativas..> [Último acceso: 10 11 2020].
- [41] Organización para el desarrollo sostenible (ONG-ODS) y Ambides (Ambiente y desarrollo sostenible S.A.C), «Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque-2012-,» Chiclayo, 2012.
- [42] Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), «Indicador: Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios por departamento,» 2018. [En línea]. Available: <https://sinia.minam.gob.pe/indicador/1601>. [Último acceso: 11 11 2020].
- [43] A. Freire Guerrero y M. Marreno Meléndez, «Evaluación a través del presupuesto de la energía incorporada al proyecto de edificación,» *Revista Habitat Sustentable*, vol. 5, n° 1, pp. 54-63, 2015.
- [44] Asociación Española de Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición, «Cálculo estimativo de RCD producidos en obra,» [En línea]. Available: <http://www.rcdasociacion.es/documentacion/calculo-rcd-obras>. [Último acceso: 11 11 2020].
- [45] M. A. Carbajal Silva, «Situación de la gestión y manejo de los residuos sólidos de las actividades de construcción civil del sector vivienda en la ciudad de Lima y callo (Tesis pregrado),» Lima, 2018.
- [46] T. Otzen y C. Manterola, «Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio,» *International Journal of Morphology*, vol. 35, n° 1, pp. 227-232, 2017.
- [47] J. Solís Guzmán, «Metodología para el cálculo de los factores de impacto de la huella ecológica de las construcción de edificios,» Sevilla.

VIII. ANEXOS

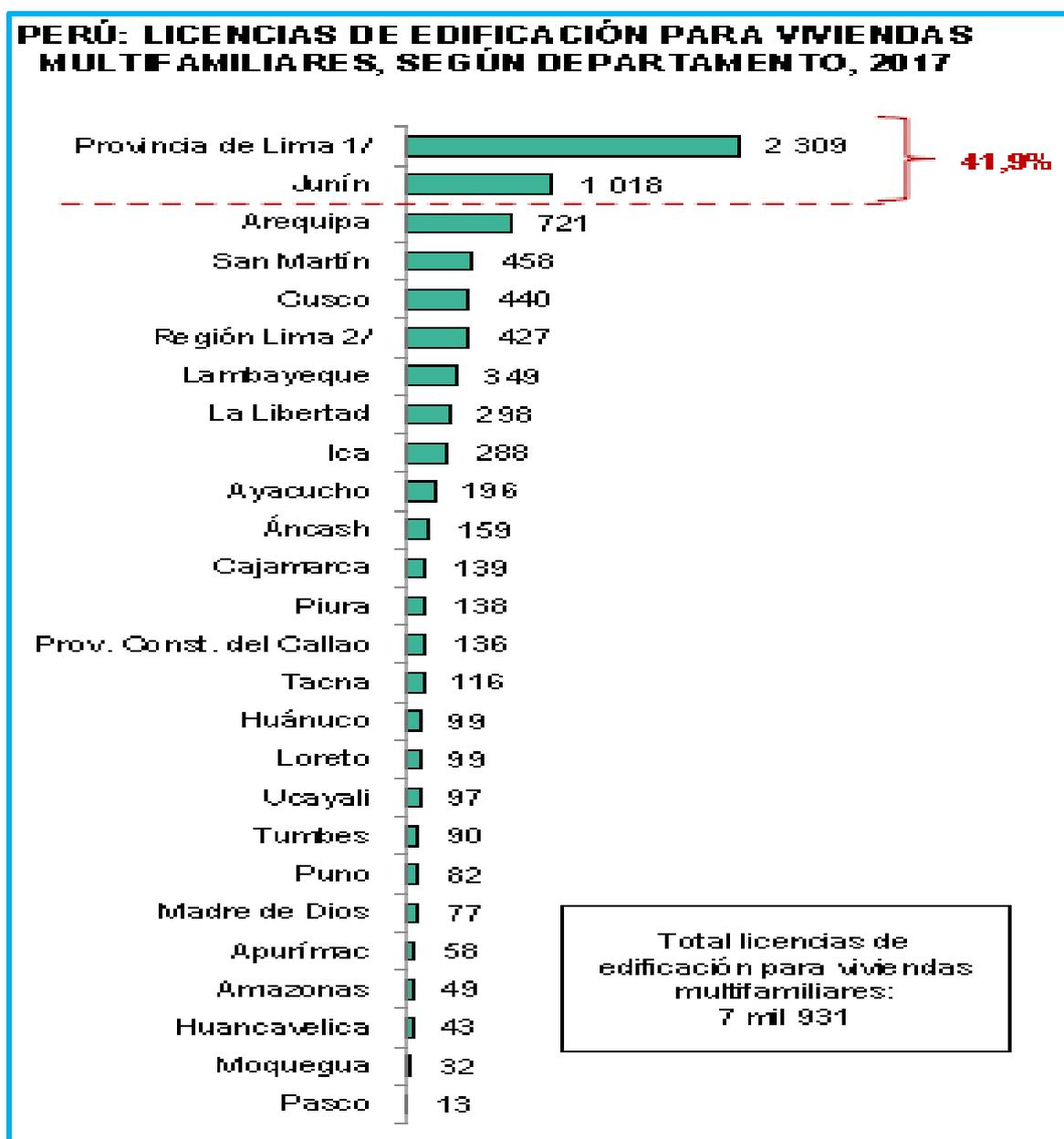
ANEXO 1: PERÚ: Participación del Sector Construcción en el PBI Global: 1996-2018



ANEXO 2: PERÚ: Evolución mensual de la Producción de la Actividad Construcción, 2016-2018



ANEXO 3: PERÚ: Licencias de Edificación para Viviendas multifamiliares, según departamento, 2017.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – Registro Nacional de Municipalidades 2018.

ANEXO 4: PERÚ: Principales Insumos del Sector Construcción, por año, según indicador, 2012-2018

Mes	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Cemento							
(Tonelada)							
Producción	10,005,805	10,882,166	11,249,588	11,071,251	10,790,347	10,686,522	10,799,272
Despacho							
Total 1/	10,318,912	11,308,786	11,654,394	11,483,845	11,246,397	11,160,003	11,371,404
Despacho							
Local 1/	10,117,922	11,089,431	11,348,117	11,130,119	10,852,201	10,799,073	11,105,624
Exportación	200,989	220,859	306,277	361,999	394,196	360,930	265,778
Importación	451,645	47,750	51,220	48,130	29,906	126,413	245,940
Consumo							
Interno 2/	10,183,616	11,137,183	11,399,337	11,178,252	10,882,109	10,925,485	11,351,567
Venta Total	10,119,051	11,259,842	11,550,163	11,381,827	11,189,963	11,069,279	11,260,014
Venta Local	9,918,062	11,038,982	11,243,886	11,019,829	10,795,766	10,708,347	10,994,171
Asfalto (Barril)							
Venta Interna	1,350,500	1,348,200	139,077	117,499	110,241	137,774	137,494
Barras de Construcción							
(Tonelada)							
Producción	955,586	1,060,325	1,178,717	1,085,052	1,144,043	1,246,846	1,222,981
Venta Total	1,241,049	1,191,064	1,338,472	1,316,263	1,304,285	1,309,008	1,327,153

1/ Destinada a la construcción.

2/ A partir del 2011 se consideran las importaciones que ingresan al circuito económico.

Fuente: ADAPTADO DE INEI - Compendio estadístico 2019 Empresas Productoras de Cemento, Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria y Ministerio de Energía y Minas

Elaboración: MVCS - OGEI - Oficina de Estudios Estadísticos y Económicos.

ANEXO 5: Licencias para la construcción otorgadas por la municipalidad por tipo, según departamento, 2017

Departamento	Municipalidades que otorgaron licencia	Licencias para construcción							
		Total	Terminal Terrestre	Construcción de unifamiliares	Construcción de viviendas multifamiliares	viviendas	Hoteles	Restaurantes	Otros 1/
Total	829	35 200	27	24 711	7 931		637	645	1 249
Amazonas	16	300	-	238	49		6	3	4
Áncash	49	1 024	2	802	159		18	35	8
Apurímac	34	708	1	572	58		22	52	3
Arequipa	65	2 375	3	1 426	721		82	62	81
Ayacucho	56	1 483	4	1 244	196		12	25	2
Cajamarca	31	680	3	493	139		11	24	10
Callao 2/	7	252	-	111	136		-	1	4
Cusco	55	1 145	-	442	440		30	24	209
Huancavelica	41	726	-	648	43		6	10	19
Huánuco	25	458	2	296	99		30	27	4
Ica	31	2 551	1	2 222	288		17	10	13
Junín	70	2 191	-	1 112	1 018		41	6	14
La Libertad	37	2 505	2	2 146	298		18	21	20
Lambayeque	32	2 159	-	1 732	349		42	25	11
Lima	94	7 216	1	3 853	2 736		67	212	347
Loreto	8	569	-	434	99		24	10	2
Madre de Dios	6	350	1	268	77		2	1	1
Moquegua	8	242	-	184	32		12	1	13
Pasco	19	173	2	144	13		6	8	-
Piura	37	2 834	1	2 535	138		17	12	131
Puno	35	948	2	666	82		14	19	165
San Martín	49	2 371	2	1 731	458		96	31	53
Tacna	7	675	-	414	116		20	2	123
Tumbes	9	516	-	416	90		-	9	1
Ucayali	8	749	-	582	97		44	15	11

Fuente: ADAPTADO DE INEI - Dirección Nacional de Cuentas Nacionales

Elaboración: MVCS - OGEI - Oficina de Estudios Estadísticos y Económicos

ANEXO 6: Propuesta de tipologías de viviendas (1-5)

Propuesta de viviendas 1-5						
CARACTERÍSTICAS	CODIFICACIÓN DE TIPOLOGÍA DE VIVIENDAS					
	1	2	3	4	5	
Tipo de residencia	UNIFAMILIAR		PLURIFAMILIAR			
Tipología constructiva	Aislada	Adosada	Dos o más viviendas			
Superficie útil	181	143	72			
Nº de plantas sobre rasante	1	2	2	3	3	
Nº de plantas bajo rasante	0	0	1	1	1	
Características constructivas	Estructura vertical	Muros de carga	Hormigón			
	Estructura horizontal	Losa	Losa	Unidireccional		
	Cubierta	Inclinada	Plana	Inclinada	Plana	
	Cerramiento exterior	Revestimiento	Pétreo	Otros	Cerámico	Cerámico
Acabado interior	Solería	Cerámica		Pétreo	Madera	Cerámica
	Falso techo	No		Sí		
Número de habitaciones	6		4			
Número de baños	3	2				
Instalaciones existentes	Calefacción	Sí		No	Sí	
	Refrigeración	Sí	No			
	Ascensor o montacargas	No		Sí		
	Tratamiento de aguas residuales	No				
Energía instalada	Gas ciudad o natural	No	Sí	No	Sí	No
	Energía solar	Sí	No	Sí	No	Sí
Plazas de garaje	No		Sí			
Promoción	Uso propio	Sociedad mercantil	Privado	Cooperativa y otros	Sociedad mercantil	

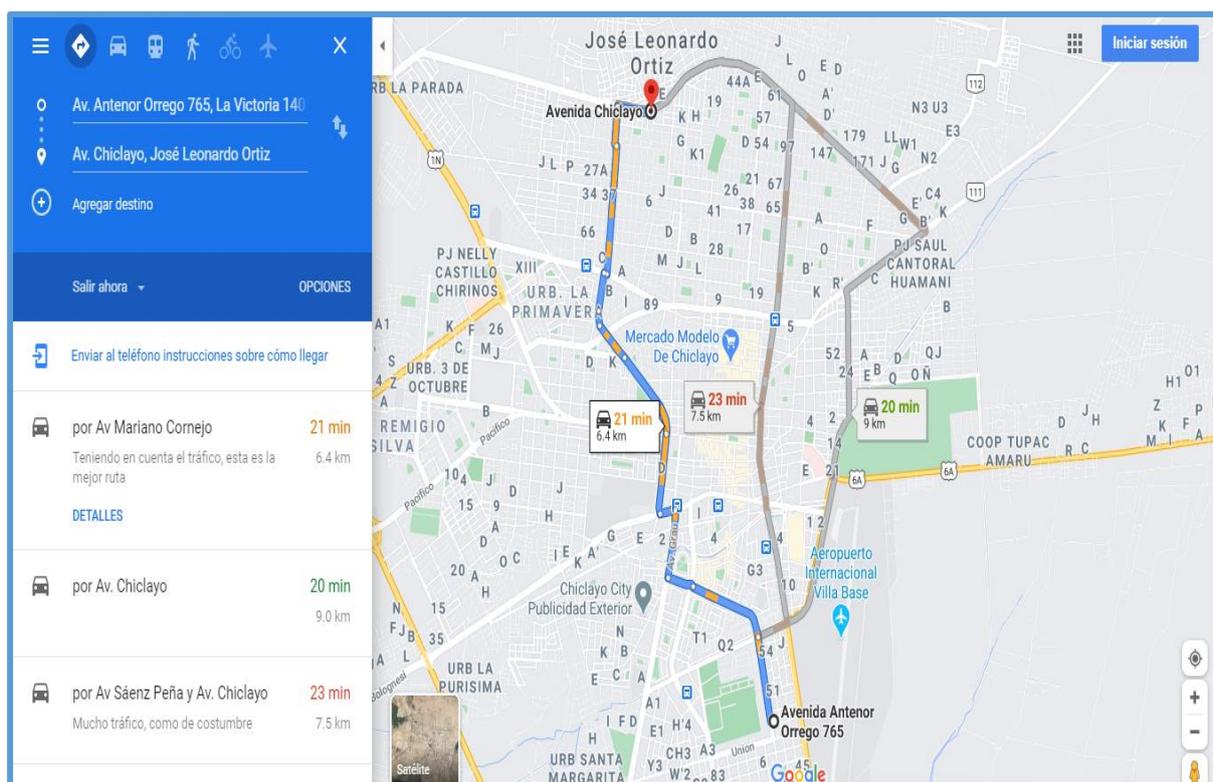
Fuente: Extraído de [10]

ANEXO 7: Propuesta de tipología de viviendas (6-10)

Propuesta de viviendas 6-10						
CARACTERÍSTICAS	CODIFICACIÓN DE TIPOLOGÍA DE VIVIENDAS					
	6	7	8	9	10	
Tipo de residencia	PLURIFAMILIAR					
Tipología constructiva	Dos o más viviendas					
Superficie útil	70	72				
Nº de plantas sobre rasante	4	5	5	6 o más	6 o más	
Nº de plantas bajo rasante	2	1	2	1	2	
Características constructivas	Estructura vertical	Hormigón				
	Estructura horizontal	Losa	Unidireccional			
	Cubierta	Plana		Inclinada	Plana	Inclinada
	Cerramiento exterior	Revestimiento	Pétreo	Otros	Cerámico	
Acabado interior	Solería	Pétreo	Cerámica	Madera	Cerámica	Madera
	Falso techo	Sí				
Número de habitaciones	6	4				
Número de baños	2					
Instalaciones existentes	Calefacción	Sí	No	Sí	No	
	Refrigeración	No		Sí	No	
	Ascensor o montacargas	Sí				
	Tratamiento de aguas residuales	No			Sí	
Energía instalada	Gas ciudad o natural	No	Sí	No	Sí	
	Energía solar	Sí	No	Sí	No	
Plazas de garaje	Sí					
Promoción	Sociedad mercantil					

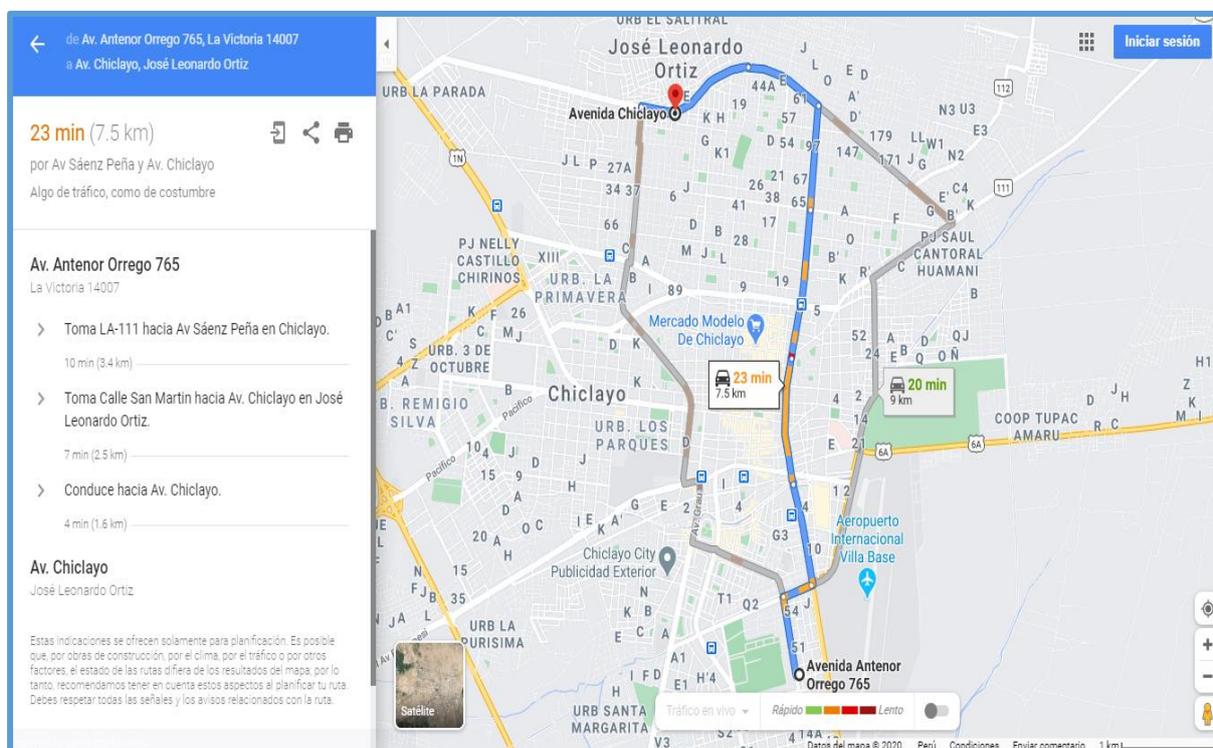
Fuente: Extraído de [10]

ANEXO 8: Distancia recorrida del tipo privada (José L.O - Caso aplicativo 01)



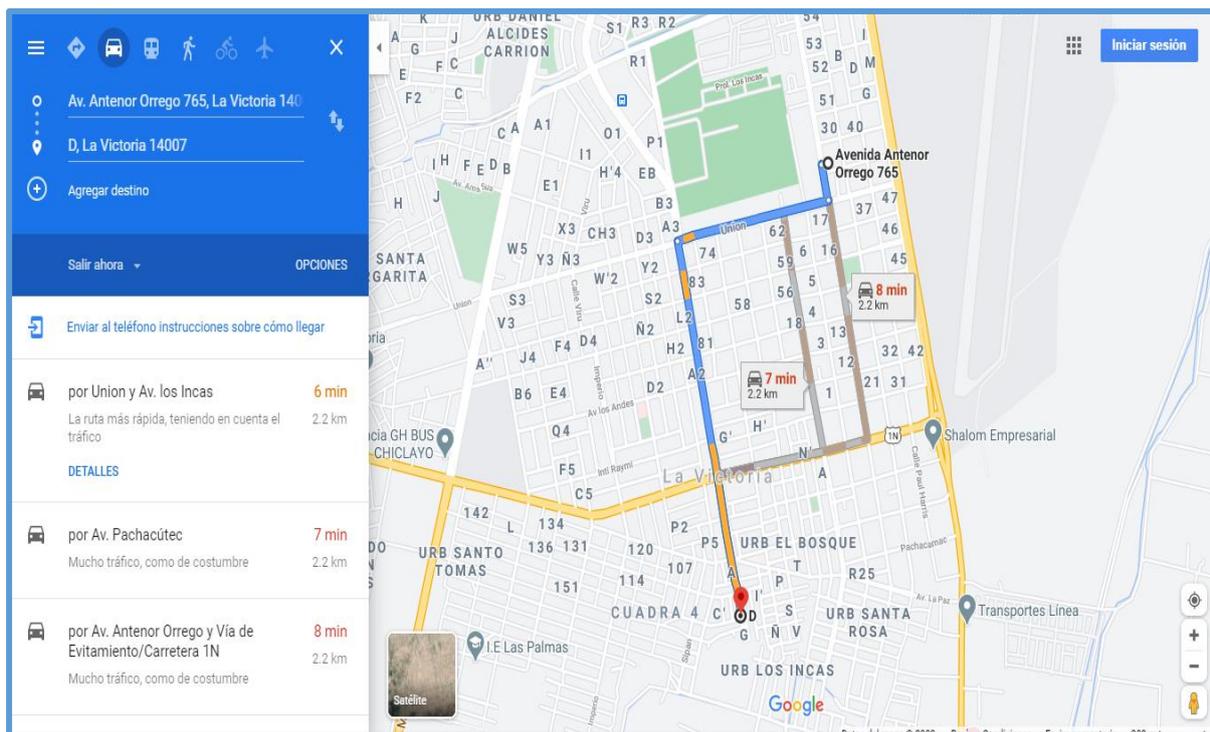
Fuente: Extraído de Google Maps.

ANEXO 9: Distancia recorrida del tipo público (José L.O - Caso aplicativo 01)



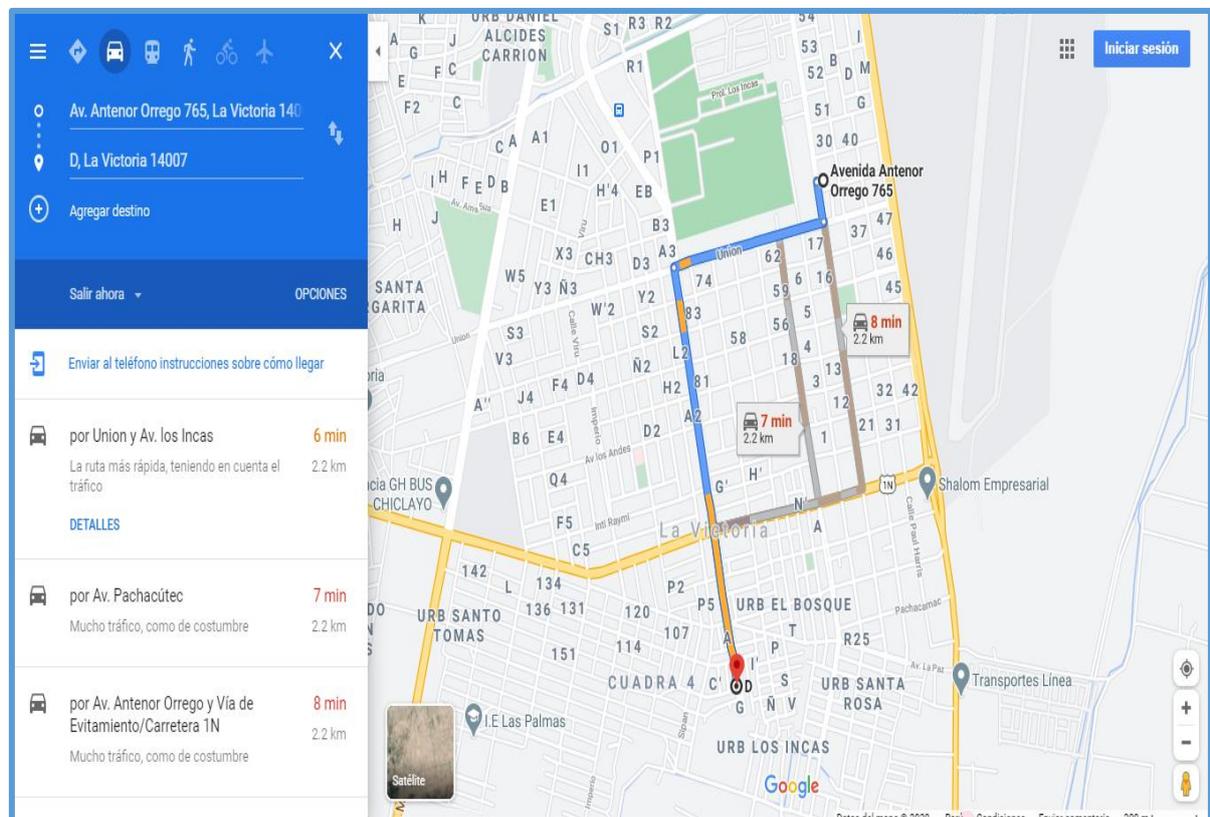
Fuente: Extraído de Google Maps.

ANEXO 10: Distancia recorrida del tipo privado (La Victoria - Caso aplicativo 01)



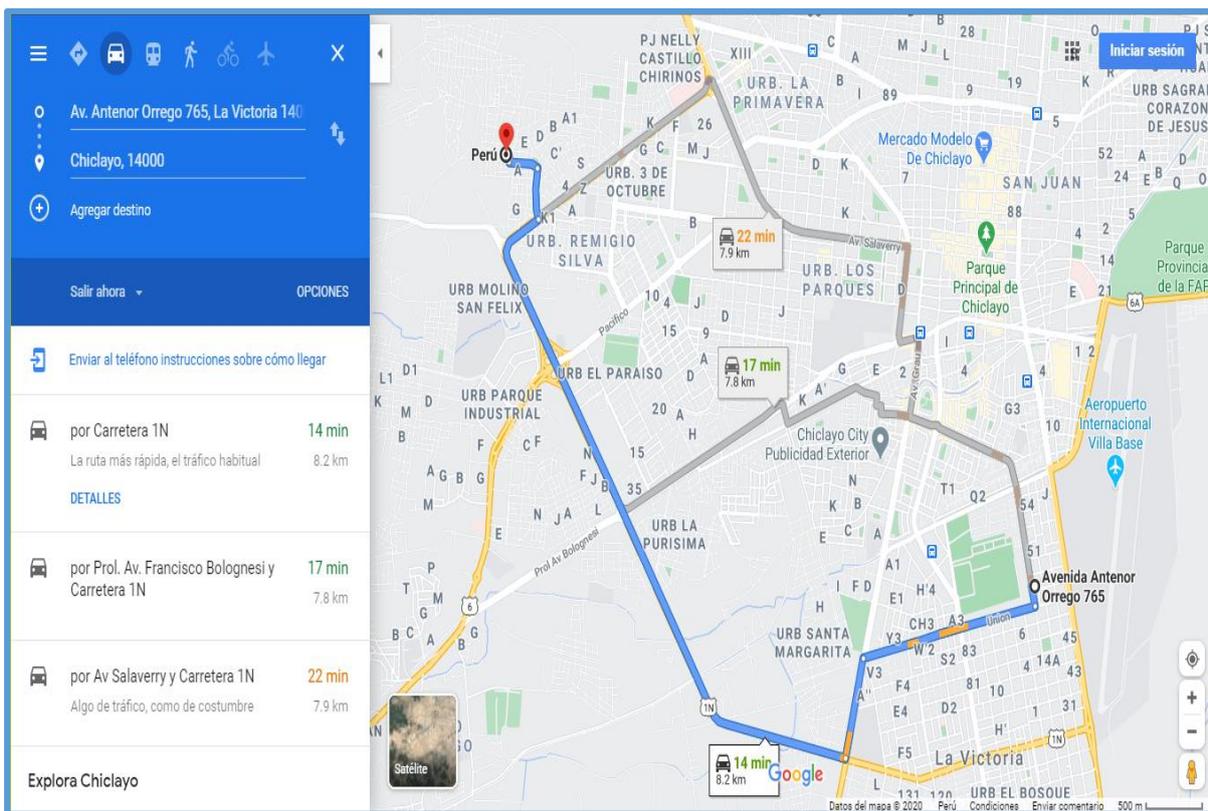
Fuente: Extraído de Google Maps.

ANEXO 11: Distancia recorrida del tipo público (La Victoria - Caso aplicativo 01)



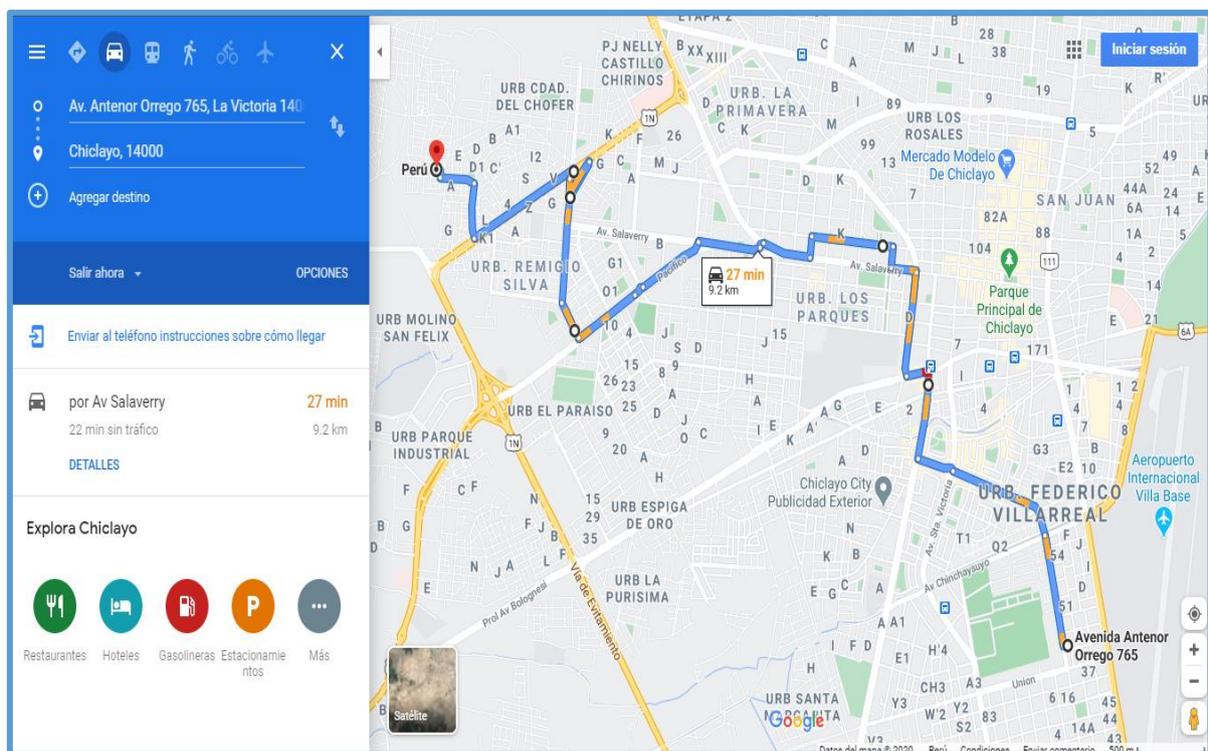
Fuente: Extraído de Google Maps.

ANEXO 12: Distancia recorrida del tipo privado (Cruz de la Esperanza- Caso aplicativo 01)



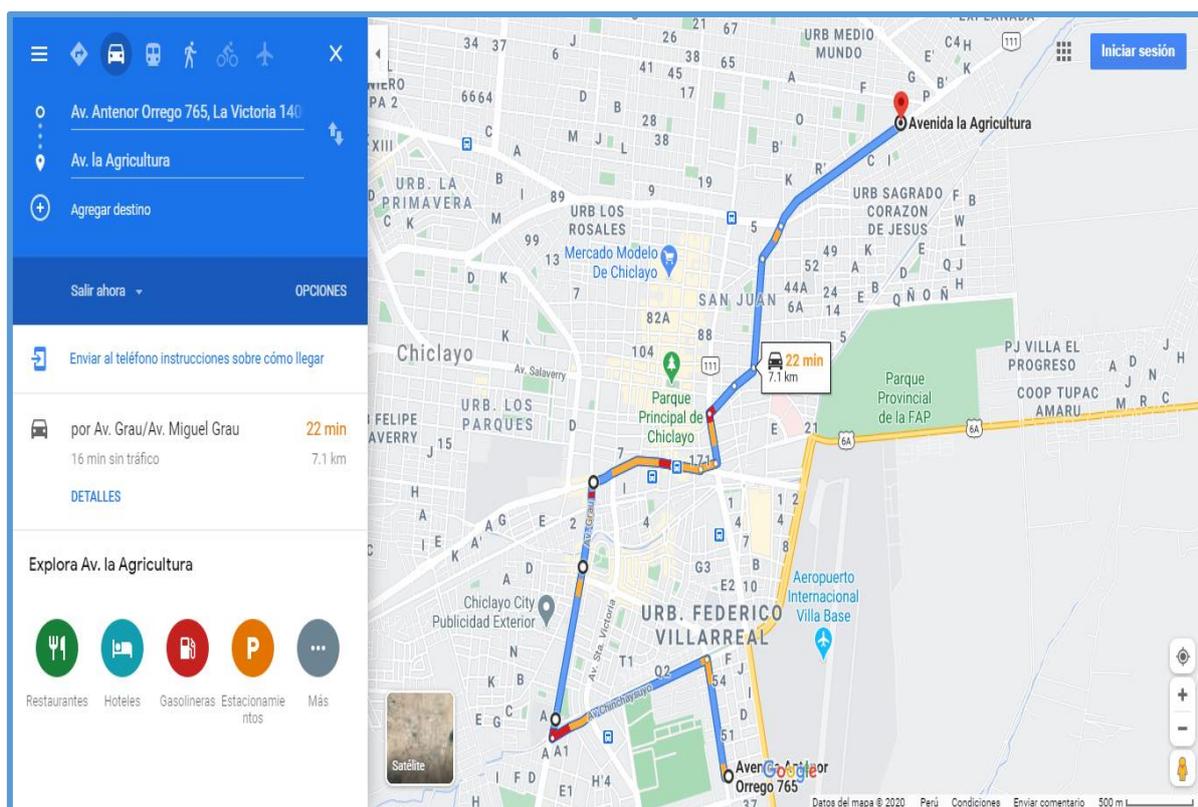
Fuente: Extraído de Google Maps.

ANEXO 13: Distancia recorrida del tipo público (Cruz de la Esperanza- Caso aplicativo 01)



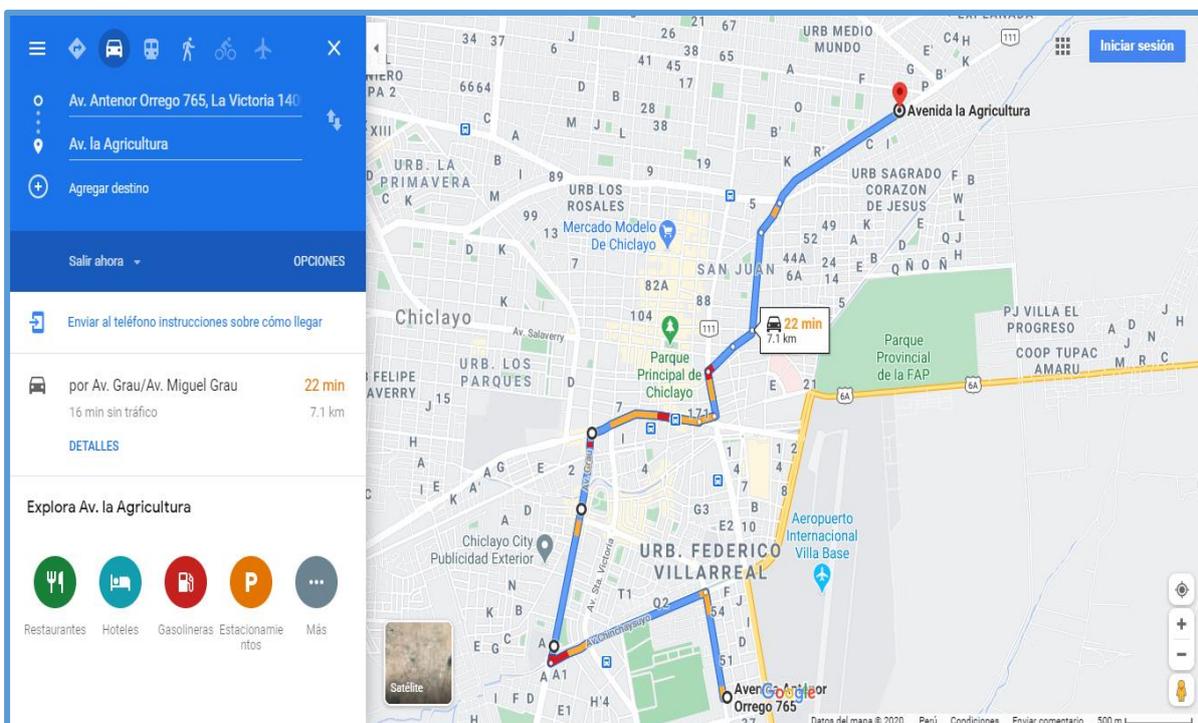
Fuente: Extraído de Google Maps.

ANEXO 14: Distancia recorrida del tipo privado (San Antonio- Caso aplicativo 01)



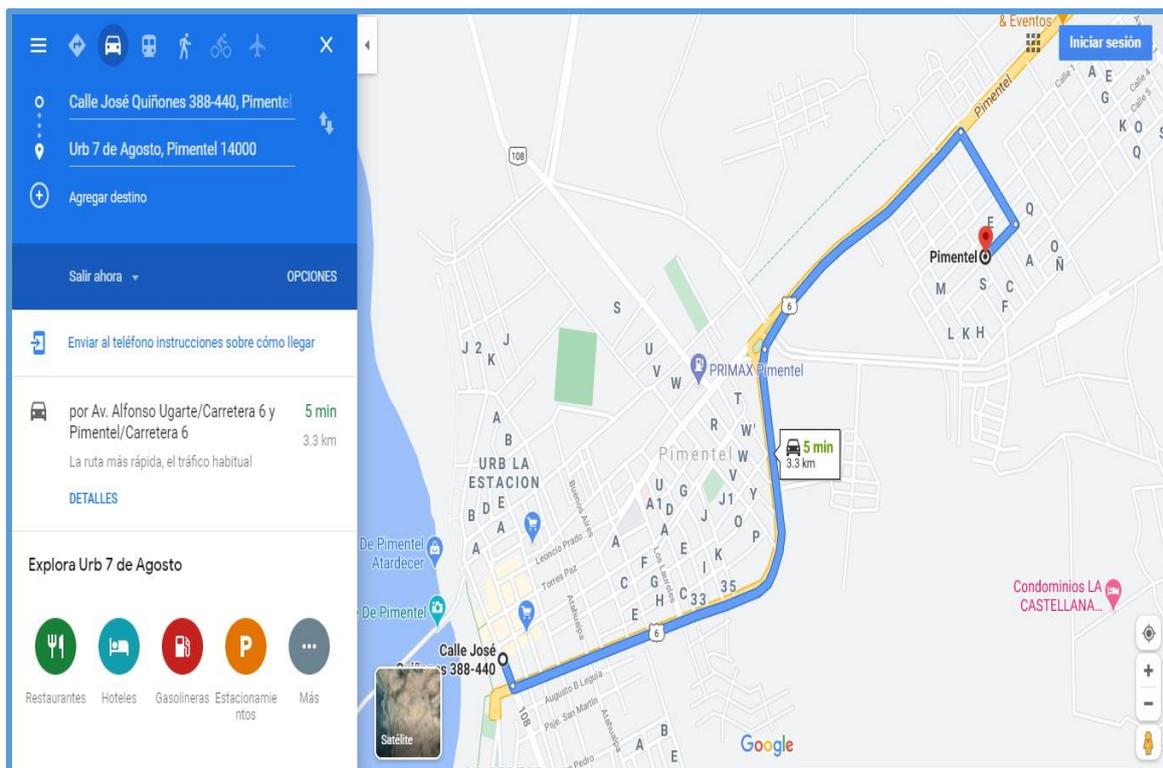
Fuente: Extraído de Google Maps.

ANEXO 15: Distancia recorrida del tipo público (San Antonio- Caso aplicativo 01)



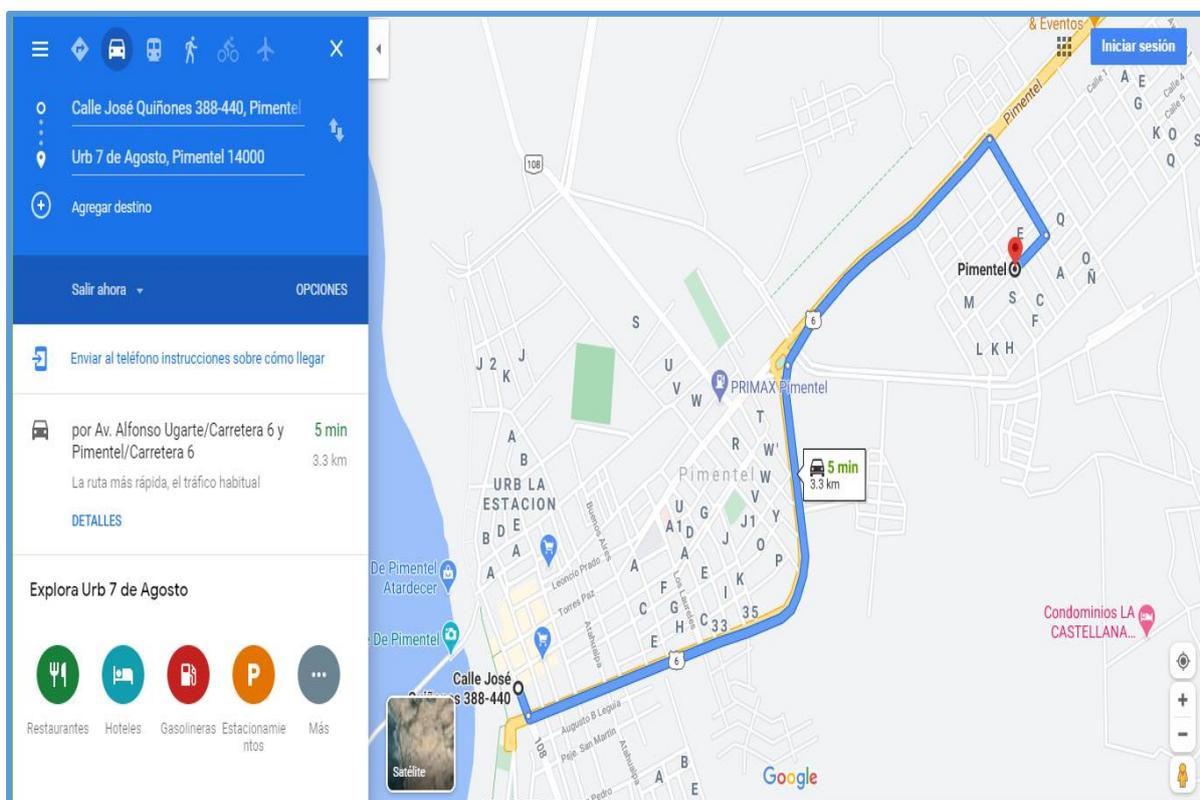
Fuente: Extraído de Google Maps.

ANEXO 16: Distancia recorrida del tipo privado (Pimentel sector A- Caso aplicativo 02)



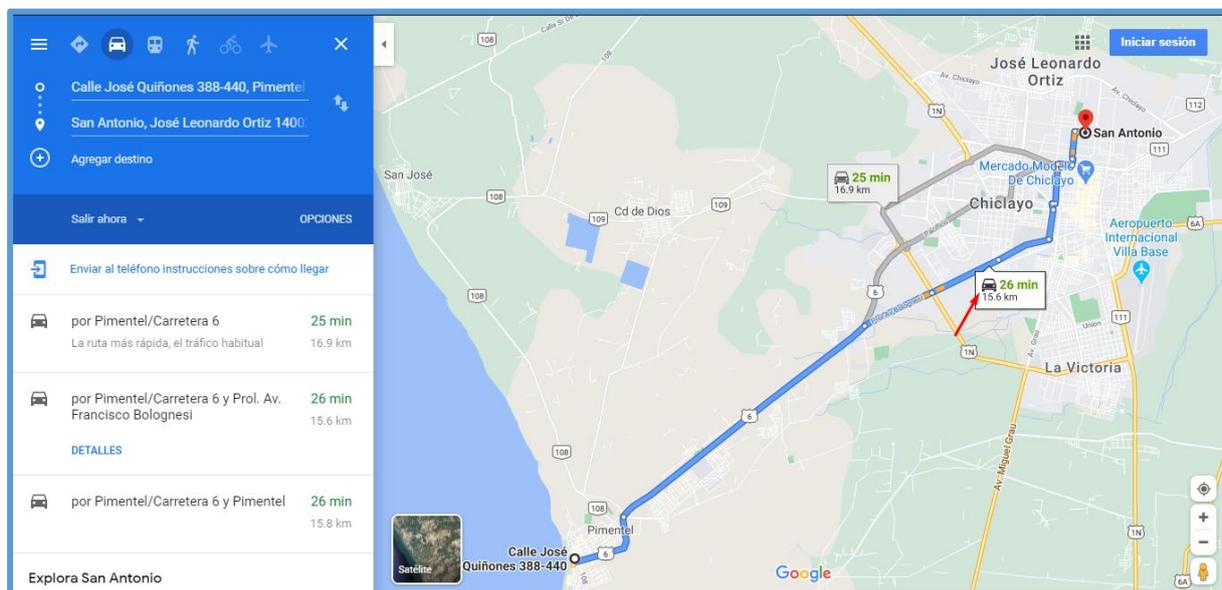
Fuente: Extraído de Google Maps.

ANEXO 17: Distancia recorrida del tipo público (Pimentel sector A- Caso aplicativo 02)



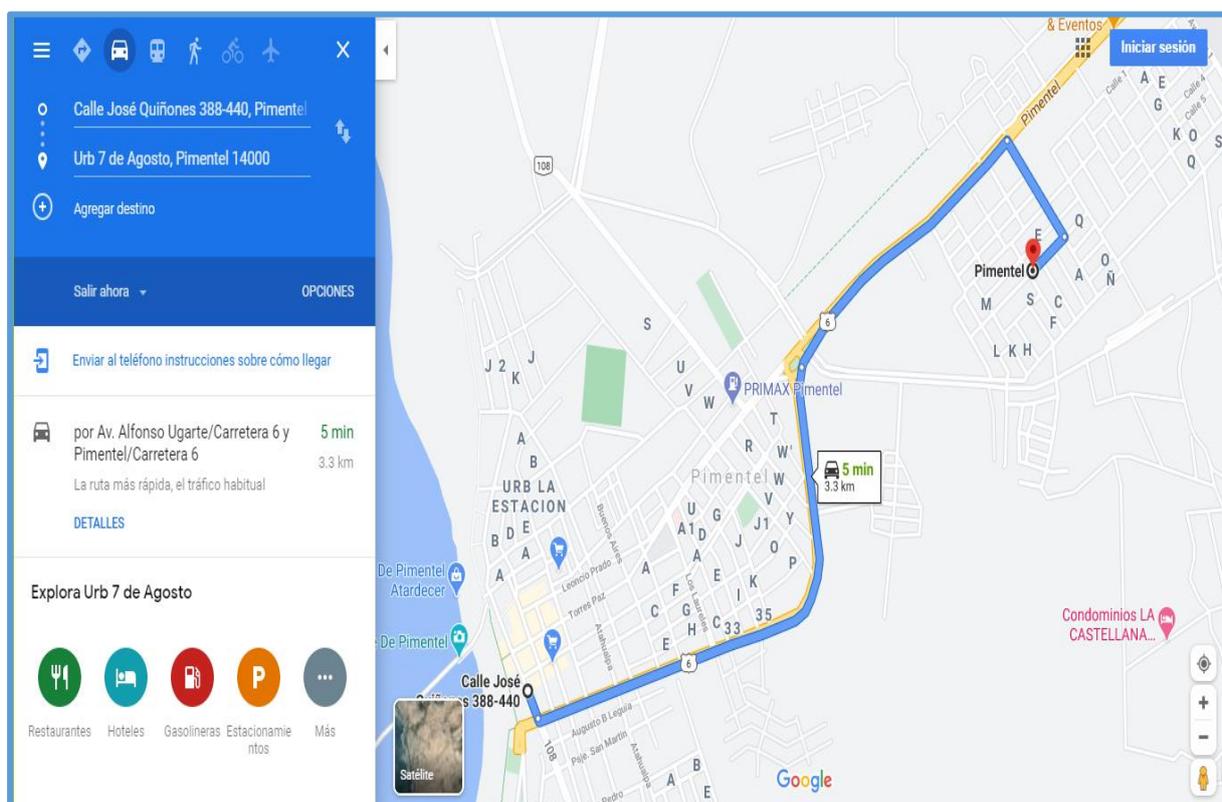
Fuente: Extraído de Google Maps.

ANEXO 18: Distancia recorrida del tipo privado (Chiclayo- Caso aplicativo 02)



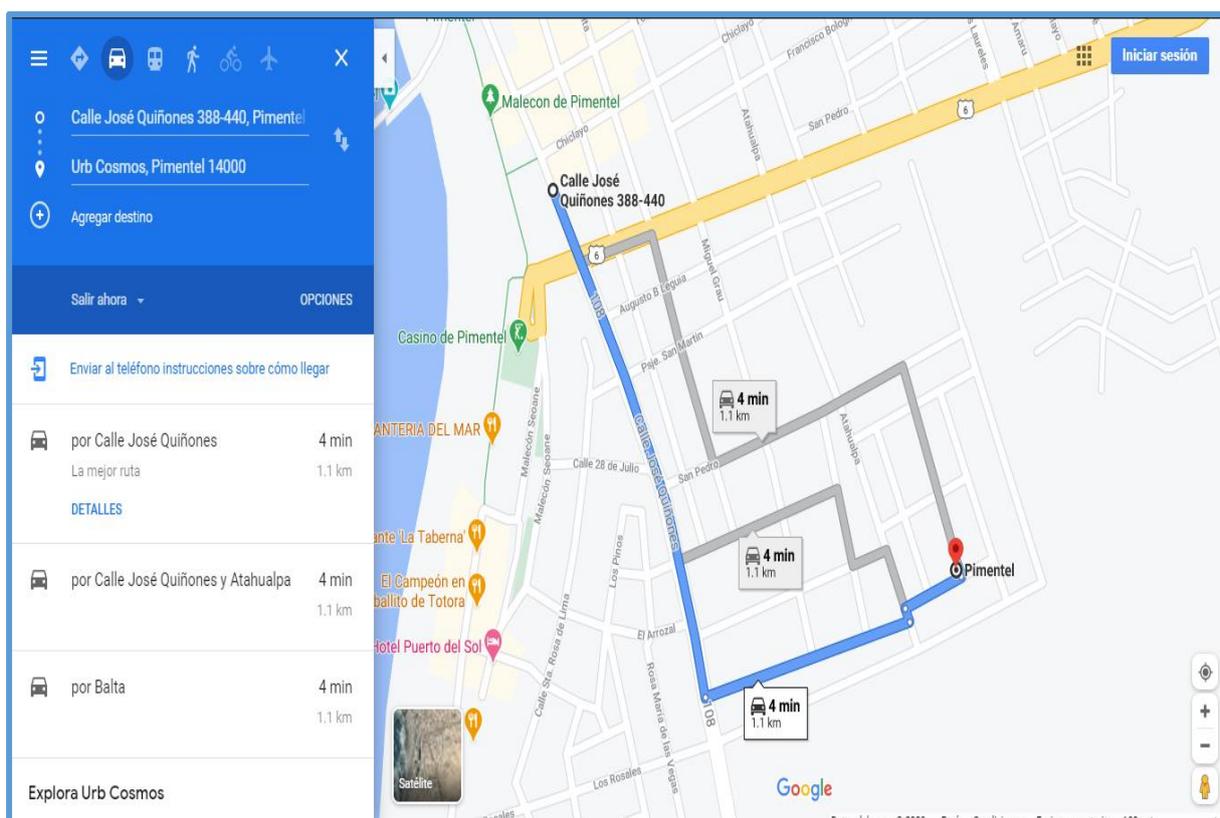
Fuente: Extraído de Google Maps.

ANEXO 19: Distancia recorrida del tipo privado (Chiclayo- Caso aplicativo 02)



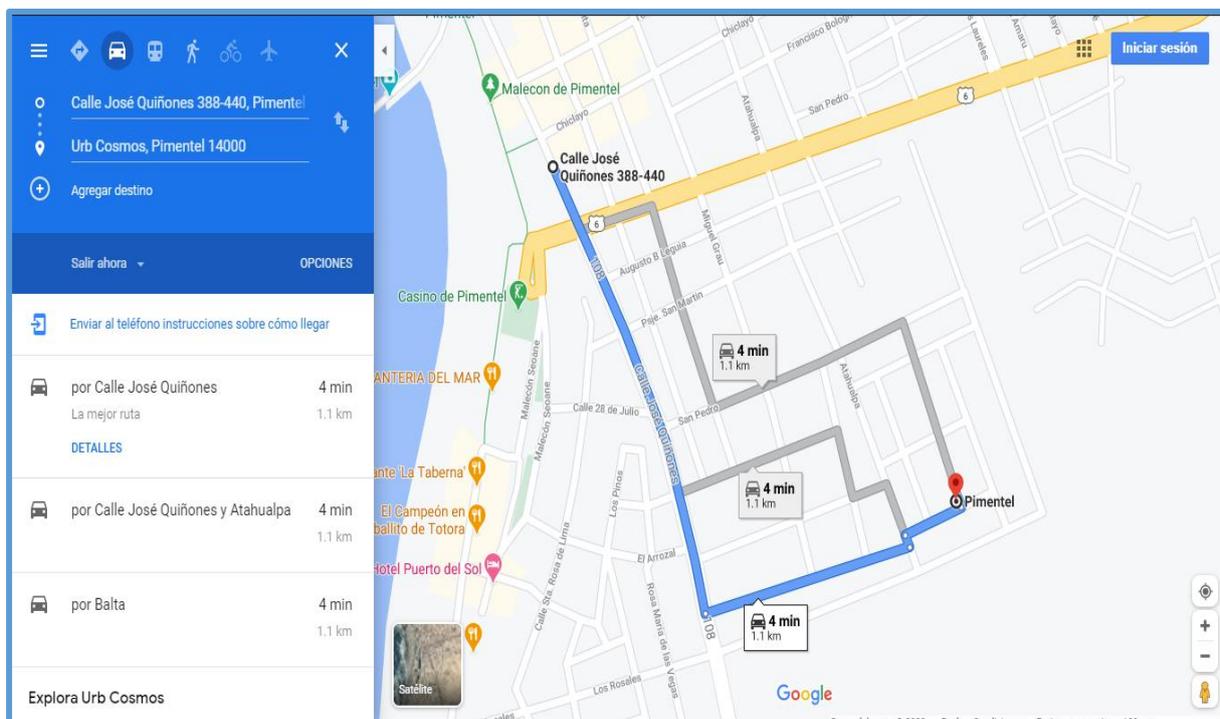
Fuente: Extraído de Google Maps.

ANEXO 20: Distancia recorrida del tipo privado (Pimentel sector B- Caso aplicativo 02)



Fuente: Extraído de Google Maps.

ANEXO 21: Distancia recorrida del tipo público (Pimentel sector B- Caso aplicativo 02)



Fuente: Extraído de Google Maps.

ANEXO 22: Energía incorporada de materiales de arquitectura caso aplicativo 01

MATERIAL	Unidad	Mm (u)	Cc (Kg/u)	Pm (S./u)	Cstm	Cm (Kg)	Eiem (MJ/Kg)	Eiem (MJ)
Arquitectura								
Alambre negro recocido # 8	kg	53.37	1.00	3.50	186.80	53.37	35.86	1,913.64
Clavos para madera con cabeza de 3"	Kg	0.49	1.00	3.00	1.47	0.49	35.86	17.55
Clavos de cabeza 2",3",4"	Kg	136.44	1.00	2.46	335.64	136.44	35.86	4,892.04
Arena fina	m3	72.75	1,600.00	18.00	1,309.52	116,401.92	0.16	19,012.31
Arena gruesa	m3	113.31	1,800.00	35.00	3,965.96	203,963.58	0.16	33,314.05
Ladrillo king kong de arcilla 9 x 14 x 24 cm	u	62,727.74	2.80	0.43	26,972.93	175,637.68	2.89	507,007.45
Cemento portland tipo i (42.5 kg)	bls	1,116.14	42.50	16.65	18,583.67	47,435.80	7.10	336,794.16
Cal hidratada de 30 kg	bls	66.76	30.00	2.46	164.22	2,002.73	3.43	6,869.35
Aditivo impermeabilizante mortero concreto chema 1 polvo	kg	11.30	1.00	9.25	104.49	11.30	100.00	1,129.58
Madera tornillo	m3	6.40	590.00	3.60	23.04	3,775.59	2.78	10,477.27
Madera pina (reglas)	m3	0.13	550.00	2.80	0.37	72.34	2.78	200.74

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 23: Energía incorporada de materiales de estructuras caso aplicativo 01

Estructuras								
Alambre negro # 16	Kg	567.91	1.00	2.87	1629.90	567.91	35.86	20,362.39
Alambre negro # 8	Kg	631.85	1.00	2.87	1813.41	631.85	35.86	22,655.00
Clavos de cabeza 2",3",4"	Kg	741.81	1.00	2.46	1824.86	741.81	35.86	26,597.71
Acero corrugado fy=4200 kg/cm2 grado 60	Kg	29,814.94	1.00	2.23	66487.31	29,814.94	35.86	1,069,014.64
Arena fina	m3	580.66	1,600.00	18.00	10451.84	929,052.80	0.16	151,745.29
Piedra chancada de 1/2"	m3	400.27	1,600.00	65.00	26017.31	640,426.08	0.34	217,744.87
Piedra mediana de 6"	m3	11.43	1,600.00	42.00	480.16	18,291.84	0.34	6,219.23
Arena gruesa	m3	205.48	1,800.00	35.00	7191.95	369,871.74	0.16	60,412.38
Ladrillo para techo 15 x 30 x 30 cm 8 huecos rex	u	9,440.50	7.80	1.39	13122.29	73,635.88	2.89	212,562.24
Cemento portland tipo i (42.5 kg)	bls	1,927.62	42.50	16.65	32094.79	81,923.64	7.10	581,657.83
Cemento portland tipo v	bls	2,682.57	42.50	17.47	46864.45	114,009.10	7.10	809,464.62
Yeso en bolsas de 25 kg	bls	3.78	25.00	2.46	9.30	94.56	2.65	250.89
Hormigón (puesto en obra)	m3	80.19	1,600.00	45.00	3608.56	128,304.32	0.10	12,830.43
Madera tornillo	m3	14.14	590.00	3.60	50.89	8,340.19	2.78	23,144.04
Estaca de madera tornillo tratada	m3	0.79	590.00	0.50	0.39	464.91	2.78	1,290.12
Madera tornillo incluye corte para encofrado	m3	0.41	590.00	3.60	1.46	239.68	2.78	665.11
Plancha de tecknopor de 1" x 4' x 8'	pl	147.38	0.73	9.02	1329.32	107.81	106.25	11,454.57
Cerco exterior madera y estera. inst. y colocación	m3	5.94	590.00	39.57	235.19	3,506.72	2.78	9,731.16
Almacén y caseta de guardianía prefabricados con cobertura liviana	m3	1.27	590.00	350.00	444.27	748.91	2.78	2,078.23

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 24: Energía incorporada de materiales de sanitarias caso aplicativo 01

Sanitarias								
Arena fina	m3	0.06	1,600.00	18.00	1.08	96.00	0.16	15.68
Registro de bronce de 4"	u	38.00	0.1650	10.51	399.38	6.27	35.86	224.81
Sumidero cromado de 2"	u	82.00	0.1500	3.69	302.58	12.30	35.86	441.02
Sumidero cromado de 3"	u	4.00	0.2000	7.30	29.2	0.80	35.86	28.68
Cemento portland tipo i (42.5 kg)	bls	1.50	42.50	16.65	24.975	63.75	7.10	452.63
Válvula flotadora de 1"	u	1.00	0.1760	33.70	33.7	0.18	101.00	17.78
Pegamento para pvc agua forduit	gal	41.55	3.6000	77.08	3202.874408	149.59	74.80	11,189.78
Pegamento para tubo cpvc 250 ml	gal	43.45	3.6000	77.08	3349.041212	156.42	74.80	11,700.44
Cinta teflón	pza	5.79	0.0100	0.82	4.750014	0.06	30.00	1.74
Hormigón (puesto en obra)	m3	0.02	1,600.00	45.00	0.9	32.00	0.10	3.20
Tanque elevado eternit 2500 lts	pza	1.00	37.0000	336.12	336.12	37.00	74.80	2,767.72
Tapa para caja de desagüe de fierro fundido de 12" x 24"	u	2.00	8.4000	47.56	95.12	16.80	35.86	602.36
Tapa con marco fierro fundido de desagüe 12" x 24"	pza	2.00	8.4000	47.56	95.12	16.80	35.86	602.36
Codo de fierro galvanizado iso-i de 1/2" x 90°	u	24.00	0.0870	0.82	19.68	2.09	177.00	369.58
Unión universal de fierro galvanizado de 1/2"	u	24.00	0.2500	4.84	116.16	6.00	35.86	215.13
Unión universal de fierro galvanizado de 3/4"	u	92.00	0.2460	5.58	513.36	22.63	35.86	811.47
Niple de fierro galvanizado de 1/2" x 1 1/2"	u	24.00	0.0500	1.39	33.36	1.20	35.86	43.03
Niple de fierro galvanizado de 3/4" x 1 1/2"	u	92.00	0.0600	1.89	173.88	5.52	35.86	197.92
Tubería pvc sap presión c-10 ec 2" x 5m	u	13.81	4.0130	17.36	239.6982	55.41	74.80	4,144.82
Tubería pvc sap presión c-10 c/r 1" x 5m	u	33.99	2.4430	14.10	479.23785	83.03	74.80	6,211.21
Tubería pvc sap presión c-15 ec 2 1/2" x 5m	u	4.62	8.3900	25.51	117.8562	38.76	74.80	2,899.51
Tubería pvc sap presión para agua c-10 r. 1/2"	m	269.38	0.8410	8.12	2187.359916	226.55	74.80	16,946.54

Tubería pvc sap presión para agua c-10 r. 3/4"	m	609.62	1.0820	10.58	6449.7796	659.61	74.80	49,340.94
codo pvc sap para agua con rosca de 3/4" x 90°	u	373.68	0.0540	1.31	489.5208	20.18	74.80	1,509.44
Tee pvc sap para agua con rosca de 1/2"	u	34.34	0.0370	0.57	19.5738	1.27	74.80	95.04
Tee pvc sap para agua con rosca de 3/4"	u	465.00	0.0740	1.23	571.95492	34.41	74.80	2,574.00
Tee pvc sap para agua con rosca de 1"	u	32.69	0.1080	2.30	75.19551	3.53	74.80	264.12
Tee pvc sap para agua con rosca de 2"	u	13.28	0.3650	4.18	55.51667	4.85	74.80	362.63
Tee pvc sap para agua con rosca de 2 1/2"	u	4.44	0.4560	4.76	21.15344	2.03	74.80	151.59
Codo pvc sal de 2" x 90°	u	82.00	0.0580	0.86	70.52	4.76	74.80	355.76
Codo pvc sal de 3" x 90°	u	4.00	0.1800	2.30	9.2	0.72	74.80	53.86
Codo pvc sal de 4" x 90°	u	38.00	0.2320	3.77	143.26	8.82	74.80	659.47
Ramal tee doble con reducción pvc sal 4" a 2"	u	86.00	0.2800	2.95	253.7	24.08	74.80	1,801.26
Tee sanitaria simple pvc sal de 4"	u	38.00	0.6250	3.85	146.3	23.75	74.80	1,776.58
Unión universal pvc sap 3/4"	pza	1.00	0.0700	1.07	1.07	0.07	74.80	5.24
Sombrero de ventilación pvc sal de 2"	u	14.00	0.0800	3.20	44.8	1.12	74.80	83.78
Tubería cpvc para agua caliente 1/2" x 5 m	u	21.00	0.6190	13.86	291.06	13.00	74.80	972.37
Codo cpvc para agua caliente de 1/2" x 90°	u	24.00	0.0300	0.99	23.76	0.72	74.80	53.86
Tubería cpvc para agua caliente 3/4"	m	37.09	1.0370	18.12	672.0708	38.46	74.80	2,877.11
Tubería pvc sal 2" x 3 m	pza	196.22	1.0190	6.23	1222.469913	199.95	74.80	14,957.03
Tubería pvc sal 4" x 3 m	pza	137.29	2.6110	16.32	2240.54832	358.46	74.80	26,814.02
Tubería pvc sal 3" x 3 m	pza	25.64	1.6350	11.81	302.8084	41.92	74.80	3,135.86
Sombrero de ventilación pvc sal 3"	pza	2.00	0.1750	7.30	14.6	0.35	74.80	26.18
Sombrero de ventilación pvc sal 4"	pza	1.00	0.3500	7.30	7.3	0.35	74.80	26.18
Válvula compuerta de bronce de 1/2"	u	12.00	0.2480	12.71	152.52	2.98	101.00	300.58
Válvula compuerta de bronce de 3/4"	u	48.00	0.3340	19.60	940.8	16.03	101.00	1,619.23
Válvula check de bronce de 3/4"	u	2.00	0.3460	34.44	68.88	0.69	101.00	69.89
Válvula flotadora 3/4" con bola de cobre	u	1.00	0.4700	20.09	20.09	0.47	101.00	47.47

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 25: Energía incorporada de materiales de eléctricas caso aplicativo 01

Eléctricas								
CABLE TW # 14 AWG 2.5 mm2	m	5,716.4	0.031	1.21	6916.90	177.21	101.00	17,898.18
		4						
CABLE TW # 12 AWG - 4 mm2	m	2,789.6	0.045	1.67	4658.64	125.53	101.00	12,678.74
		0						
CABLE THW # 10 AWG	m	1,342.1	0.059	2.59	3476.17	79.19	101.00	7,997.88
		5						
FOCO AHORRADOR 25W	u	2.00	0.0700	9.76	19.52	0.14	18.44	2.58
BRAQUETE SIMPLE BS-112 1X 50 W	u	120.00	1.6000	3.69	442.80	192.00	160.00	30,720.00
POZO DE TIERRA B.T.	u	1.00	3.5000	700.00	700.00	3.50	35.86	125.49
TABLERO GENERADOR AUTOMATICO DE 6 CIRCUITOS	u	9.00	1.7000	62.24	560.16	15.30	160.00	2,448.00
TOMACORRIENTE CON TOMA A TIERRA	u	100.00	0.0850	14.10	1410.00	8.50	89.33	759.33
TOMACORRIENTE A PRUEBA DE AGUA	pza	76.00	0.0850	14.10	1071.60	6.46	89.33	577.09
PORTA MEDIDOR. INC. INSTALACION Y COLOCACION	glb	1.00	2.0000	42.00	42.00	2.00	160.00	320.00
INTERRUPTOR SIMPLE	pza	98.00	0.0550	8.41	824.18	5.39	89.33	481.50
INTERRUPTOR DOBLE	pza	6.00	0.0680	13.10	78.60	0.41	89.33	36.45
INTERRUPTOR DE CONMUTACION SIMPLE	u	58.00	0.0570	10.10	585.80	3.31	89.33	295.33
INTERRUPTOR DE CONMUTACION DOBLE	u	18.00	0.0760	15.40	277.20	1.37	89.33	122.21
PULSADOR SIMPLE PARA TIMBRE	u	8.00	0.0400	8.90	71.20	0.32	89.33	28.59
TIMBRE DING DONG	u	8.00	0.2000	28.80	230.40	1.60	74.80	119.69
CAJA OCTOGONAL GALVANIZADA LIVIANA 4" X 4" X 2 1/2	u	201.16	0.1200	0.62	124.72	24.14	35.86	865.51
CAJA RECTANGULAR GALVANIZADA LIVIANA DE 4" X 2 1/8"	u	434.00	0.1700	0.62	269.08	73.78	35.86	2,645.38
CAJA OCTOGONAL GALVANIZADA LIVIANA 4" X 2 1/8 "	u	452.00	0.1200	0.62	280.24	54.24	35.86	1,944.78
TAPA CIEGA GALVANIZADA CUADRADA LIVIANA 6" X 6"	u	29.00	0.1400	1.56	45.24	4.06	35.86	145.57

PLACA DE SALIDA DE TELEVISION Y TELEFONO	u	65.00	0.1800	1.56	101.40	11.70	74.80	875.20
PLACA SALIDA THERMA	u	8.00	0.1800	1.39	11.12	1.44	74.80	107.72
TAPA CIEGA CIRCULAR PARA DUCTO	pza	6.00	0.241	1.39	8.34	1.45	177.00	255.94
DICROICO. INC. ACCESORIO	u	162.00	0.0750	22.55	3653.10	12.15	160.00	1,944.00
BRAKETE DE PARED	u	2.00	1.1000	41.56	83.12	2.20	160.00	352.00
INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 25 A	pza	18.00	0.1650	45.80	824.40	2.97	74.80	222.17
INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 20 A	pza	18.00	0.1600	45.80	824.40	2.88	74.80	215.43
INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 32 A	pza	9.00	0.1700	45.80	412.20	1.53	74.80	114.45
INTERRUPTOR DIFERENCIAL 32 A	pza	9.00	0.1530	45.80	412.20	1.38	74.80	103.00
CINTA AISLANTE	rll	38.41	0.0800	0.82	31.50	3.07	74.80	229.88
PEGAMENTO PARA PVC AGUA FORDUIT	gal	1.28	3.6000	77.08	98.60	4.61	74.80	344.48
TUBERIA PVC SEL PARA INSTALACIONES ELECTRICAS DE 5/8" X 3m	u	16.00	0.2430	2.62	41.92	3.89	74.80	290.84
TUBERIA PVC SEL PARA INSTALACIONES ELECTRICAS DE 3/4" X 3m	u	5,191.9	0.3210	1.97	10228.1	1,666.6	74.80	124,668.04
TUBERIA PVC SEL PARA INSTALACIONES ELECTRICAS DE 1" X 3m	u	440.18	0.4670	3.44	1514.20	205.56	74.80	15,376.70
CURVA PVC SEL PARA INSTALACIONES ELECTRICAS 1/2"	u	16.00	0.0080	0.26	4.16	0.13	74.80	9.57
CURVA PVC SEL PARA INSTALACIONES ELECTRICAS 1"	u	31.90	0.0300	0.70	22.33	0.96	74.80	71.58
CURVA PVC SEL 3/4"	pza	1,176.2	0.0180	0.30	352.86	21.17	74.80	1,583.72
UNION PVC SEL 3/4"	pza	930.93	0.0210	0.29	269.97	19.55	74.80	1,462.37
CONEXION A CAJA PVC SEL 3/4"	pza	1,436.0	0.0120	0.29	416.44	17.23	74.80	1,289.01
		0						
Total de energía incorporada en materiales								4,561,058.19

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 26: Energía incorporada de materiales de arquitectura caso aplicativo 02

MATERIAL	Unidad	Mm (u)	Cc (Kg/u)	Pm (S./u)	Cstm	Cm (Kg)	Eiem (MJ/Kg)	Eiem (MJ)
Arquitectura								
Arena	m3	21.70	1 600.00	80.00	1 736.00	34 720.00	0.16	5 670.93
Arena fina	m3		1 600.00	44.90	4 807.89	171	0.16	27 983.57
		107.08				328.00		
Arena gruesa	m3		1 800.00	40.00	4 724.00	212	0.16	34 721.40
		118.10				580.00		
Bisagra capuchina aluminizada de 3 1/2" x 3 1/2"	und		0.40	6.90	1 283.40	75.14	35.86	2 694.29
		186.00						
Cantонера de aluminio	m		0.38	17.00	3 094.00	69.34	160.00	11 094.72
		182.00						
Cemento portland tipo i (42.5kg)	bls	1	42.50	24.00	36 647.28	64 896.23	7.10	460 763.20
		526.97						
Cerámica de mediano transito	m2		15.22	15.00	10 214.25	10 364.06	2.40	24 873.74
		680.95						
Cerradura cilindrica tipo yale	und	50.00	0.79	25.90	1 295.00	39.40	35.86	1 412.69
Chapa schlage de palanca	und	11.00	0.74	79.90	878.90	8.13	35.86	291.47
Clavos para madera con cabeza de 1"	kg	5.17	1.00	5.00	25.85	5.17	35.86	185.37
Cola sintética	gal	10.32	5.40	14.90	153.77	55.73	74.80	4 168.64
Disco de corte	und	18.20	0.04	3.90	70.98	0.75	160.00	119.39
Espejos	m2	10.80	10.00		2 160.00	108.00	18.44	1 991.52
				200.00				
Extintor en polvo químico seco (pqs)	und	5.00	9.00	80.00	400.00	45.00	115.00	5 175.00
Fragua	kg		1.00	7.70	2 600.60	337.74	7.10	2 397.95
		337.74						
Jaladores de aluminio	und	7.45	0.34	6.90	51.41	2.53	160.00	405.28
Ladrillo kk 18 huecos 9x13x24 cm	und	104	2.80		64 573	291	2.89	841 809.73
		150.00		620.00	000.00	620.00		
Lija de fierro #80	plg	1	0.05	2.90	2 943.50	47.71	31.10	1 483.63
		015.00						

Lija para pared	plg	1	0.05	2.90	3 944.38	63.93	31.10	1 988.10
		360.13						
Madera pino	m3	2.69	590.00	0.80	2.15	1 586.32	2.78	4 402.04
Madera tornillo	m3	3.70	590.00	5.00	18.48	2 180.31	2.78	6 050.35
Pegamento blanco en polvo 25 kg	bol		25.00	32.90	12 462.52	9 470.00	74.80	708 387.57
		378.80						
Perfil metálico 2" x 2" x 1/4"	kg		1.00	2.65	530.00	200.00	35.86	7 171.00
		200.00						
Pintura duco	gal	69.00	3.40	45.00	3 105.00	234.60	95.00	22 287.00
Pintura látex supermate	gal		5.84	28.00	12 689.32	2 647.08	95.00	251 472.87
		453.19						
Porcelanato medio transito	m2		4.17	23.00	22 510.79	4 078.04	2.40	9 787.30
		978.73						
Sellador	gal		4.86	18.00	6 120.54	1 654.01	100.00	165 401.35
		340.03						
Temple 25kg	und		25.00	20.40	5 549.41	6 800.75	24.45	166 251.13
		272.03						
Triplay lupuna 4 x 8 x 4 mm	pln	64.66	3.33	40.00	2 586.40	215.32	14.00	3 014.45
Tubo de fierro negro de 4" x 6.4 m	pza	6.00	10.80		720.00	64.80	35.86	2 323.40
				120.00				
Vidrio transparente crudo	m2	74.00	20.00	80.00	5 920.00	1 480.00	18.44	27 291.20
Regla de aluminio 1" x 4" x 8"	und	17.94	3.00	30.00	538.20	53.82	160.00	8 611.20
Sc carpintería de metálica para barandas de escalera, incl. pintura	m	94.00	1.11		14 100.00	104.34	35.86	3 741.11
				150.00				
Sc escalera de gato	m	1.00	0.99		150.00	0.99	35.86	35.50
				150.00				
Sc mamparas de cristal templado 6mm								
aluminio	m	96.70	0.14			13.73	160.00	2 197.02
vidrio transparente crudo	m2	64.67	15.00			970.05	18.44	17 887.72
Sc puerta metálica p-1	m2	3.00	3.00		1 650.00	9.00	35.86	322.70
				550.00				

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 27: Energía incorporada de materiales de estructuras caso aplicativo 02

Estructuras								
Acero de refuerzo fy=4200	kg	40 153.57	1.00	2.65	106 406.96	40 153.57	35.86	1 439 706.25
Alambre negro # 16	kg	1 801.40	1.00	5.00	9 007.00	1 801.40	35.86	64 589.20
Alambre negro # 8	kg	444.66	1.00	5.00	2 223.30	444.66	35.86	15 943.28
Arena fina	m3	70.77	1 600.00	44.90	3 177.57	113 232.00	0.16	18 494.56
Arena gruesa	m3	203.03	1 800.00	40.00	8 121.20	365 454.00	0.16	59 690.82
Cemento portland tipo i (42.5kg)	bls	4 353.18	42.50	24.00	104 476.32	185 010.15	7.10	1 313 572.07
Clavos para madera con cabeza de 3"	kg	470.71	1.00	5.00	2 353.55	470.71	35.86	16 877.31
Clavos para madera con cabeza de 4"	kg	470.71	1.00	5.00	2 353.55	470.71	35.86	16 877.31
Hormigón	m3	58.59	1 600.00	65.00	3 808.35	93 744.00	0.10	9 374.40
Ladrillo para techo 8h de 15x30x30cm	und	10 584.26	7.80	1.50	15 876.39	82 557.23	2.89	238 315.20
Madera tornillo	m3	26.07	590.00	5.00	130.33	15 378.91	2.78	42 676.47
Piedra chancada 1/2"	m3	268.87	1 600.00	70.00	18 820.90	430 192.00	0.34	146 265.28
Piedra mediana	m3	8.26	1 600.00	30.00	247.80	13 216.00	0.34	4 493.44
Regla de aluminio 2" x 4" x 10"	und	1.77	3.00	8.00	14.16	5.31	160.00	849.60

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 28: Energía incorporada de materiales de sanitarias caso aplicativo 02

		Sanitarias					
Codo pvc-sal 2" x90°	und	0.06	1.80	17.28	0.56	74.80	41.65
		9.60					
Abrazadera de f°g° c/2 orejas 4"	und	0.68	5.50	27.50	3.40		601.80
		5.00				177.00	
Accesorios para salida de agua	und	0.06	10.00	1 430.00	8.58	74.80	641.81
		143.00					
Anclaje para esparrago	und	0.14	8.00	40.00	0.72	35.86	25.64
		5.00					
Anillo de cera para inodoro	und	0.18	9.90	198.00	3.62	74.80	270.79
		20.00					
Arena	m3	1	80.00	40.00	800.00	0.16	130.67
		0.50	600.00				
Arena gruesa	m3	1	40.00	780.00	35 100.00	0.16	5 733.00
		19.50	800.00				
Caja de concreto para pozo	und	55.00	25.00	1 275.00	2 805.00	1.90	5 329.50
		51.00					
Caja de concreto prefabricado de desague de 12"x24"	und	58.00	120.00	240.00	116.00	1.90	220.40
		2.00					
Cemento portland tipo i (42.5kg)	bls	42.50	24.00	372.00	658.75	7.10	4 677.13
		15.50					
Cinta teflón	und	0.01	1.60	16.96	0.11	30.00	3.18
		10.60					
Codo cpvc de 1 1/4" x90°	und	0.03	5.70	23.71	0.12	74.80	9.34
		4.16					
Codo cpvc de 1/2" x 90°	und	0.03	1.50	82.61	1.65	74.80	123.58
		55.07					
Codo cpvc de 1/2" x 90°	und	0.03	1.00	113.22	3.40	74.80	254.08
		113.22					
Codo cpvc de 3/4" x 90°	und	0.02	1.90	196.67	1.76	74.80	131.63
		103.51					

Codo pvc sap s/p 4"x45°	und	4.00	0.21	6.50	26.00	0.84	74.80	62.83
Electrobomba inyectoria 2 hp	und	1.00	19.00	1 650.00	1 650.00	19.00	35.86	681.25
Esparrago fo. gdo. 3/8"	und	5.00	0.14	21.90	109.50	0.72	35.86	25.64
Filtro	und	1.00	0.50	25.00	25.00	0.50	74.80	37.40
Hoja de sierra	und	0.40	0.02	7.50	3.00	0.01	35.86	0.28
Inodoro	und	20.00	15.70	189.90	3 798.00	314.00	27.50	8 635.00
Lavadero de acero inoxidable	und	23.00	3.00	49.90	1 147.70	69.00	177.00	12 213.00
Lavatorio	und	20.00	11.60	60.00	1 200.00	232.00	27.50	6 380.00
Llave para lavatorio	und	20.00	0.28	22.90	458.00	5.60	160.00	896.00
Madera tornillo	m3	0.00	590.00	5.00	0.01	0.60	2.78	1.66
Pegamento para cpvc	und	0.10	3.60	50.00	5.00	0.36	74.80	26.93
Pegamento para pvc	gal	3.87	3.60	50.00	193.50	13.93	74.80	1 042.16
Pegamento para pvc de 1/4 de gln	und	3.24	0.90	13.00	42.12	2.92	74.80	218.13
Perno de anclaje para sujeción de inodoro sin capuchón plástico	und	40.00	0.37	3.00	120.00	14.85	35.86	532.38
Perno de sujeción	und	92.00	0.37	6.90	634.80	34.15	35.86	1 224.46
Radar para cisterna	und	2.00	0.20	30.00	60.00	0.40	74.80	29.92

Reducción cpvc 2"-1 1/4"	und	0.10	2.00	4.00	0.20	74.80	14.66
		2.00					
Reducción cpvc de 1" a 3/4"	und	0.03	1.00	15.87	0.48	74.80	35.61
		15.87					
Reducción cpvc de 3/4" a 1/2"	und	0.03	0.50	4.01	0.20	74.80	14.98
		8.01					
Registro de bronce de 2"	und	0.15	7.90	79.00	1.50		151.50
		10.00				101.00	
Registro de bronce de 4"	und	0.17	20.00	400.00	3.30		333.30
		20.00				101.00	
Sombrero de ventilación pvc-sal de 2"	und	0.18	4.70	37.60	1.40	74.80	104.72
		8.00					
Sombrero de ventilación pvc-sal de 4"	und	0.35	6.00	24.00	1.40	74.80	104.72
		4.00					
Sumidero de bronce de 2"	und	0.15	6.90	351.90	7.65		772.65
		51.00				101.00	
Sumidero de bronce de 3"	und	0.20	13.00	78.00	1.20		121.20
		6.00				101.00	
Tanque de agua de 2500 litros	und	37.00	880.00	1 760.00	74.00	74.80	5 535.45
		2.00					
Tee cpvc 3/4"	und	0.05	1.90	75.54	2.15	74.80	160.61
		39.76					
Tee cpvc 4"-2"	und	0.02	6.90	13.80	0.05	74.80	3.41
		2.00					
Tee cpvc de 1/2"	und	0.04	1.00	113.22	4.08	74.80	304.89
		113.22					
Tee pvc sap s/p 3/4"	und	0.05	1.60	114.58	3.87	74.80	289.26
		71.61					
Tee pvc-sap c/r 1/2"	und	0.02	1.50	82.61	1.26	74.80	93.92
		55.07					
Tee sanitaria pvc-sal de 2"	und	0.12	3.80	18.24	0.60	74.80	44.52
		4.80					

Trampa "p" pvc sal de 2"	und	94.00	0.29	10.90	1 024.60	26.79	74.80	2 003.98
Trampa "p" pvc sal de 3"	und	6.00	0.29	20.00	120.00	1.71	74.80	127.91
Tubería cpvc 3/4" x 5m	und	37.80	1.66	27.50	1 039.50	62.86	74.80	4 702.24
Tubería cpvc de 1 1/4"	und	8.32	3.53	53.00	440.96	29.37	74.80	2 196.94
Tubería cpvc de 1/2" x 5m	und	28.02	1.28	16.20	453.92	35.78	74.80	2 676.58
Tubería cpvc de 3/4"	und	59.68	1.66	7.50	447.60	99.25	74.80	7 424.07
Tubería pvc-sal 2" x 3m	m	149.34	0.44	7.50	1 120.05	65.91	74.80	4 930.19
Tubería pvc-sal 2"x3m	und	53.00	1.32	7.50	397.50	70.17	74.80	5 249.10
Tubería pvc-sal 3"x 3m	und	64.40	2.32	17.00	1 094.80	149.54	74.80	11 185.85
Tubería pvc-sal 4" x 3 m	und	2.00	3.96	24.00	48.00	7.92	74.80	592.44
Tubería pvc-sal 4"x3m	und	20.00	3.96	24.00	480.00	79.20	74.80	5 924.42
Tubería pvc-sap c-10 c/r de 1/2" x 5m	und	45.89	1.23	5.00	229.45	56.31	74.80	4 211.95
Tubería pvc-sel 4" x 3m (100mm)	und	184.20	6.56	24.00	4 420.80	1 207.98	74.80	90 361.20
Tubo de abasto 1/2"	und	20.00	0.30	5.90	118.00	6.00		606.00
Tubo de abasto aluminio trenzado 1/2"x7/8"	und	43.00	0.30	5.90	253.70	12.90	101.00	2 064.00
Unión universal de f°g° de 3/4"	und	106.00	0.25	9.10	964.60	26.08	35.86	934.95

Uñas de sujeción para lavatorio	und	20.00	0.00	6.90	138.00	0.03	35.86	1.08
Válvula check de 1 1/4"	und	2.00	1.22	99.90	199.80	2.44	101.00	246.44
Válvula esférica de 3/4"	und	51.00	0.30	25.00	1 275.00	15.30	101.00	1 545.30
Válvula flotadora de 3/4"	und	1.00	0.47	55.00	55.00	0.47	101.00	47.47
Tee pvc sal simple de 3"	und	62.40	0.24	6.80	424.32	15.16	74.80	1 134.26
Tee pvc sal simple de 3"	und	145.34	0.24	6.80	988.31	35.32	74.80	2 641.88
Tee pvc sal simple de 4"	und	185.07	0.51	7.20	1 332.49	95.12	74.80	7 115.67
Regla de aluminio 1" x 4" x 8"	und	0.10	3.00	30.00	3.00	0.30	160.00	48.00
Sc tapa de madera para valvula de baño 0.25x0.25 m	m3	0.01	590.00	25.00	0.18	4.35	2.78	12.07

Fuente: Elaboración propia

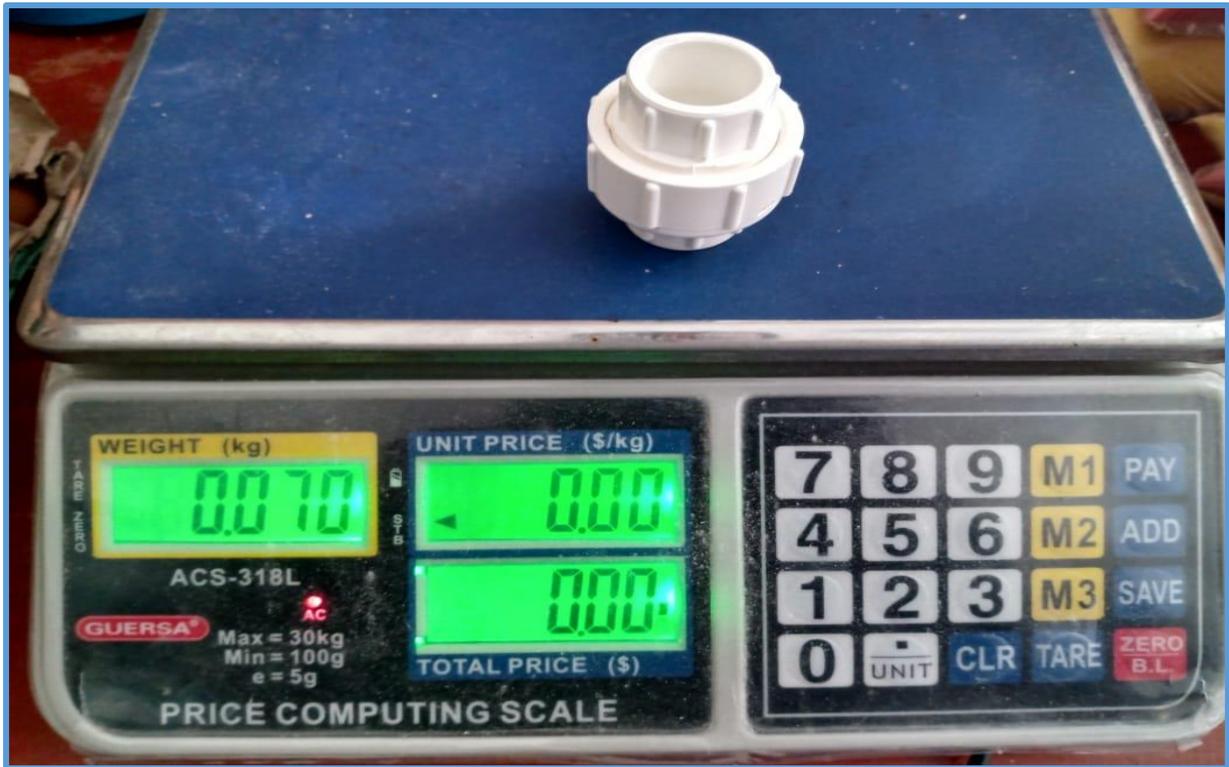
ANEXO 29: Energía incorporada de materiales de eléctricas caso aplicativo 02

Eléctricas								
Cable n2hox-90 10mm2	m	370.20	0.13	4.50	1 665.90	47.39	101.00	4 785.95
Cable n2hox-90 16 mm2	m	4.20	0.19	7.20	30.24	0.79	101.00	80.17
Cable nhx-90 2.5 mm2	m	5 445.05	0.03	1.30	7 078.57	174.24	101.00	17 598.41
Cable nhx-90 4mm2	m	2 952.16	0.05	1.80	5 313.89	141.70	101.00	14 312.07
Cable nhx-90 6 mm2	m	607.80	0.07	3.50	2 127.30	40.72	101.00	4 112.98
Cable telefónico 2 hilos	rll	1.00	0.09	65.00	65.00	0.09	101.00	9.43
Caja cuadrada de f°g° 250x250x100 mm	und	10.00	0.12	18.00	180.00	1.20	35.86	43.03
Caja pase octogonal sap 100x40 mm	und	149.00	0.05	3.30	491.70	7.45	74.80	557.28
Caja rectangular f°g° de 100x50x40 mm (6"x2"x1 1/2")	und	395.00	0.11	3.30	1 303.50	41.48	35.86	1 487.09
Cinta aislante 3m	rll	599.20	0.08	5.90	3 535.28	47.94	74.80	3 585.77
Conexiones pvc-sap 3/4" eléctricas (20mm)	und	830.62	0.01	0.80	664.50	9.97	74.80	745.60
Curvas pvc-sap eléctricas 3/4" (20mm)	und	286.62	0.02	1.30	372.61	5.16	74.80	385.92
Interruptor conmutación	und	9.00	0.06	7.50	67.50	0.51	74.80	38.37
Interruptor doble	und	10.00	0.07	10.50	105.00	0.68	74.80	50.87
Interruptor simple	und	81.00	0.06	6.50	526.50	4.46	74.80	333.25
Lámpara redonda fluorescente 18 w	und	162.00	0.19	59.90	9 703.80	30.13	18.44	555.63
Llave diferencial 2x25a	und	31.00	0.21	70.00	2 170.00	6.36	74.80	475.38
Llave termo magnética 2x16a	und	14.00	0.16	20.00	280.00	2.17	74.80	162.32
Llave termo magnética 2x20a	und	34.00	0.16	24.00	816.00	5.44	74.80	406.93
Llave termo magnética 2x32a	und	10.00	0.17	30.00	300.00	1.70	74.80	127.17
Llave termo magnética 2x40a	und	1.00	0.20	85.00	85.00	0.20	74.80	14.96
Llave termo magnética 2x50a	und	11.00	0.13	85.00	935.00	1.38	74.80	102.85
Llave termo magnética 2x50a	und	10.00	0.13	85.00	850.00	1.25	74.80	93.50
Llave termo magnética 3x100a	und	1.00	0.62		186.10	0.62	74.80	46.00
				186.10				
Pegamento para pvc	gal	39.54	3.60	50.00	1 977.00	142.34	74.80	10 647.81

Placa hermética de acero	und	30.00	1.65	30.20	906.00	49.46	35.86	1 773.21
Stove-bolts	cto	7.22	0.40	2.80	20.21	2.92	35.86	104.56
Tablero metálico 14 polos	und	1.00	2.20		400.00	2.20	160.00	352.00
				400.00				
Tablero metálico 24 polos	und	1.00			650.00	12.61	160.00	2 017.60
			12.61	650.00				
Tablero metalico 4 polos	und	1.00	1.70	21.90	21.90	1.70	160.00	272.00
Tablero pvc 12 polos	und	10.00	0.50	69.90	699.00	5.00	74.80	374.02
Tapa ciega	und	544.00	0.24	3.90	2 121.60	131.10	177.00	23 205.41
Tomacorriente doble	und	178.00	0.09	11.50	2 047.00	15.13	74.80	1 131.77
Tubería pvc-sap 3/4" eléctricas (20mm)	m	59.60	0.22	4.80	286.08	13.17	74.80	985.28
Tubería pvc-sap eléctrica de 3/4" x 3m (20mm)	m	158.00	0.22	4.80	758.40	34.92	74.80	2 611.98
Tubería pvc-sap eléctrica de 3/4" x 3m (20mm)	und	1 003.19	0.66	7.50	7 523.93	665.11	74.80	49 752.82
Uniones pvc-sap 3/4" electricias (20mm)	und	286.62	0.02	0.80	229.30	6.02	74.80	450.24
Total de energía incorporada en materiales								5,503,526.04

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 30: Peso de unión universal pvc 3/4".



Fuente: Fotografía propia

ANEXO 31: Peso de rollo de cinta teflón.



Fuente: Fotografía propia

ANEXO 32: Peso de unión universal de 1/2" de F°G°.

Fuente: Fotografía propia

ANEXO 33: Peso de unión universal 3/4" de F°G°.

Fuente: Fotografía propia

ANEXO 34: Peso de bisagra capuchina aluminizada de 3.5" X 3.5".



Fuente: Fotografía propia

ANEXO 35: Peso de caja cuadrada de F°G° de 250x250x100mm.



Fuente: Fotografía propia

ANEXO 36: Peso de caja rectangular F°G° de 6"X 2"X 1.5"

Fuente: Fotografía propia

ANEXO 37: Peso de octogonal de F°G° de 4" X 2.125".

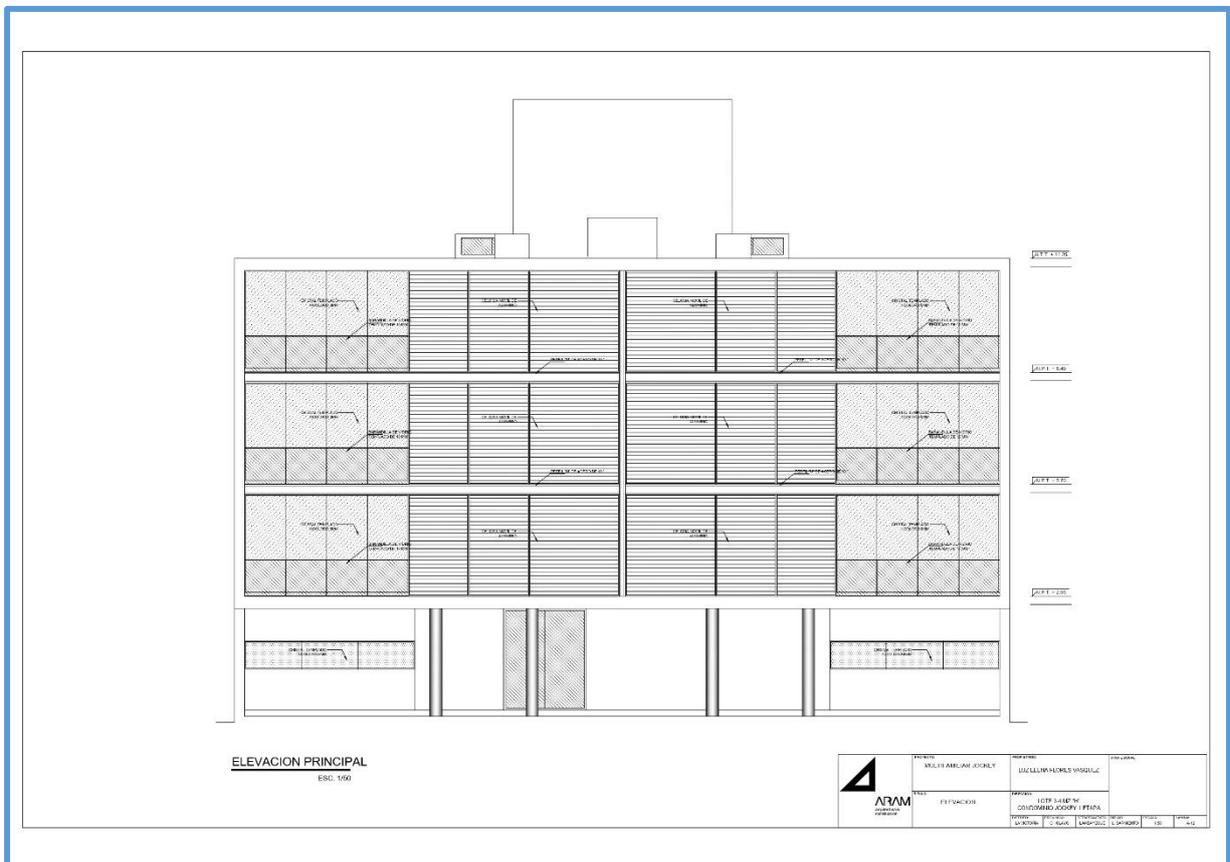
Fuente: Fotografía propia

ANEXO 38: Cálculo de área del cercado de Chiclayo (ha)



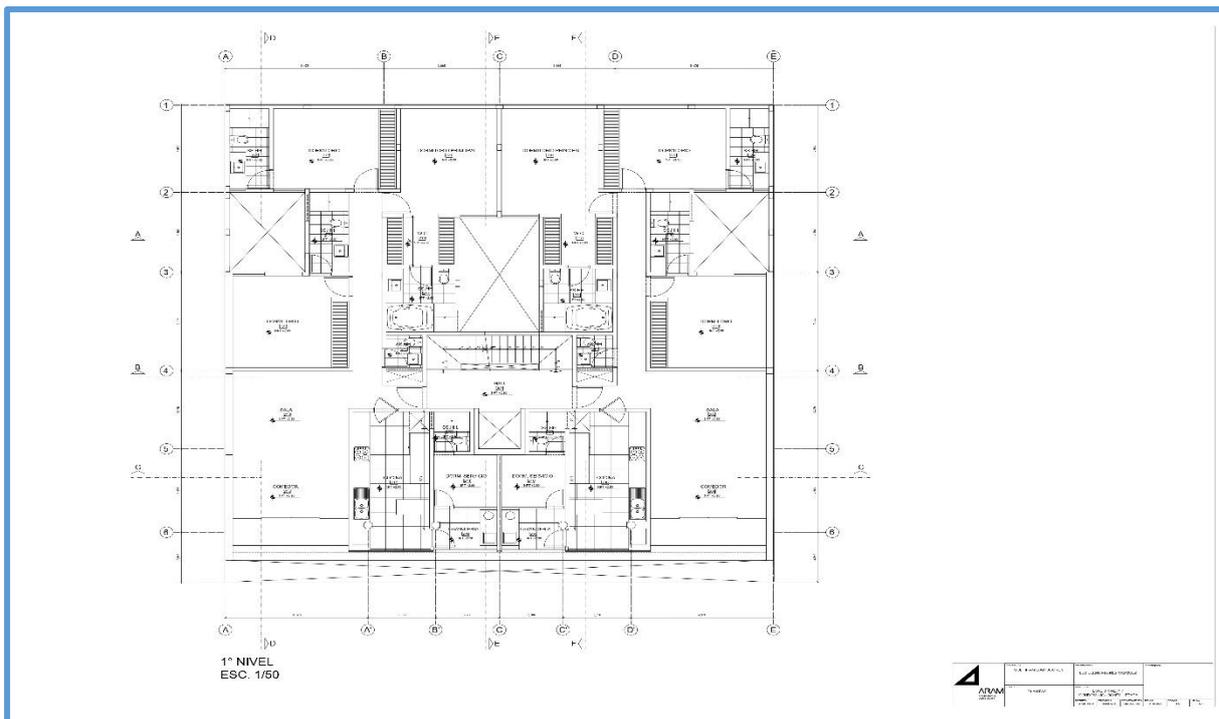
Fuente: Extraído del Google Earth

ANEXO 39: Elevación principal caso aplicativo 01.



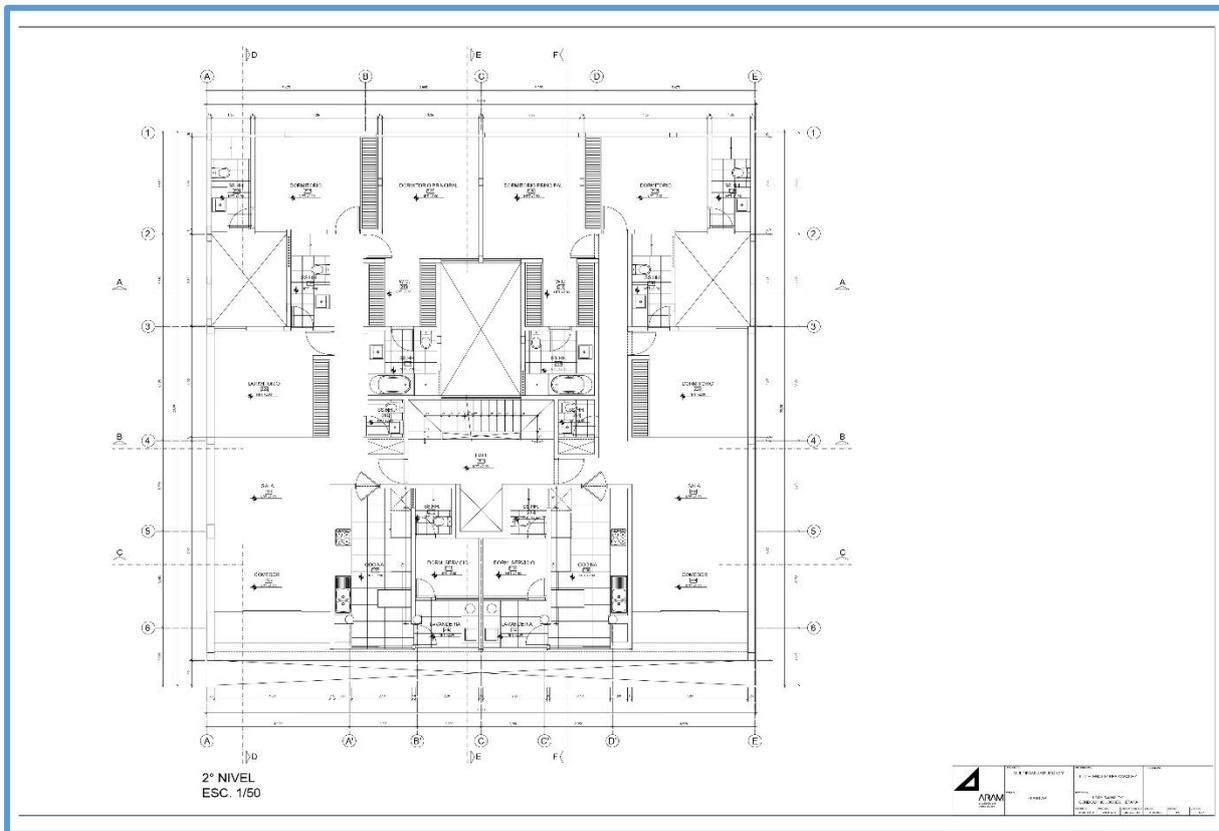
Fuente: Proporcionados por ARAM: Arquitectura y Construcción.

ANEXO 40: Planta 1° nivel de caso aplicativo 01.



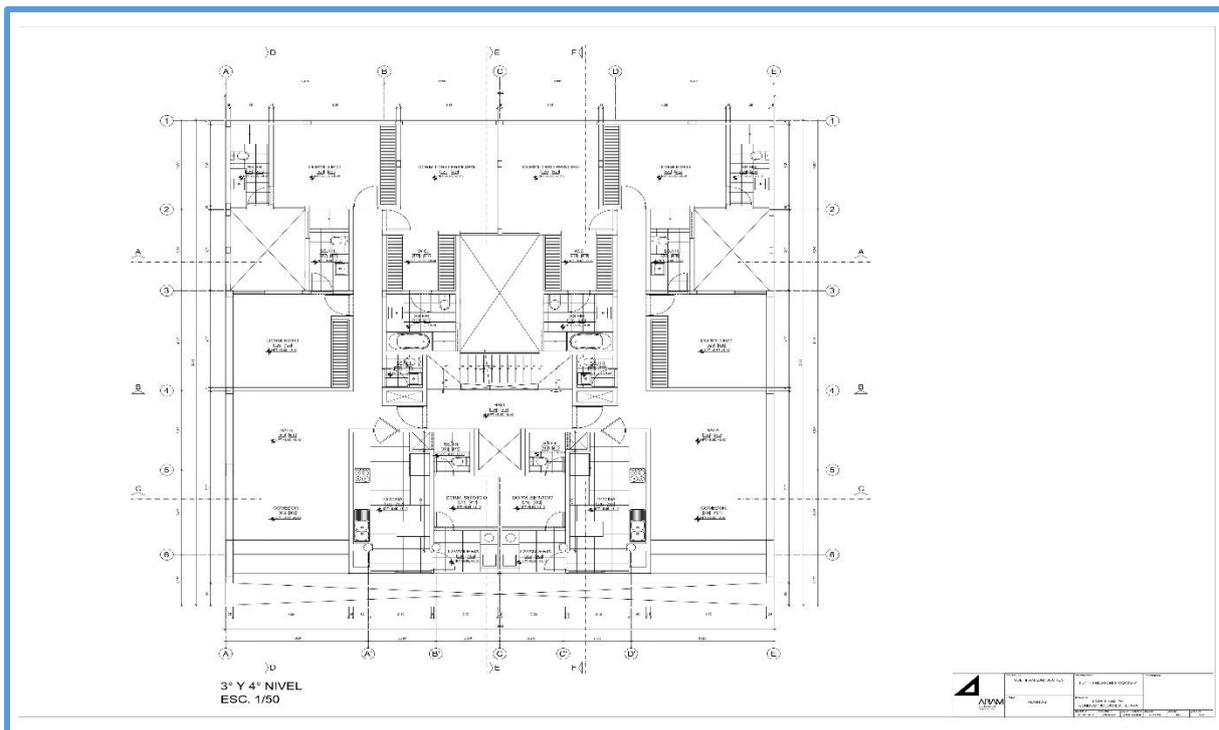
Fuente: Proporcionados por ARAM: Arquitectura y Construcción.

ANEXO 41: Planta 2° nivel de caso aplicativo 01.



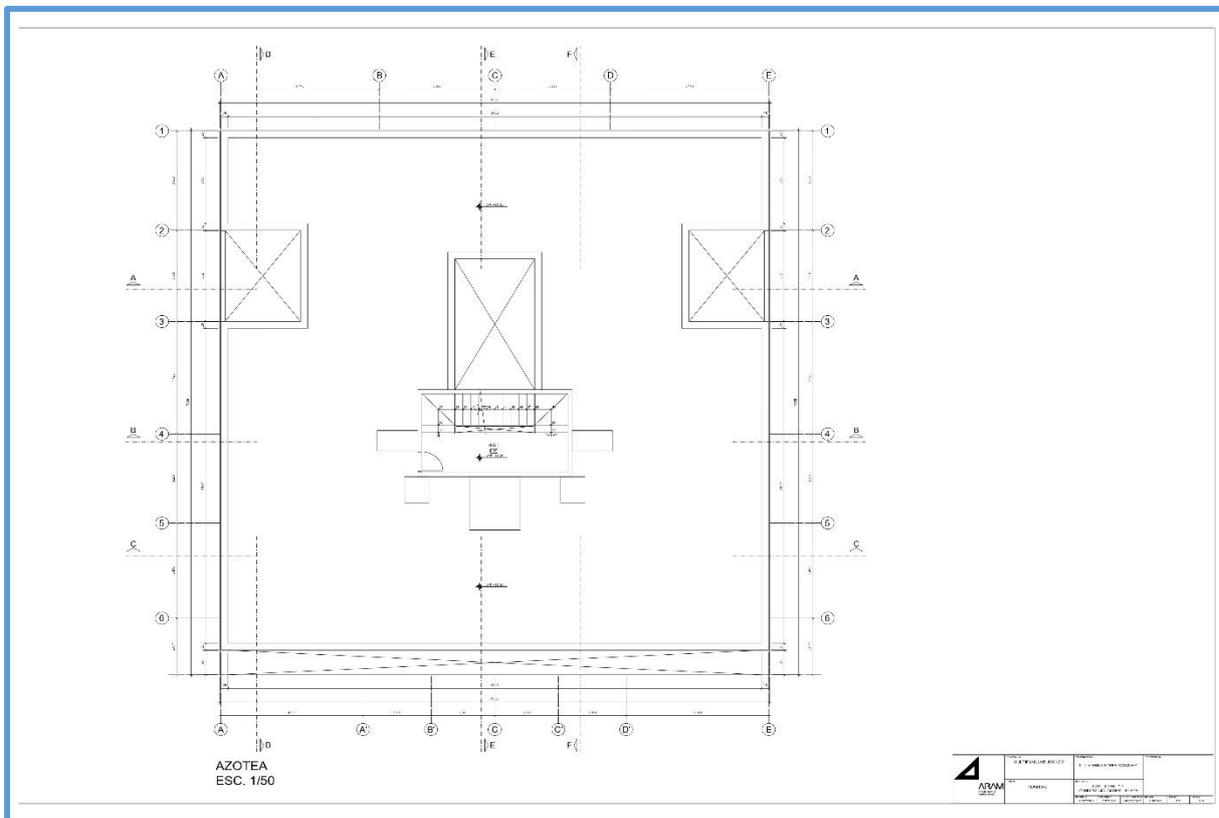
Fuente: Proporcionados por ARAM: Arquitectura y Construcción.

ANEXO 42: Planta 3° y 4° nivel de caso aplicativo 01.



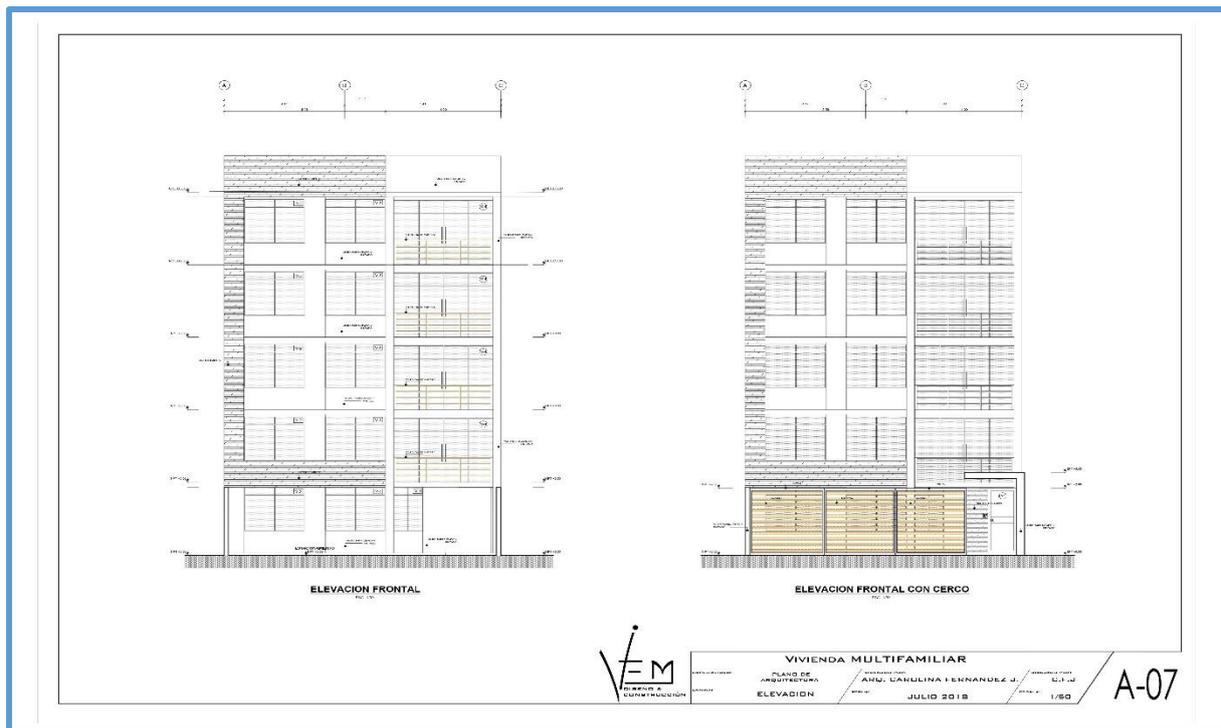
Fuente: Proporcionados por ARAM: Arquitectura y Construcción.

ANEXO 43: Planta azotea de caso aplicativo 01.



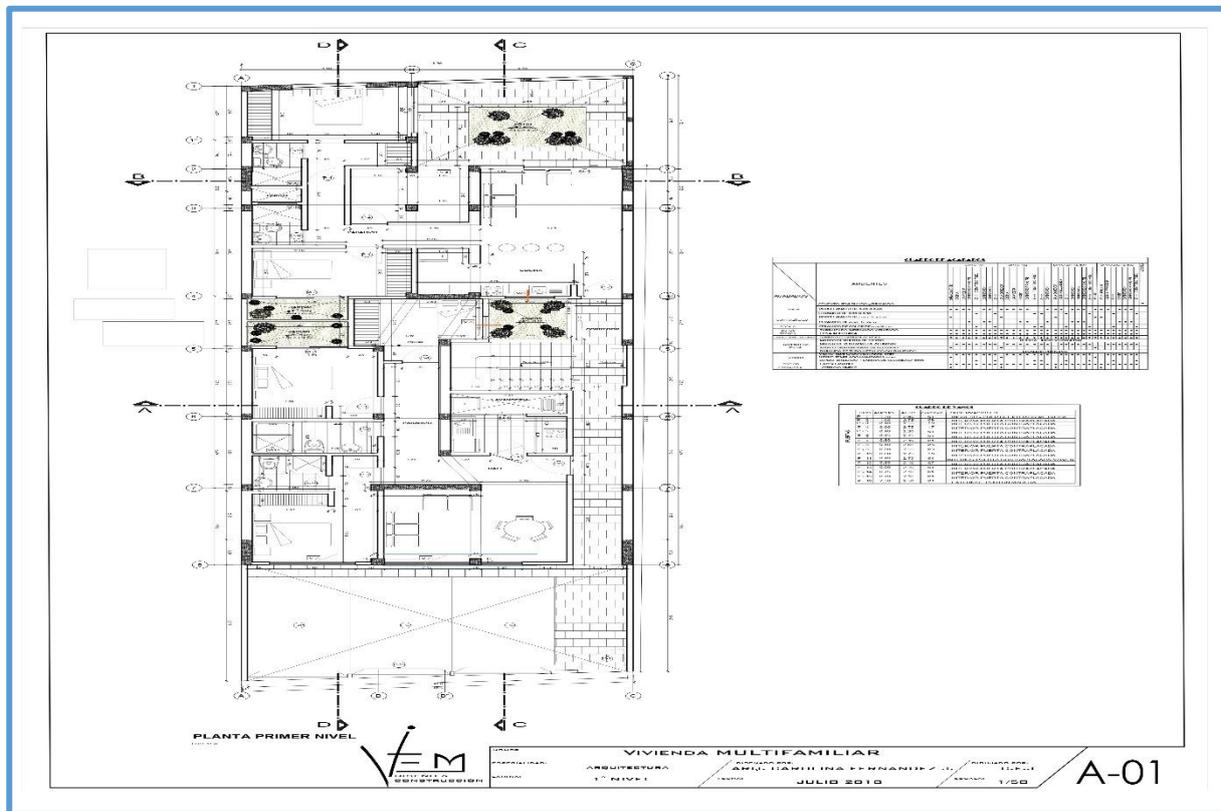
Fuente: Proporcionados por ARAM: Arquitectura y Construcción.

ANEXO 44: Elevación principal caso aplicativo 02.



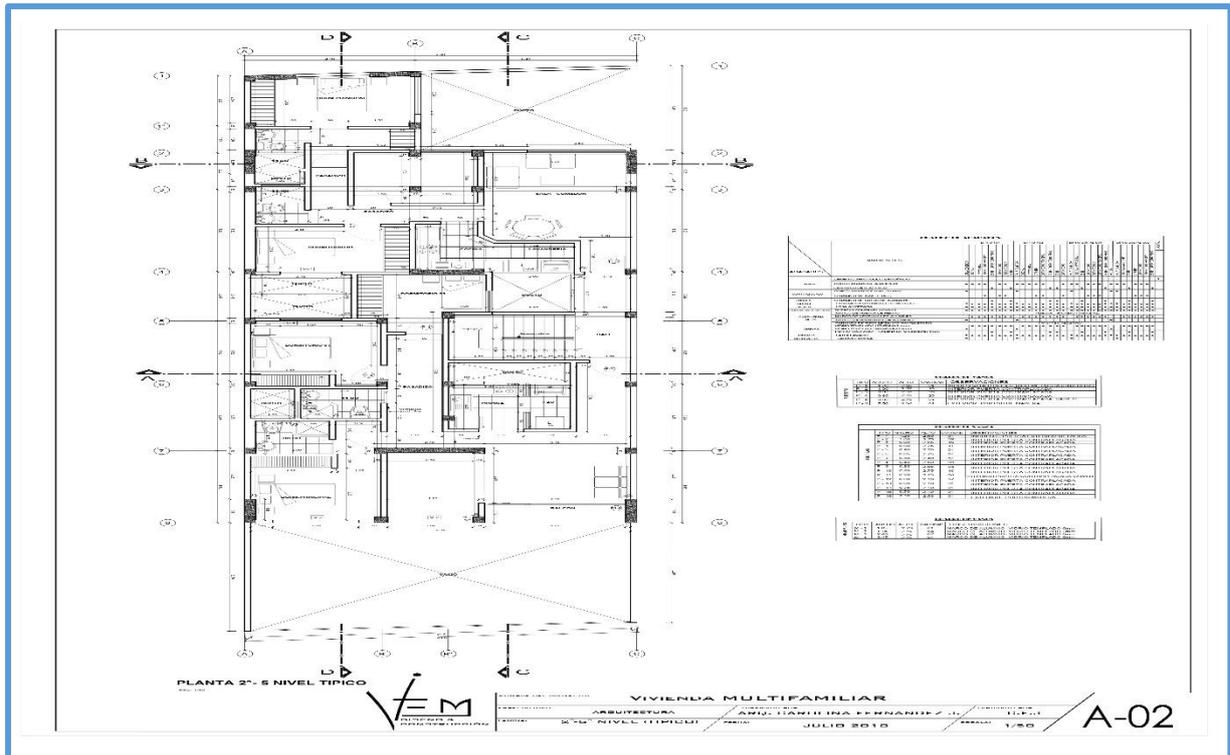
Fuente: Proporcionados por VEM: diseño y construcción.

ANEXO 45: Planta 1° nivel de caso aplicativo 02.



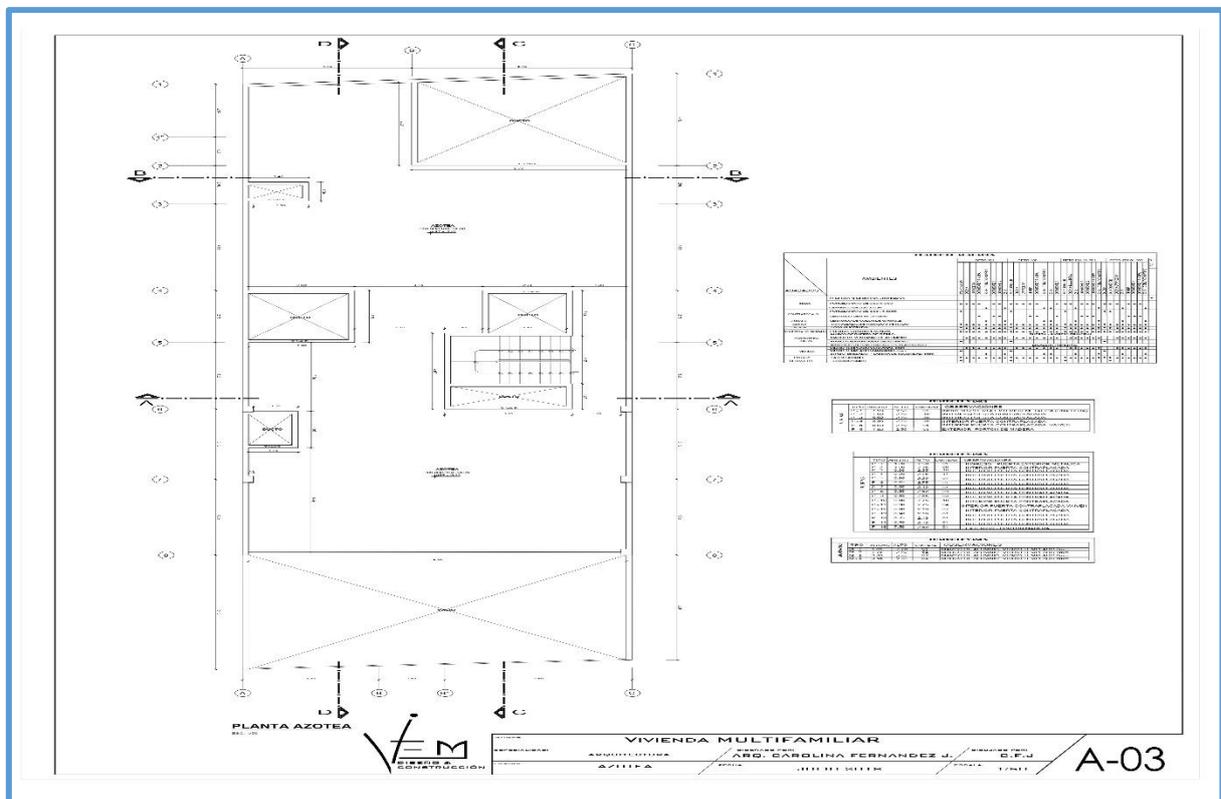
Fuente: Proporcionados por VEM: diseño y construcción.

ANEXO 46: Planta 2-5° nivel de caso aplicativo 02.



Fuente: Proporcionados por VEM: diseño y construcción.

ANEXO 47: Planta azotea de caso aplicativo 02.



Fuente: Proporcionados por VEM: diseño y construcción.