UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas

FC
Facultad de
Construcciones

Departamento de Arquitectura

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Implementación de materiales reciclados en la construcción de viviendas subsidiadas por el Estado en el municipio de Cabaiguán."

Autor: Jorge Medina López

Tutor: Ernesto Pérez Hernández

Santa Clara, Junio, 2019
Copyright©UCLV

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas

FC
Facultad de
Construcciones

Academic Departament of Architecture

DIPLOMA THESIS

Title: Implementation of recycled materials in the construction of state-subsidized housing in the municipality of Cabaiguán."

Author: Jorge Medina López

Thesis Director: Ernesto Pérez Hernández

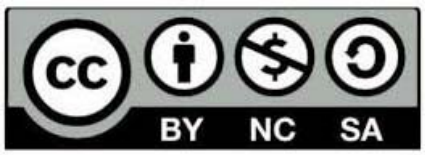
Santa Clara, June, 2019

Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

Pensamiento:

La humanidad está llamada a tomar conciencia de la necesidad de realizar cambios de estilos de vida, de producción y de consumo…

Anónimo

Dedicatoria:

A mis padres por su obra de sacrificio y apoyo en mi vida social y universitaria; a mi hermano, que sirva como ejemplo de superación y éxito profesional.

Agradecimientos:

A mi familia, autores de mi formación como persona…

A mi tutor Ernesto Pérez Hernández por su entendimiento y apoyo…

A mi claustro de profesores por su profesionalismo y dedicación…

A mis hermanos de vida universitaria…

A Miladys López Cabrera, porque me sobran los motivos…

A todos, ¡GRACIAS!

Resumen:

La industria del reciclaje es un sector emergente en el marco económico internacional que mueve toda una gama de nuevas prácticas y perspectivas dentro del mundo de la construcción con enfoques de sustentabilidad. Ante la deficiente producción de materiales que presenta el sector de la construcción para suplir el déficit del fondo habitacional de la vivienda en el municipio de Cabaiguán, la introducción de materiales alternativos, obtenidos del beneficio del reciclaje, como sustitutos de las materias primas convencionales es una solución recurrente y viable a poner en práctica, esencialmente en la construcción de viviendas mínimas adecuadas o Célula Básica Habitacional (CBH). Como objetividad dentro del asunto a tratar, en el municipio de Cabaiguán funciona una planta para el procesamiento de los residuales sólidos urbanos que la propia sociedad genera, y que consta con capacidad de producir un surtido de materias primas para la producción de materiales constructivos bioamigables sin someter la explotación de recursos naturales no renovables. El objetivo de la investigación radica promover las potencialidades que esta minindustria puede aportar a la construcción de una CBH como solución alternativa al déficit del fondo habitacional de la vivienda en el municipio de Cabaiguán.

Abstract:

The recycling industry is an emerging sector in the international economic framework that moves a range of new practices and perspectives within the world of construction with sustainability approaches. Given the deficient production of materials presented by the construction sector to supply the housing fund deficit in the municipality of Cabaiguán, the introduction of alternative materials, obtained from the benefit of recycling, as substitutes for conventional raw materials is a recurrent and viable solution to put into practice, essentially in the construction of adequate minimum housing or Habitational Basic Cell (CBH). As objectivity in the matter to be dealt with, in the municipality of Cabaiguán there is a plant for the processing of urban solid waste generated by the company itself, and which has the capacity to produce an assortment of raw materials for the production of bio-friendly construction materials without subject the exploitation of non-renewable natural resources. The objective of the research is to promote the potential that this mini-industry can contribute to the construction of a CBH as an alternative solution to the deficit of the housing fund in the municipality of Cabaiguán.

Índice

Pensamiento: II

Resumen: V

Introducción: 1

Situación Problémica: 3

Problema: 4

Hipótesis: 4

Objetivo general: 4

Objetivos específicos: 4

Alcance: 5

Procedimiento Metodológico: 7

Capítulo I. Materiales para la construcción a partir del reciclaje de desechos sólidos. 9

1.1 Definición conceptual de reciclaje. 9

1.2 Panorama internacional sobre generación de desechos sólidos. 10

1.3 Panorama nacional sobre la generación de desechos sólidos. 11

1.4 Experiencias sobre el reciclaje a nivel global. 12

1.5 La industria del reciclaje en Cuba. 12

1.5.1 Generalidades 12

1.5.2 Métodos de recolección de desechos. 13

1.5.3 Deficiencias en la industria del reciclaje. 14

1.5.4 Nueva política para el reciclaje en Cuba. Principios básicos. 15

1.5.5 Líneas de Desarrollo 17

1.5.6 Nuevas soluciones para el reciclado. 18

1.5.7 Nuevos enfoques para el desarrollo nacional. 19

1.6 Desechos útiles y reciclables empleados en la construcción. 20

1.6.1 Vidrio 20

1.6.2 Plástico 22

1.6.3 Caucho 24

1.6.4 Papel – Cartón 26

1.6.5 Aluminio. 27

1.7 Técnicas de producción de materiales reciclados a partir de desechos..... 29

1.7.1 Bloque SILSU. Bloque de Construcción de Plástico reciclado fortificado. 29

1.7.2 Ladrillos sustentables hechos con botellas de PET. 30

1.7.3 Bloque de hormigón de papelcreto. BLOX 31

1.7.4 Sistema constructivo de ladrillos de plásticos reciclados. 32

1.7.5 Desarrollo tecnológico de tejas con materiales reciclados para cubierta de viviendas. .. 33

1.7.6 Hormigones hidráulicos. 33

1.8 Definición conceptual de vivienda. 35

1.8.1 Sustentabilidad en la vivienda como obra de arquitectura. 35

1.8.2 La vivienda adecuada en Cuba. 37

1.8.3 Formas de gestión de la vivienda en Cuba. 39

1.8.4 Vivienda Subsidiada. Célula Básica Habitacional (CBH). 40

1.8.5 Política de subsidios para viviendas en Cuba. 40

1.8.6 Déficit habitacional de la vivienda en Cuba. 43

Conclusiones parciales. 45

Capítulo II. Estado del arte sobre el uso de materiales reciclados en la construcción en Cuba. Caso de estudio Cabaiguán. 48

2.1 Antecedentes nacionales de la producción de materiales reciclados para la construcción. .. 48

2.1.1 Proyecto de la basura a las viviendas. 48

2.1.2 Proyecto para la fabricación de bloques vidrio a partir de botellas trituradas. 48

2.1.3 Producciones de la empresa PROMAC en Sancti Spíritus. 49

2.2 Estado de la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) en la provincia de Sancti Spíritus. 50

2.3 Estado de la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) en el municipio de Cabaiguán.51

2.4 Municipio de Cabaiguán. Características generales. 52

2.5 Caracterización del fondo habitacional de la vivienda en Sancti Spíritus. 53

2.6 Caracterización del fondo habitacional de la vivienda en el municipio de Cabaiguán. 55

2.7 Planta de tratamiento de desechos sólidos en Cabaiguán. 56

2.7.1 Destino actual de las materias primas recicladas en la planta. 58

2.7.2 Productos constructivos de potencial fabricación dentro de la planta de reciclaje. 59

2.8 Tecnologías y materias primas utilizadas en el proyecto. 62

Conclusiones Parciales 65

Capítulo III. Análisis de los beneficios del empleo de materiales reciclados en la construcción de una CBH subsidiada por el Estado. 66

3.1 Variedad de empleo de materiales reciclados en la vivienda. 66

3.2 Cartilla Técnica Subsidios Vivienda. Proyecto de CBH propuesto. 66

3.3 Descripción de proyecto de CBH con materias primas convencionales en su construcción. 67

3.4 Descripción de proyecto de CBH con materias primas recicladas para su construcción. 69

3.5 Balance de resultados obtenidos. 70

3.5.1 Solución de CBH con muros portantes de bloques de hormigón con residuos de plástico triturado en sustitución de un 15 % del árido fino de la mezcla. 72

3.5.2 Solución de CBH con muros portantes de bloques de hormigón que sustituyen en un 100% el uso del árido fino de la mezcla por vidrio molido. 73

3.6 Análisis de la huella ecológica. 74

3.7 Pronóstico de recuperación del déficit habitacional en el municipio de Cabaiguán a través del empleo de materiales reciclados en la construcción de CBH. 77

3.8 Solución alternativa de proyecto de CBH. 77

Conclusiones generales. 81

Bibliografía 82

Recomendaciones. 88

Anexos. 1

Introducción:

La construcción, como sector económico, está en una búsqueda continua de nuevas herramientas que permitan mejorar sus procesos, con el fin de disminuir el uso de recursos, cumplir con los estándares estipulados y minimizar los impactos ambientales. La industria del reciclaje en Cuba fue creada para recuperar valores por Ernesto Che Guevara el 7 de noviembre de 1961. La Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas es la entidad estatal encargada de la recuperación, el procesamiento y la comercialización de desechos reciclables que se generan tanto en el sector residencial como en el estatal en nuestro país. Se reciclan actualmente alrededor de 430 mil toneladas de desechos cada año, de los cuales el 35% proviene del sector estatal, el 64% de las casas de compras a la población y el 1% se aporta por los cederistas y los pioneros. Si bien estos resultados aparentan el correcto funcionamiento de la industria del reciclaje nacional, lo cierto es que ocurre totalmente lo contrario, algo que se evidencia en el hecho de que existe una clara incomprensión en la importancia de otorgarle un nuevo valor agregado a los productos y promoverles nuevos usos dentro de la industria nacional, ya sea de la construcción u otra índole, puesto a que un considerable volumen de estos se destina a la exportación. Asimismo, la clasificación de productos de desechos reciclables acaece de males, debido a que se desperdician enormes cantidades de plásticos y productos de envases que no tienen algún fin productivo actual. Es de constar que, en los marcos actuales del reciclaje, nuestro país posee deudas incalculables con el poder hacer por la sustentabilidad, pensamiento que trasladado al complejo sector de la construcción no hace más que dejar claras evidencias de deficiencias. Un problema candente en el mundo se enclava en qué hacer con los desechos que la propia humanidad ha generado durante tantos años y que hoy se acumulan y representan un peligro inminente para la conservación de los ecosistemas; y qué se puede hacer en favor de resolver dichos problemas y continuar nuestra existencia sobre las bases de un “desarrollo sostenible”. Si bien, como se ha manifestado, nuestro país posee deudas con el término del reciclaje, existen evidencias de voluntad por el esfuerzo del querer

hacer y hacer, muestra de ello es la nueva planta de tratamiento de desechos sólidos que entró en funcionamiento en el municipio de Cabaiguán, destinada a darle un nuevo uso a los desperdicios que la misma ciudad genera. La obra es el resultado de un proyecto de desarrollo local con fines ecológicos, único de su tipo en Cuba. En dicha planta se asumirá no solo la clasificación de los desechos que van a parar a los vertederos locales para su entrega a la Empresa de Materias Primas —plástico, metal, papel o cartón, vidrio, etc.—, sino que en determinados casos también se procesarán y convertirán los mismos en materiales utilizables. Sobre la base de este último planteamiento está sustentada la idea de vincular estos nuevos materiales obtenidos a partir de reciclaje y procesos previos, a la construcción de la CBH a través de los subsidios otorgados por el Estado en busca de satisfacer el déficit habitacional de la vivienda sin explotar fuentes no renovables de recursos naturales.

Situación Problémica:

Según declaraciones de la Delegación Provincial de la Vivienda de Sancti Spíritus referente al informe sobre la Política de la Vivienda relacionada con la solución al déficit habitacional, en la provincia, como cumplimiento a los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021, se prevé un total de 27 316 acciones como solución al déficit habitacional en los siguientes 7 años. De estas serán obras nuevas 17 554 de las cuales el 28.3 % se ejecutará por el Estado y el 71.7 % por la población, representado por 4 974 viviendas en el primer caso y 12 580 en el segundo, que incluye 5019 Células Básicas Habitacionales (CBH). Para ello se programa que la demanda de materiales exigirá de un incremento en las producciones de la Industria Nacional, con la ampliación de las capacidades productivas en: cemento, áridos, pisos, enchapes, muebles sanitarios, mantas asfálticas para impermeables, etc. Como es evidente, dentro de la política para la sustentabilidad del fondo habitacional de la provincia, no se consta con la posibilidad y factibilidad del uso de materiales de la construcción a partir del reciclaje de desechos sólidos generados por la sociedad. Por ende, se niega la realidad de los beneficios que, para la industria de la construcción, la economía y el medio ambiente, pueda conllevar el desarrollo de la industria del aprovechamiento y reciclaje de desechos sólidos, sin someter de esta forma a la continua explotación de recursos no renovables de la naturaleza, en déficit de producción, como alternativa a la demanda de viviendas. En lo que compete a la construcción de CBH a partir del subsidio otorgado por el Estado, se añaden las múltiples determinantes que atentan contra este proceso, cabe destacar la escasez de materiales para este propósito, los elevados precios de los recursos, la calidad de la vivienda en general y la falta de iniciativas de desarrollo local para la producción de materiales de construcción competentes en los ámbitos económicos y de sustentabilidad ambiental del ecosistema, los cuales representan problemas de fácil manejo a partir de la gestión del reciclaje de desechos para la construcción.

Problema:

¿Cómo suplir la carencia de materiales de la construcción para la ejecución de Células Básicas Habitacionales (CBH) como solución al déficit de la vivienda en el municipio de Cabaiguán sin someter la explotación de fuentes de recursos no renovables de la naturaleza a través del reciclaje de desechos sólidos como materias primas para la construcción?

Hipótesis:

El empleo de materiales de la construcción a partir del reciclaje de desechos sólidos es una opción económica y ambientalmente viable para asumir la ejecución de CBH en el municipio de Cabaiguán.

Objetivo general:

Implementar el uso de materiales y materias primas alternativas a partir del reciclaje de desechos sólidos que produce la propia industria de la construcción y la sociedad en general para la ejecución de un prototipo de Célula Básica Habitacional (CBH) sostenible a partir del presupuesto otorgado por el Estado para la construcción de subsidios en el municipio de Cabaiguán, para así analizar el balance de consumo y ahorro de materiales convencionales y alternativos.

Objetivos específicos:

_ Analizar las prácticas internacionales del reciclaje como base para la obtención de materiales para la construcción.

_ Investigar sobre las potencialidades existentes en nuestro país para el empleo de materiales reciclados de la construcción para la solución del déficit habitacional de la vivienda.

_ Proponer una solución de CBH construida con el uso de materiales reciclados como opción loable para la solución del déficit habitacional de la vivienda en el municipio de Cabaiguán.

Alcance:

El objeto de estudio es la utilización de materiales reciclados en la construcción de viviendas. En consecuencia, el campo de acción, es la aplicación de materiales reciclados en búsqueda de la sustentabilidad en la construcción de una Célula Básica Habitacional (CBH) subsidiada por el Estado en el municipio de Cabaiguán.

Aportes:

_Teórico: Referencias bibliográficas sobre investigaciones concretas del tema del reciclaje de desechos sólidos y su implementación en la industria constructiva como materiales alternativos. Definiciones teóricas conceptuales sobre la sustentabilidad en la vivienda y desarrollo sostenible.

_Metodológico: Bibliografía para promover buenas prácticas en pro de la sustentabilidad en la industria constructiva.

_Práctico: Balance sobre factibilidad de empleo de materiales reciclados en un proyecto de vivienda real, que refleja índices de consumo y ahorro de materias primas convencionales y alternativas respectivamente, así como el impacto ambiental en búsqueda de la sustentabilidad en la construcción de viviendas en particular.

Estructura del trabajo:

Cuenta con introducción, tres capítulos (conclusiones parciales en el cuerpo del texto), conclusiones generales, recomendaciones, bibliografía y anexos.

_Capítulo I. Materiales para la construcción a partir del reciclaje de desechos sólidos.

_Capítulo II. Estado del arte sobre el uso de materiales reciclados en la construcción en Cuba. Caso de estudio Cabaiguán.

_Capítulo III. Análisis de los beneficios de empleo de materiales reciclados en la construcción de una Célula Básica Habitacional (CBH) subsidiada por el Estado.

Revisión bibliográfica:

Fuentes bibliográficas consultadas	Cantidad	%
Total de fuentes consultadas	108	100
Referidas en el texto	62	57.4
Distribución porcentual de las fuentes		
Según su antigüedad		
Anteriores a 1990	2	2.3
Período 1991-1999	3	3.4
Período 2000-2010	28	31.8
Posteriores a 2010	55	62.5
Según su tipo		
Libros, manuales, folletos	4	3.8
Artículos en revistas, periódicos	70	64.8
Ponencias, conferencias, discursos, informes, talleres, comisiones, eventos…	6	5.5
Trabajos de diploma, tesis de maestría, tesis de doctorado	28	25.9
Documentales, reportajes, multimedia	0	0
Según su carácter		
Nacionales	33	37.5
Internacionales	75	62.5

Procedimiento Metodológico:

Se basa en la metodología general de la investigación científica. Transita de lo general a lo particular. Se divide en tres etapas: análisis, síntesis y resultados. Los métodos empleados son inducción_deducción, la evaluación pasiva de documentos, el análisis de la realidad concreta mediante diversas consultas, y método activo de entrevistas. El método inductivo específico se emplea en el análisis de los resultados investigativos y la formulación de conclusiones y propuestas.

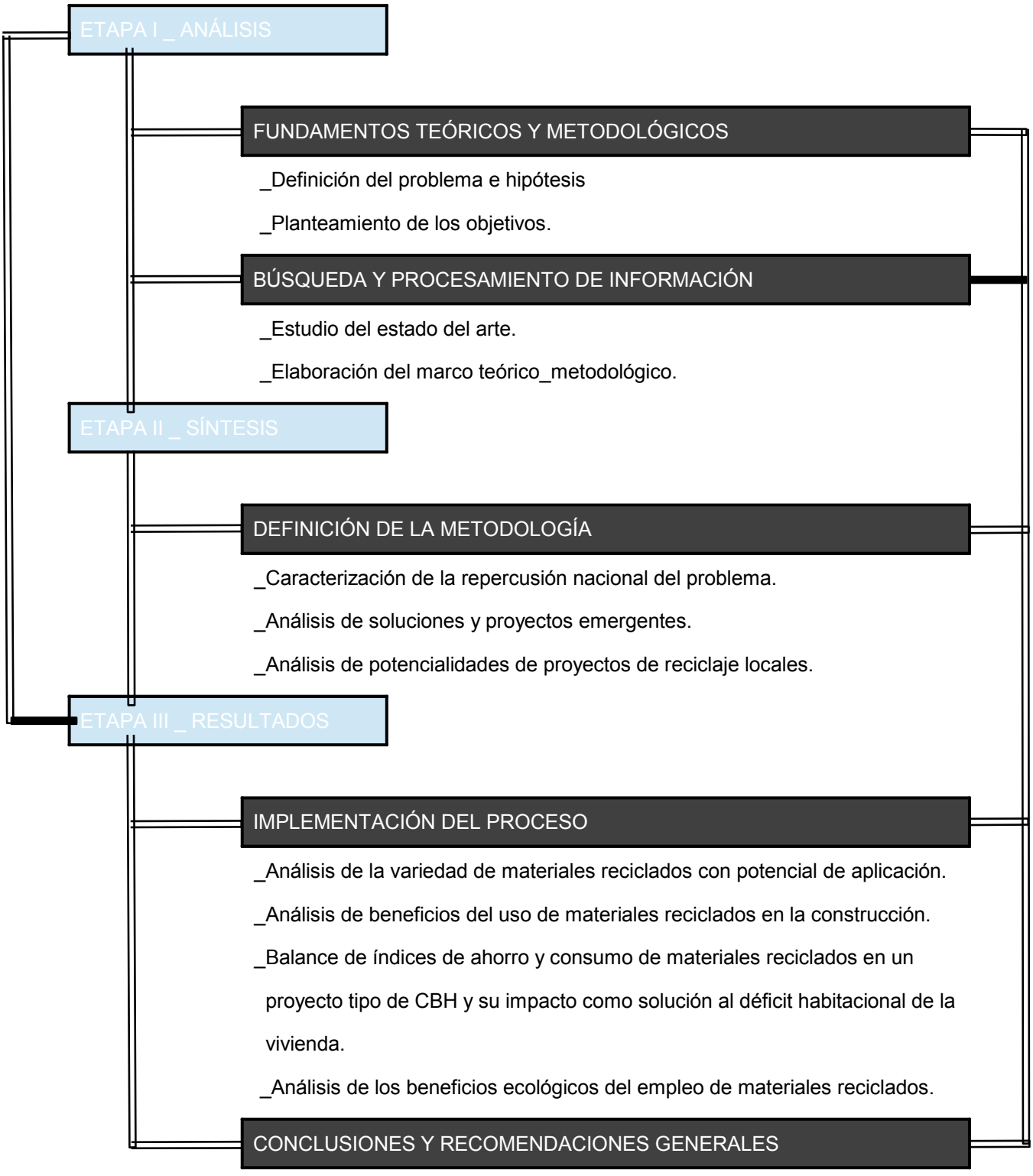
Las tres etapas del procedimiento metodológico incluyen:

_ Etapa I: Definición del problema, hipótesis y objetivos; Planteamiento metodológico del trabajo, fases, tareas y cronogramas; Establecimiento de los fundamentos teóricos y conformación del marco teórico_conceptual y metodológico; Estado del arte del reciclaje y la generación de desechos sólidos en Cuba y en el ámbito internacional; Estudio de las tecnologías constructivas a partir del reciclaje y su empleo en el hábitat humano; Análisis del problema del déficit habitacional de la vivienda en Cuba; Definición del marco conceptual de la sustentabilidad en la vivienda;

_Etapa II: Estado del arte del empleo de materiales reciclados en la industria de la construcción en Cuba; Estudio de proyectos bioamigables antecedentes; Estado de la generación de desechos sólidos en el municipio de Cabaiguán como caso de estudio; Análisis del déficit habitacional de la vivienda y producción de materiales en Cabaiguán; Análisis de beneficencia, capacidad y variedad productiva de la planta de procesamiento de desechos sólidos del municipio de Cabaiguán;

_Etapa III: Propuesta de Célula Básica Habitacional (CBH) con el empleo de materiales reciclados para suplir el déficit habitacional de la vivienda en Cabaiguán; Descripción del surtido y volúmenes de materiales; Balance de índices de ahorro y consumo de materias primas convencionales y alternativas; Análisis de la huella ecológica del empleo de materiales reciclados en una CBH; Pronóstico para la recuperación del déficit habitacional de la vivienda en Cabaiguán; Análisis de

soluciones alternativas de diseño y empleo de variedad de acabados y materiales obtenidos a partir del reciclaje.



Capítulo I. Materiales para la construcción a partir del reciclaje de desechos sólidos.

1.1 Definición conceptual de reciclaje.

En nuestros tiempos encontramos que no existe una verdadera definición de lo que el término reciclar implica. Para el público en general, reciclar es sinónimo de recolectar materiales para volverlos a usar. Sin embargo, la recolección es sólo el principio del proceso de reciclaje. Una definición bastante acertada se basa en que el reciclaje consiste en: aprovechar materiales u objetos que la sociedad de consumo ha descartado por considerarlos inútiles, es decir, darle un nuevo valor a lo descartado a fin de que pueda ser reutilizado en la fabricación o preparación de nuevos productos, que no tienen por qué parecerse ni en forma ni aplicación al producto original (Naranjo & Merchán, 2014).

Según o planteado por (Rodríguez, 2007, p. 23), se refiere al reciclaje como: el proceso o procesos mediante los cuales se extraen materiales del flujo de residuos y se reutilizan o se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelven a los materiales sus potencialidades de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos.

A través del reciclaje se pueden reincorporar a la cadena productiva recursos directos, los cuales son materias primas, y se pueden economizar recursos indirectos, que pueden ser agua y energía entre otros, además de contribuir a la descontaminación el medio ambiente. Vinculado a la presente investigación, se entiende por reciclaje de una materia prima en específico, a su reincorporación a la utilidad dentro del ciclo de vida de un nuevo producto, en el cual funge como materia prima para la fabricación propia de este, o para la preparación de uno nuevo, sin necesidad de parecerse en su uso o aplicación al producto original. En términos constructivos se refiere al reciclaje como el aprovechamiento de productos de desecho de la sociedad para su potencial uso como materia prima base para la conformación de un producto acabado nuevo, o como componente para la preparación de otro, en cuestión de poder variar a conveniencia la función inicial

para la que se dispuso en un principio la materia prima recuperada a disposición de la posibilidad de su aplicación para un fin determinado en una obra.

1.2 Panorama internacional sobre generación de desechos sólidos.

Es en la actualidad cuando la producción de residuos ha alcanzado volúmenes exuberantes a escala global, animada dentro de una sociedad consumista, lo que a su vez ha generado el incremento de su toxicidad llegando a calar en un gravísimo problema ambiental. A la vez que estamos inmersos en la cultura del usar y tirar, las reservas naturales de materias primas y las fuentes energéticas disminuyen, mientras los costes de su extracción aumentan y son motivos de graves impactos ambientales y desequilibrios sociales.

Cada ciudadano genera por término medio 1 kg de basura al día (365 kg. Por persona y año) (EROSKI, 2015). Considerable parte de estas basuras domésticas (Residuos Sólidos Urbanos, RSU) van a parar a vertederos e incineradoras. Buena porción de estos RSU, el 60% del volumen y 33% del peso de la bolsa de basura, lo constituyen envases y embalajes, normalmente fabricados a partir de materias primas no renovables, o que aun siendo renovables se están explotando a un ritmo superior al de su regeneración, y difícilmente reciclables una vez se han utilizado (EROSKI, 2015). Toda esta basura puede ser llevados a vertederos, pero ocupa mucho terreno y contamina suelos y aguas. Incinerarla es una opción recurrente pero ambientalmente muy poco loable, pues se emiten contaminantes atmosféricos y se producen cenizas y escorias muy tóxicas, a la vez que se desaprovecha una fuente de incontables recursos para la fabricación de nuevos productos resultado del reciclaje.

Actualmente disponemos de mecanismos para no generar tantos residuos y recuperar los producidos, así como para introducir procesos industriales más limpios y ecológicos. En definitiva, se trata de poner en práctica la consigna de las tres erres: reducir, reutilizar y reciclar, en este orden de importancia, como solución a la crisis ambiental actual que genera la acumulación de desechos que nuestra sociedad produce.

1.3 Panorama nacional sobre la generación de desechos sólidos.

El país no cuenta con una información actualizada a escala nacional sobre la generación de los residuos sólidos urbanos. Los últimos informes datan de 1990, período a partir del cual se produjo un cambio general desde el punto de vista económico-financiero que incidió directamente incluso, en el tipo de residuos que hasta ese momento se estaba generando. Aun así, múltiples esfuerzos se realizan hoy día para acometer de forma integrada la actualización de la caracterización de los RSU generados en las ciudades. De acuerdo con estudios de caracterización realizados en diferentes localidades del país (Ver Anexo No.1), los RSU están constituidos por un conjunto de materiales heterogéneos, es por ello que se plantea la necesidad de agrupar sus distintos componentes en categorías de cierta homogeneidad para valorar selectivamente cada uno de los tipos de residuos. La cantidad de basura generada hasta 1989, se estimó en 0,5 kg/hab. (OPS-OMS, 1997), sin embargo, la producción ha cambiado en los últimos años, por la variación en los materiales de embalaje y otros cambios en el estilo de vida, lo que ha provocado un aumento en la generación de residuos tales como los plásticos y los metales no ferrosos como el aluminio, no cuantificados con anterioridad. En la primera mitad de la década de los noventa se reportó un cambio en la tendencia de generación de residuos sólidos, respaldada por la situación de período especial que atravesaba el país. Los estudios realizados por la Dirección de Comunales con posterioridad en el año 2000, han revelado el restablecimiento de la tendencia de generación y alertado sobre la crítica situación ocasionada por su producción. El incremento paulatino en la generación de RSU reportada en los últimos años, sitúa a Cuba junto a países desarrollados como España, Austria, Francia, Dinamarca, Alemania y Estados Unidos, lo que, a su vez, es tomado como un índice del nivel de vida en un país. La tendencia en el incremento de la generación de residuos es comparable con el crecimiento de los diferentes renglones reportados. Se destaca en todo este análisis el elevado porcentaje de materia orgánica presente (por encima del 50 %), por lo que resulta importante su consideración.

1.4 Experiencias sobre el reciclaje a nivel global.

Reciclar ha demostrado ser un proceso simple que puede ayudar a resolver muchos de los problemas creados por la forma de vida moderna. El impacto del reciclaje es muy profundo, las prácticas internacionales sobre el asunto arrojan resultados alentadores sobre la conservación de nuestros recursos y la sustentabilidad del desarrollo de la humanidad sin necesidad de sacrificar la calidad de vida de las futuras generaciones, reciclar es una opción viable, si reciclamos ahorramos energía, evitamos el acelerado cambio climático, consumimos menos materias primas no renovables, fabricamos nuevos productos, creamos nuevos puestos de trabajo y preservamos el medio ambiente. (Ver Anexo 2)

1.5 La industria del reciclaje en Cuba.

1.5.1 Generalidades

La industria del reciclaje en Cuba fue creada para recuperar valores por el Comandante Ernesto Che Guevara el 7 de noviembre de 1961, en aras de sustituir importaciones de materias primas imprescindibles para la economía del país (Romero, 2012).

La Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas es la entidad estatal encargada de la recuperación, el procesamiento y la comercialización de desechos reciclables que se generan tanto en el sector residencial como en el estatal (en las esferas productivas, comerciales y de prestación de servicios). Para cumplir este encargo cuenta con más de 7 mil trabajadores organizados en 25 empresas, con representación en todas las provincias y municipios. Recientemente se han incorporado a la actividad recuperadores de desechos reciclables por cuenta propia, que ascienden hoy a más de 5 mil 700.

En la actualidad, se reciclan alrededor de 430 mil toneladas de desechos cada año, de los cuales el 35% proviene del sector estatal, el 64% de las casas de compras a la población y el 1% se aporta por los cederistas y los pioneros.

Dentro de los productos que se reciclan se encuentran más de 300 000 ton anuales de chatarra ferrosa, cuyo destino son las acerías, para la producción de acero

líquido y sus derivados. El precio de esta materia prima en el mercado internacional es de 400 USD/ton, lo que significa que este suministro sustituye importaciones ascendentes a 120 millones de USD anuales.

También comercializan chatarras no ferrosas como cobre, bronce, acero inoxidable, plomo, aluminio, tanto a industrias nacionales como para la exportación, concepto por el cual se ingresan anualmente más de 50 millones de dólares.

Desechos no metálicos como el papel y el cartón se suministran a las papeleras y otras industrias para la producción de libretas escolares, papel sanitario, bandejas de huevo, tejas para viviendas, entre otros. El costo de una ton de este producto está en el orden de los 200 USD en el mercado internacional. El reciclaje de 37 mil Ton de este producto representa más de 7 millones de dólares de ahorro.

De forma similar ocurre con los envases textiles, imprescindibles para el programa alimentario, los envases de cristal que ascienden anualmente a más de 75 millones de unidades en sus diferentes surtidos.

Aplicando los precios del mercado internacional de los desechos reciclados, la combinación de la sustitución de importaciones y/o la exportación de los mismos, representan más de 200 millones de dólares de ahorro o ingreso a la economía del país, a lo que debe sumarse el favorable efecto medioambiental al disminuir la emisión de desechos contaminantes.

Estos desechos constituyen materias primas para la fabricación de productos con mayor valor agregado, lo que aumenta el beneficio económico anteriormente calculado.

1.5.2 Métodos de recolección de desechos.

Las vías que se utilizan para la recuperación de desechos reciclables en el país son:

_ Las relaciones contractuales de compra con las entidades estatales, en virtud de la Ley 1288 de 1975, que obliga a todas aquellas personas jurídicas que generan

desechos en sus procesos productivos o de prestación de servicios, que no vayan a ser reutilizados por ellos mismos, entregarlos al reciclaje.

_ Las casas de compras de materias primas a la población, que conforman una red de 312 establecimientos diseminados por todos los municipios del país y que reciben anualmente más de un millón de vendedores.

_ El Movimiento Pioneril Recuperadores del Futuro, que implica a las nuevas generaciones en la importancia económica y medioambiental de esta actividad.

_ Los mini festivales de recogida de materias primas a través de los CDR en fechas señaladas y organizados previamente de conjunto con esta organización.

1.5.3 Deficiencias en la industria del reciclaje.

Hoy se reciclan en el país aproximadamente el 35% del total de desechos que se generan, y pueden reutilizarse incalculables reservas con las que aún contamos para desarrollar esta actividad y aportar mucho más a la economía, y que actualmente son desperdiciadas por la existencia de deficiencias notables en los procesos para el reciclaje, pues llegan aun diariamente a los vertederos materias primas que se podrían aprovechar. Entre ellas se encuentran:

1. Inexistencia de una Política de Reciclaje y basamento legal desactualizado. Incumplimiento de la Ley 1288 por las entidades estatales.
2. Inexistencia de estadística confiable de los desechos reciclables que se generan.
3. Lentos procesos de aprobación de bajas técnicas de equipos en desuso.
4. Insuficiente número de casas de compras a la población e inestabilidad en su servicio.
5. El esquema financiero existente no garantiza oportunamente los aseguramientos.
6. Baja disponibilidad técnica del equipamiento propio para el reciclaje.
7. Infraestructura no apta para la clasificación en origen, de los desechos reciclables.
8. Insuficiente logística para enfrentar la dispersión de las fuentes generadoras.

9. Inexistencia de política de precios acordes a los del mercado internacional, diversidad de normas jurídicas para su fijación y aplicación de precios no estimulantes. No uniformidad de precios de compra de algunos productos para la población y el sector estatal.
10. La exportación de productos semielaborados sustenta financieramente el reciclaje, lo que desestimula la fabricación de productos terminados con mayor valor agregado.
11. Insuficiente reciclaje de envases y embalajes.
12. Falta de interés y prioridad al reciclaje por entidades estatales y por la población en general.

Estos problemas fueron analizados en la reunión del Consejo de Ministros, aprobándose la Política de Reciclaje para la implementación del Lineamiento 235 de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución: "Promover la intensificación del reciclaje y el aumento del valor agregado de los productos recuperados, priorizando actividades de mayor impacto económico con menos recursos y su recapitalización, según las posibilidades de la economía."

1.5.4 Nueva política para el reciclaje en Cuba. Principios básicos.

La política aprobada va dirigida a maximizar en la industria nacional la utilización de los desechos reciclables, exportando aquellos que tecnológicamente no sea posible su uso en el país y se sostiene en 6 elementos fundamentales:

1ro. Concentrar la actividad Estatal de Reciclaje en las grandes fuentes generadoras de materias primas y el procesamiento industrial. Implementar nuevos modelos de gestión, para la recuperación a las pequeñas y medianas fuentes generadoras (Arrendamiento de casas de compras y triciclos automotores a recuperadores de materias primas por cuenta propia y creación de Cooperativas de Reciclaje).

2do. Aplicación de un esquema cerrado de financiamiento para la actividad de reciclaje, que permite utilizar 0.32 centavos por cada CUC que se ingrese por

concepto de exportaciones. Esto permite contar oportunamente con los recursos financieros para la compra de insumos necesarios para desarrollar esta industria.

3ro. Establecimiento de una política de precios que permita aplicar precios estimulantes para la compra de los desechos reciclables tanto al sector estatal como a la población y equiparar los precios de venta de estas materias primas a los del mercado internacional.

4to. El análisis e implementación de una nueva Ley de Reciclaje que entre otros aspectos establezca la responsabilidad tanto de las personas naturales como jurídicas ante el reciclaje y defina penalizaciones ante incumplimientos de la misma.

5to. Introducción de la importancia del reciclaje en los programas educativos de todos los niveles de enseñanza como vía para incrementar la cultura del reciclaje en las nuevas generaciones, así como la utilización de los medios de difusión masiva para orientar a la población en general sobre este tema.

6to. Definición de la estrategia de desarrollo y un programa inversionista a corto, mediano y largo plazo, que fortalezca la industria del reciclaje.

Los principios de la concepción de desarrollo en el sector del Reciclaje, se resumen en los siguientes procesos:

- Clasificación Selectiva en origen.
- Compactación en origen según producto, reducción de volumen de trasportación.
- Proyectos de organización de los ciclos de recogida. Grandes y medianas fuentes.
- La transportación en equipos especializados de volteo y compactadores con mayores capacidades de carga y un incremento sostenido de la participación del transporte por ferrocarril.
- Incremento del procesamiento de los residuos sólidos urbanos (RSU).

- Estudios permanentes de la circulación y potenciales de generación de los productos reciclables en el país por territorios, que permitan adecuar las tecnologías y su organización a las tendencias que estos análisis determinen.
- Aplicación de nuevas tecnologías que permitan un proceso sostenible de la industrialización del procesamiento.

1.5.5 Líneas de Desarrollo

Las nuevas líneas de desarrollo van dirigidas a potenciar la introducción tecnologías para la recuperación de productos reciclables que permitan la clasificación a partir del mismo momento en que se generan; la modernización de las tecnologías mediante inversiones para los productos que hoy se reciclan, incrementado los volúmenes de recuperación que superen los alcanzados, el valor agregado y cumplan con las especificaciones exigidas tanto por la industria nacional como para la exportación. Nos referimos a:

Productos metálicos:

_Desmantelamiento Industrial y de embarcaciones.

_Modernización, reposición y reparación capital del trasporte especializado.

_Modernización, reposición y reparación capital de equipos de izaje y manipulación.

_Modernización, reposición y reparación capital de equipos de prensado.

_Introducción de nuevas tecnologías de corte, fragmentación y superación magnética.

_Completamiento y modernización de la recuperación de plata.

Productos No metálicos:

_Modernización y nuevas líneas de procesamiento de plásticos que procesen todos los tipos de este producto que circulan llegando hasta el peletizado.

_Incrementar las capacidades de recuperación y procesamiento de papel y cartón.

_Incrementar las capacidades de recuperación y procesamiento de vidrio.

_Incrementar la reutilización y reciclaje de los envases de cristal. Modernización de las tecnologías de lavado, incrementando su recuperación.

_Potenciar e incrementar la reutilización de las botellas y su aceptación por las tecnologías de productores.

_Potenciar y completar el equipamiento especializado para el reciclaje en los polos turísticos y de desarrollo del país.

_Estudiar la incorporación de nuevas tecnologías para los productos que hoy no se reciclan priorizando aquellos de mayor impacto económico y medio ambiental. Nos referimos a:

. Recuperación y procesamiento de neumáticos fuera de uso (NFU).

. Recuperación y procesamiento de chatarra electrónica.

_Estudiar para proponer y realizar los estudios de viabilidad de los siguientes productos:

- ✓ Residuales líquidos y sólidos orgánicos e inorgánicos que provienen de las industrias.
- ✓ Regeneración de residuales gaseosos.
- ✓ Residuales de la construcción, ya iniciados con el desmantelamiento industrial.
- ✓ Madera y aserrín.
- ✓ Envases especiales de cartón con recubrimientos metálicos y plásticos.
- ✓ Otros metales.

1.5.6 Nuevas soluciones para el reciclado.

Si bien es real que el mayor volumen de materia prima reciclada se dispone para la exportación en el mercado internacional, haciéndose esta actividad de un importante rublo económico para el país, han surgido iniciativas propias para el

procesamiento de los desechos recuperados para otorgarles un mayor valor agregado al producto que se comercialice. En materia de este asunto en el año 2013 Cuba adquirió una nueva planta de plásticos ubicada en la provincia de Cienfuegos que permite recuperar algunos tipos de plásticos que hasta esos momentos eran imposible de reciclar con los niveles de calidad requeridos para su exportación. Además, los residuos plásticos han comenzado a ser procesados por una Cooperativa no Agropecuaria en el Municipio de Fomento, Provincia de Sancti Spíritus, que se dedica a la producción y comercialización de elementos plásticos para el consumo nacional. Esta mini industria emplea a 10 trabajadores y se dedica a la producción de mangueras, tuberías eléctricas y sanitarias, aditamentos para el riego agrícola entre otras producciones. Esta pequeña empresa obtiene beneficios anuales ascendentes a 2 millones de pesos (CUP) y aporta al presupuesto estatal medio millón de pesos, a la vez que recicla más de 20 toneladas de plástico mensualmente.

A diferencia de otras dos Cooperativas de Recuperación de Materias Primas, constituidas por el Estado en Artemisa y San José de Las Lajas, que se dedican a la compra de desechos tanto al sector estatal como a la población a precios oferta/demanda; la cooperativa de productos plásticos de Fomento no puede comprar directamente a la población. Dentro de los productos que se reciclan se encuentran más de 300 mil toneladas anuales de chatarra ferrosa, cuyo destino son las acerías, para la producción de cabillas, acero líquido y sus derivados. También comercializan chatarras no ferrosas como cobre, bronce, acero inoxidable, plomo, aluminio, tanto a industrias nacionales como para la exportación, siendo esta segunda opción la más generalizada.

1.5.7 Nuevos enfoques para el desarrollo nacional.

Nuestro país en materia de reciclaje dispone de opciones que permiten el aprovechamiento de los mismos residuos que la sociedad y las industrias generan, si bien son realmente escasos, desechos no metálicos como el papel y el cartón se suministran a las papeleras y otras industrias para la producción de libretas escolares, papel sanitario, bandejas de huevo, tejas para viviendas, entre otros; de forma similar ocurre con los envases textiles y los envases de cristal que ascienden

anualmente a más de 75 millones de unidades en sus diferentes surtidos. La lamentable realidad es que el mayor volumen de las materias primas recicladas se destina a la exportación, productos como: chatarra de aluminio, cobre, plomo, raw aluminio, lingotes de acero inoxidable y residuos del desecho conforman los principales exportables a países desarrollados en los que España ocupa el primer mercado. Un nuevo enfoque para el desarrollo nacional radica en la necesidad del aprovechamiento interno de estas materias primas, considerando que estamos desechando la posibilidad del desarrollo de la industria nacional en favor de darle valor agregado a estos productos para el consumo dentro de nuestra sociedad y dejar de someter nuestras canteras y recursos a una indiscriminada explotación. Nuestra política de desarrollo debe contemplar la inversión en industrias nacionales y en la promoción del auto emprendimiento del sector privado en busca de soluciones para procesamiento de materias primas recicladas en favor de la producción nacional de productos finalizados para la construcción u otras ramas económicas, productos que una vez incorporados al mercado serían factiblemente exportables como producto terminado y no como materias primas exportables para la fabricación de estos.

1.6 Desechos útiles y reciclables empleados en la construcción.

1.6.1 Vidrio

1.6.1.1 Experiencias en el reciclaje de vidrios.

El vidrio es un material que puede reciclarse una cantidad indefinida de veces rindiendo un 100% de su aprovechamiento. Si contamos con que la materia prima usada para su fabricación se extrae directamente de canteras, actividad que supone un enorme gasto en energías y agua; coincidimos que, ante la opción de extraer minerales, procesarlos, transformarlos en vidrio y acabar desechándolo en vertederos, existe la opción del reciclaje. El proceso requiere de mucha menos energía (un 25% menos, reduciendo también la emisión de CO2 a la atmósfera), supone menos contaminación del aire (20% menos) y se reduce el consumo de agua (un 40%) (Aparicio, 2017). Con cada tonelada de fragmentos de vidrio limpio, se obtiene otra tonelada de vidrio nuevo, se evita que 315 kilogramos de dióxido de

carbono se liberen a la atmósfera durante su fabricación y se ahorran 130 kilos de combustible y 1.200 de materia prima (Aparicio, 2017), o sea, se deja de utilizar 1,2 toneladas de materia prima virgen. En términos de aceite combustible y electricidad, sólo en la fabricación, por cada 10% de vidrio molido en la mezcla, se economiza un 2,5% de la energía necesaria para la fusión en los altos hornos (Rodríguez, 2007). También genera menos residuos, lo que conlleva a una menor acumulación en los vertederos y, además, se pone en marcha una industria eficiente y útil.

1.6.1.2 Mercado del reciclaje y la re-utilización de vidrios.

El mercado actual más popular que tiene la industria del reciclado y reutilización de vidrios, es la venta de los productos de vidrio quebrados en forma de casco (cada uno de los pedazos de vasija o vaso que se rompe) directamente a las fábricas, las que se encargan de su procesamiento para la producción de tres vertientes sustancialmente diferentes en la industria:

_ vidrio recuperado para materia prima de la empresa productora de envases de vidrio.

_ botellas y envases con posibilidad de re-utilización.

_ vidrio plano.

1.6.1.3 Uso del vidrio molido en la construcción.

El uso de vidrio molido en los proyectos de construcción está ganando popularidad. A continuación, se muestran algunas maneras de utilizar vidrio molido en los proyectos de construcción:

_ Sustitución de vidrio molido por arena en la voladura de piezas de vehículos, acero inoxidable, madera, fibra de vidrio y plásticos. Tradicionalmente, el chorro de arena es un método de eliminación de óxido, pintura y otros contaminantes. La sustitución de la arena por un vidrio finamente picado funciona igual de bien.

_ Uso vidrio triturado como una base para la construcción de vías. El vidrio se compacta tan bien como la arena y forma una fuerte base para la vía.

_ Mezcla de vidrio triturado con asfalto para producir superficies de vías de alta duración. El vidrio triturado añade fuerza a la mezcla del asfalto y reduce los costos de construcción de vías.

_ Filtración del agua de desperdicio a través de vidrio molido en lugar de tierra granulada. Éste permite que el agua pase mientras atrapa contaminantes sólidos. Es un agente de filtrado superior para este propósito.

_ Agregar vidrio molido al concreto como reemplazo del árido fino. El vidrio molido es más ligero que la arena o la grava, así que el concreto pesa menos por m2 sin perder su fuerza.

_ Llenado del exterior de las tuberías de las alcantarillas, de agua u otras con vidrio molido. Éste llena los espacios alrededor de los tubos, brindándoles soporte y protegiéndolos del daño. Se compacta de forma menos densa que la arena o la tierra y brinda igual o mejor protección a los tubos.

_ Construcción de elementos de carpintería, baldosas y, además, puede servir como aislante térmico y acústico.

1.6.2 Plástico

1.6.2.1 Reciclaje de Plásticos

El desarrollo de tecnologías para el reciclado de plásticos inició a principios de 1970, debido al aumento en los costos del petróleo y el desabasto de materias primas. El reciclaje de plásticos puede realizarse por tres métodos. El reciclaje físico o mecánico, en el que según (Barrera, et al., 2015) contempla la preselección o separación de los residuos seguida de una molienda, lavado y paletizado en el que las escamas resultantes se pueden destinar en forma directa en la fabricación de productos por inyección o extrusión. El reciclaje químico o terciario, que según (Pilati & Toselli, 2002) consiste en la despolimerización del plástico mediante reacciones químicas para separar los componentes básicos de la resina, los cuales se emplearán para la síntesis de nueva materia prima virgen. Y por último el reciclaje energético o cuaternario, en el que según los expuesto por (Goodship, 2007)

consiste la combustión de la mayor parte del volumen de los residuos transformando los desechos en gases, cenizas y escorias.

1.6.2.2 Politereftalato de etileno (PET).

El PET se considera un termoplásticode alta calidad que se identifica con el número uno o las siglas PET o PETE, rodeado por tres fechas en el fondo de los envases según el sistema de identificación de la SPI (Sociedad de Industrias de Plástico, por sus siglas en inglés). Descubierto en 1941 por John Rex Whilfield y James Tennant Dickson; aparece en el mercado hasta 1965, cuando Nathaniel Wyeth de la empresa DuPont, fabrica envases destinados a bebidas carbonatadas (Barrera, et al., 2015). En la actualidad su uso sigue generalizado para la fabricación de envases para bebidas y productos alimenticios, y constituye un producto en constante crecimiento de su producción.

1.6.2.3 Reciclaje de PET y sus ventajas ambientales.

Desde el punto de vista ambiental y en comparación con otros plásticos, el PET (politereftalato de etileno) generalizado para la producción de envases y bolsas, es el que presenta las mayores aptitudes para el reciclado, ya que a pesar de que en la fabricación se consume gran cantidad de energía, su incineración produce mucho calor o electricidad, además de la sencillez de procedimientos y las relativamente bajas temperaturas a las cuales debe someterse para ser transformado en nuevos productos, también reciclables.

El proceso de reciclado del PET consiste tradicionalmente en transformar las botellas usadas en monómeros o fibras, a través de métodos físicos, químicos o térmicos. Durante el reciclaje, se puede presentar turbidez o degradación térmica del PET, la cual se evita empleando aditivos, sobre todo, estabilizadores al calor de tipo fosfto y fosfto/fenólico.

1.6.2.4 Uso de residuos de PET como refuerzo en concretos.

En la última década se han realizado investigaciones sobre concreto reforzado con fibras y partículas de polímeros como polipropileno, poliestireno, PET y polietileno; obteniéndose resultados muy satisfactorios. En una investigación realizada se agregaron fibras de PET al concreto, el cual fue evaluado entre los 7 y 164 días; se

encontró que la dureza disminuyó con el tiempo, debido a la degradación de las fibras de PET por hidrólisis alcalina cuando éstas se encuentran inmersas en la matriz del cemento (Silva, et al., 2005). También se han agregado fibras de PET provenientes de botellas al concreto, los resultados muestran que la adición de pequeñas cantidades aumenta la resistencia y retardan el agrietamiento, esto debido a la geometría que poseen las fibras que ayuda a la unión del concreto en las secciones fisuradas (Foti, 2011).

1.6.2.5 Uso de residuos de PET como sustituto de árido fino en el concreto.

Existen numerosas investigaciones relacionadas con el reciclaje del PET y su posterior reutilización como agregado en materiales de construcción. En una investigación se añadió al concreto PET de envases plásticos (como sustituto parcial o total de la arena); el PET granulado a diferentes tamaños de partícula fue agregado en porcentajes del 2 al 100% en sustitución de la arena. Los resultados muestran que el reemplazo por PET de 5 mm en porcentajes menores al 50% en volumen, no afectan la resistencia a la compresión ni a la flexión. La relación entre las propiedades mecánicas y la microestructura del concreto se estableció mediante análisis por microscopía electrónica de barrido (Marzouk, et al., 2007). Bajo el mismo criterio se usó RPET de botellas en concreto en sustitución de arena, encontrándose que a los 28 días de fraguado la resistencia decrece en 5%, 15% y 30% con un incremento en el contenido del plástico post-consumo del 25%, 50% y 75% respectivamente; en este sentido la eficiencia estructural del concreto que contenía 25% de RPET fue mayor que la del concreto control para una relación agua/cemento del 0.49 (Yun Wang, et al., 2009).

Posteriormente en otro estudio, se añadió RPET en sustitución de agregado en el concreto, encontrándose disminución del 50% en la densidad y disminución de la resistencia a la compresión a 28 días conforme aumenta la cantidad de agregado, esto debido a la degradación del PET dentro de la matriz (Wang-Choi, et al., 2005).

1.6.3 Caucho

Caucho o Hule, es una sustancia natural o sintética que se caracteriza por su elasticidad, repelente al agua y resistencia eléctrica. El caucho natural se

obtiene de un líquido lechoso de color blanco llamado látex, que se encuentra en numerosas plantas. El caucho sintético se prepara a partir de hidrocarburos insaturados. (Brusil, 2015)

1.6.3.1 Necesidad del reciclaje de caucho.

El proceso de descomposición del caucho es muy lento y por su elevada elasticidad impide su compactación, la eliminación después de su vida útil de productos de caucho como los neumáticos, las mangueras y otros productos tubulares ocasiona un problema ambiental. En efecto, no pueden ser enterrados en un vertedero controlado porque sus zonas huecas atrapan aire y hacen que el producto emerja a la superficie al cabo de cierto tiempo. La trituración de estos productos resuelve este problema, pero requiere equipos especiales y resulta muy costosa. Los procesos de producción de caucho generan desechos que pueden ser reciclados para otros fines dentro de la misma industria, pero una vez que el caucho está vulcanizado, ya no puede ser reciclado y todos los desechos del proceso de vulcanización y de acabado se convierten en material residual. La incineración de residuos de caucho puede ser una solución al problema, pues en teoría, el caucho al quemarse genera un vapor que puede ser utilizado dentro de la misma fábrica para producir energía, sin embargo se expulsarían gases tóxicos y dañinos para la salud a la atmósfera, por lo que para evitarlos se haría necesario su depuración dentro de la fábrica, llegando a la conclusión que la cantidad de vapor necesario para el proceso en su totalidad sería mayor que el que sería capaz de generar la combustión del caucho, por lo tanto, un proceso ineficiente. De esta forma el reciclaje del caucho es la solución a la enorme cantidad de neumáticos que se usan en el mundo.

1.6.3.2 Uso de caucho reciclado en la construcción.

Existen industrias especializadas en el reciclaje de caucho, como por ejemplo aquellas que fabrican pavimentos anti-caídas de caucho reciclado. Estas empresas de reciclaje separan los elementos que componen el neumático: el caucho vulcanizado, el acero y las fibras.

Otras industrias aprovechan el caucho reciclado para asfaltar carreteras. El procedimiento consiste en reducir a polvo el caucho hasta llegar al milímetro de

espesor. A este polvo se le añade betún, en el momento previo al asfaltado y con el resultado se aplican dos capas a la rodadura de las carreteras. Según estas empresas se obtiene, como resultado, calzadas con mayor adherencia, más silenciosas y con mayor capacidad para evacuar y filtrar el agua.

Los céspedes artificiales, los pavimentos deportivos, las pistas de atletismo y el aislamiento acústico, son algunos usos que se han dado al caucho reciclado. (Brusil, 2015)

1.6.4 Papel – Cartón

El papel es un producto elaborado con fibras vegetales de celulosa, formando láminas muy finas. La mayoría de estos productos tienen una vida útil muy corta, y una vez usados se convierten en basura. En nuestra bolsa de basura el papel y cartón suponen aproximadamente un 20% en el peso y un 55% en el volumen (EROSKI, 2015, p. 16).

1.6.4.1 Reciclaje de papel

El reciclaje de papel es el proceso de recuperación de papel ya utilizado para transformarlo en nuevos productos de papel. Existen tres categorías de papel que pueden utilizarse como materia prima para papel reciclado: molido, desechos de pre-consumo y desecho de post-consumo. El papel molido son recortes y trozos provenientes de la manufactura del papel, y se reciclan internamente en una fábrica de papel. Los desechos pre-consumo son materiales que ya han pasado por la fábrica de papel, y que han sido rechazados antes de estar preparados para el consumo. Los desechos post-consumo son materiales de papel ya utilizados que el consumidor rechaza, tales como viejas revistas o periódicos, material de oficina, guías telefónicas, etc. El papel que se considera adecuado para el reciclaje es denominado "desecho de papel".

1.6.4.2 Importancia del reciclaje de papel - cartón.

El reciclaje del papel reduce el impacto que la industria del papel supone para el medio ambiente, tanto con las actividades previas (donde se adquieren y procesan las materias primas), como en las posteriores (impacto de eliminación de residuos).

Actualmente, el 90% de la pasta de papel está fabricada con madera. La producción de papel representa aproximadamente un 35% de árboles talados, suponiendo el 1,2% del volumen de producción mundial total (Nations, 2004). Reciclar una tonelada de papel de periódico ahorra aproximadamente una tonelada de madera, mientras que reciclando una tonelada de papel impreso o de copias se ahorra algo más de dos toneladas de madera. Esto se debe a que la fabricación de pasta requiere el doble de madera para retirar la lignina y producir fibras de mayor calidad que con los procesos mecánicos de fabricación. Se estima que reciclar la mitad del papel mundial evitaría la tala de 20 millones de hectáreas (81.000 km²) forestales (Group, 1990). De manera general los índices de ahorro de materias primas para la producción de papel reciclado indican menos consumo de agua, aceites y energía, menor liberación de gases contaminantes y la preservación de la naturaleza en sí misma. (Ver Anexo 3)

1.6.5 Aluminio.

1.6.5.1 Importancia de reciclar aluminio.

El reciclaje de aluminio tiene importantes ventajas dado que es un material que puede ser reciclado indefinidamente sin disminuir su calidad, ya que no se descompone en presencia de agua ni se altera por el contacto con el aire. En la actualidad, alrededor de 700 millones de toneladas de aluminio están todavía en uso, que equivalen a más del 70% de todo el aluminio fabricado desde 1888. El aluminio tiene tasas de reciclado muy altas, ya que por ejemplo se recicla más del 90% en el aluminio utilizado en medios de transporte y materiales de construcción, más del 55% en envases, y algunos países alcanzan hasta el 98% de tasa de reciclaje para las latas de bebida (arpal, 2014). De entre las numerosas ventajas del reciclado del aluminio se pueden destacar:

_Ahorro energético: con el reciclado del aluminio se ahorra el 95% de la energía que necesitaríamos para producir el mismo aluminio a partir de la bauxita.

_Disminución de la explotación de los recursos naturales.

_Evitar la utilización y saturación de vertederos.

_Minimiza la cantidad de CO_2 que se emite a la atmósfera.

Reciclar aluminio es una actividad rentable, generadora de empleo y que fomenta el desarrollo industrial, al ser más barato reciclar el aluminio que fabricarlo a partir del mineral. Por todo esto, la industria de la recuperación de aluminio supone un éxito de gestión medioambiental respaldado por una potente industria económicamente viable, que facilita a las fundiciones un producto elaborado y de alta calidad.

1.6.5.2 Empleo de aluminio en la construcción.

En el sector de la construcción, el uso del aluminio es mayoritario en comparación con otros metales. La demanda ha crecido de manera considerable a lo largo de los últimos 50 años y actualmente debido a su resistencia a la corrosión y a su baja densidad es utilizado en la industria de la construcción en estructuras como cubiertas para grandes superficies, puentes, torres, castilletes, pilares, columnas, armazones para techumbre, puertas, ventanas y sus marcos, contramarcos y umbrales, barandillas, prefabricados, chapas, chapas decorativas y antideslizantes para pisos, chapas para recubrimientos en fachadas, barras, perfiles, tubos y similares, de aluminio, en formas de “T”, ángulos, vigas, canales y “Z” preparados para la construcción.

Otra variedad de sus aplicaciones en la construcción son las siguientes:

_Paneles sándwiches: Paneles multicapa conformados mediante dos planchas de aluminio, perfiladas o lisas, con un núcleo central aislante de espuma de poliuretano inyectado, lana de roca o poliestireno expandido.

_Paneles arquitectónicos: Gama alta de los paneles sándwiches, con espesores superiores a 50 mm, utilizando planchas de un espesor mínimo de 0.8 mm, e inyecciones de espumas de poliuretano de alta densidad.

_Paneles sándwiches fonoabsorbentes: Paneles sándwiches conformados mediante un núcleo aislante y dos placas, en el que una de las planchas se encuentra microperforada.

_Casettes arquitectónicos: Sistema metálico empleado para revestimientos. A partir de chapas de aluminio prelacado que son sometidas a una serie de plegados que facilitan el solape entre ellas. Sistema utilizado para fachadas singulares.

_Paneles composites: Paneles multicapas compuestos por dos láminas de aluminio, o aleación de éste, de 0,5 mm de espesor en ambas caras, lacadas y pegadas a un alma aislante de polietileno o a un núcleo de resina termoplástica.

Otras aplicaciones del aluminio se obtienen mediante el uso de lamas parasoles, fijas o móviles, muy útiles para protección solar en fachadas, y el empleo de rejillas. Éstas son utilizadas tanto para la ventilación industrial como para el revestimiento u ocultación de máquinas (generadores, aires acondicionados…) en fachadas y en cubiertas metálicas.

1.7 Técnicas de producción de materiales reciclados a partir de desechos.

1.7.1 Bloque SILSU. Bloque de Construcción de Plástico reciclado fortificado.

Se trata de un bloque conformado de plástico desechado y reciclado con dimensiones equivalentes a 40 CM (Largo) x 20 CM (Alto) x 15 CM (Grueso), que además como facilidad de ensamblaje cuenta con dos orificios de 11 cm de diámetro cada uno (Vázquez, 2018). Está formado de los siguientes componentes o materiales: arena cernida, 2 kg de cemento portland, plástico reciclado (cualquiera) y 2 aditivos químicos que permiten la total consistencia del bloque. Es un bloque que incorpora cualquier tipo de plástico molido sin necesidad de ser fundido, lo que permite el aprovechamiento de todos los residuos derivados de la petroquímica. Está diseñado para acelerar el tiempo de construcción gracias a los encastres que posee el modelo y, además, permite la fundición de columnas embebidas en los orificios como elemento de función antisísmica y fortalecedor de la estructura propia del muro.

Foto. Bloque SILSU.

Fuente: (Vázquez, 2018)

1.7.2 Ladrillos sustentables hechos con botellas de PET.

La investigadora argentina del CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas) Rosana Gaggino diseñó junto a su equipo un prototipo de ladrillo de polietileno-tereftalato que reutiliza los envases descartables de bebidas desechados. El proceso consiste en la sustitución de arena por partículas de plástico PET para la conformación de un producto que es capaz de reciclar por cada unidad fabricada 20 botellas PET descartables de la cadena productiva, 5 veces mejor aislante térmico que un ladrillo convencional de arcilla, mucho más liviano y que, además, ofrece buenas prestaciones ignífugas.

Imagen. Ladrillo de plástico a partir de botellas de PET.

Fuente: (Wagner, 2015)

1.7.3 Bloque de hormigón de papelcreto. BLOX

BLOX es un tipo de bloque de construcción que está definido como energéticamente eficiente y respetuoso con el medio ambiente. Esto es porque está fabricado con lo que se conoce como papelcreto (mezcla de pulpa de papel, arena o arcilla, cemento y agua), e incorpora fibras de celulosa (en un 65%) procedentes de periódicos en su conformación. En su composición también incluye guías telefónicas, boletos de lotería, y lodos de la industria papelera, además de cemento. BLOX es también un bloque de hormigón que respeta el tamaño tradicional del bloque de adobe (25,4 x 35,56 x 10,16cm), pero se pueden fabricar en una gran variedad de tamaños y formas. Por estas características verdes, es un material que aporta créditos para la certificación LEED. Según el fabricante, es un material resistente al fuego, agua, termitas, moho... muros realizados con este tipo de bloque son capaces de resistir vientos de hasta 354 km/h (esto dependerá de la geometría del muro), y además, tiene un factor de aislamiento de R3.2 por pulgada de espesor.

Imagen. Bloque de hormigón de papelcreto. BLOX.

Fuente: (Dazneel, 2013)

1.7.4 Sistema constructivo de ladrillos de plásticos reciclados.

Conceptos Plásticos desarrolló unos ladrillos de plástico reciclado que reutilizan 10 botellas de plástico de 2 litros por cada unidad fabricada. La producción contempla un proceso de molienda, aglutinamiento, fundición y extrusión del plástico para que los productos adopten su forma final. Según explican sus creadores, Cristina Gámez, Óscar Méndez y Fernando Llanos es la solución a un déficit habitacional de hasta el 40 por ciento de la población de zonas de África, Asia y América Latina. Una casa media construida con este sistema constructivo necesita alrededor de 1.300 ladrillos enteramente de plástico y su precio ronda los 4.500 euros en el mercado internacional; y resultan en viviendas muy durables, con una vida estimada de alrededor de 400 años, que asilan del exterior a nivel térmico y acústico, además de resulta resistentes a terremotos de hasta 9,5 grados, a los destrozos que puedan hacer los roedores, al agua y al fuego.

Imagen. Sistema modular de plástico.

Fuente: (Isan, 2017)

1.7.5 Desarrollo tecnológico de tejas con materiales reciclados para cubierta de viviendas.

El proyecto está liderado por el Centro de la Vivienda Económica de Córdoba (Ceve) y participa el laboratorio del Cintemac, que depende de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN). Consiste en la elaboración de tejas recicladas a base de material cien por ciento reciclados de diferentes productos plásticos (incluye residuos PET) y de caucho (los neumáticos), mediante un proceso de termofusión y moldeo. La teja reciclada se asemeja bastante en su apariencia a una teja tradicional. Hasta el momento su color es negro con pintitas blancas, son más livianas que las convencionales, por lo que abarata los costes en el soporte de cubierta; son libres de mantenimiento, no se corroen ni se agrietan ni se rompen y, además, son impermeables y muy buenas aislantes térmico. Su colocación se realiza sobre estructura metálica o de madera de forma directa y fijan con clavos largos.

Imagen. Teja de elaborada con caucho reciclado.

Fuente: (SabrinaPin, 2018)

1.7.6 Hormigones hidráulicos.

Hormigón con vidrio molido en reemplazo de cemento

Estudios referencian que el uso de polvo de vidrio en granulometrías específicas para la elaboración de hormigones desarrolla características de mezclas puzolánicas, por lo que puede ser usado como reemplazo de cemento. En (Roz-Ud-Din & P., 2011) se utilizan micro partículas de vidrio de 25 μm en reemplazo de cemento al 15%, 20%, y 23%, obteniendo resistencias superiores a la mezcla sin vidrio para los casos con 15% y 20% de vidrio, a partir de los 90 días. En (Shao, et

al., 2000) los autores estudian mezclas con partículas de 38 μm, 75 μm y 150 μm y obtienen resultados similares a los de estudio previo citado, para el reemplazo de 30% de cemento usando partículas de 38 μm.

Hormigón con áridos reciclados en sustitución de áridos naturales

A razón de la necesidad de la disminución de explotación de las canteras de áridos naturales, se han desarrollado disímiles investigaciones que buscan sustituir residuos de demolición y construcción (RDC) por los áridos empleados en las mezclas de hormigones. Así se ha arribado a la conclusión, según (Pérez, 2012), que los áridos de hormigón reciclado cumplen con las especificaciones físico-mecánicas establecidas en la norma NC 251-2005 para ser utilizados como áridos gruesos en hormigones hidráulicos, por lo que son aptos para elaborar hormigones de 25 MPa con la presencia de ellos hasta un 30% de sustitución del árido grueso natural. En los resultados explícitos en (Aguilar, et al., 2005), a lgunas de las características que se ven afectadas al utilizar hormigón reciclado son: la disminución de la densidad (9-10%) producto de la porosidad de la pasta de cemento, el incremento de absorción de agua (de un 3% a un 15%) y la disminución de la resistencia final (20% de perdida a 28 días). De manera que se recomienda el uso de hormigón reciclado como una alternativa viable para conformar hormigones pobres y normales, sin altos compromisos estructurales.

Hormigón con caucho reciclado

En varias investigaciones se ha valorado el uso de caucho reciclado de neumáticos en hormigones como sustituto de áridos. En (Cadagan, 2005) se utilizaron probetas de ensayo con dosis con 20% de contenido de caucho que alcanzaron una resistencia considerable, mientras que las demás (con 40% a 100% de contenido de caucho) no presentaban resultados significativos. Aunque se llegó a mezclar hasta un 20% en volumen, por eficiencia de trabajabilidad y propiedades mecánicas, en (Carrasco, 2006) se opta por recomendar mezclas de entre 5 % y 10% de trozos de caucho en hormigón.

1.8 Definición conceptual de vivienda.

Según su significación en el diccionario, se entiende como vivienda: “lugar cerrado y cubierto construido para ser habitado por personas”. Pero el solo hecho estar destinada para ser habitada por humanos, lleva implícito el desarrollo de la vida, lo que conlleva a su vez el desarrollo de una serie de actividades de diversa índole para beneficio común del hombre. Por lo tanto, vivienda no es solo el lugar de cobijo y resguardo de las personas, es la expresión de su cultura y su espíritu como ser social que habita en comunidades y el catalizador de la necesidad de satisfacción del hombre, que implica el acceso a los servicios básicos (a la educación, la salud y la alimentación), la infraestructura e incluso la disponibilidad de actividades que le permitan la supervivencia económica. Según (Abreu, 2010), es el lugar donde las personas permanecen la mayor parte de su vida, límite entre el espacio individual y el colectivo. A criterio de (Seijas, 2008), la vivienda es el recinto o conjunto de recintos, donde se satisfacen las condiciones básicas de la vida doméstica, y radica el domicilio legal de una o varias personas que la ocupan. Se reconoce, de acuerdo a las condiciones específicas, como casa, apartamento o habitación. Es habitada por lo general por una familia.

1.8.1 Sustentabilidad en la vivienda como obra de arquitectura.

El surgimiento de la demanda de la sustentabilidad en la arquitectura es condicionado como consecuencia a un crecimiento desmesurado de la industria de la construcción cada vez más dependiente a recursos energéticos y minerales no renovables en sus procesos técnicos. Actuar sobre este problema, que da como consecuencia directa una degradación ambiental creciente, implica elaborar estrategias que permitan transformar una secuencia lineal de empleo de recursos que se puede resumir en la cadena de extracción, fabricación, uso y residuo, representativa de la industria en general y de la construcción en particular, en un circuito de tipo cerrado, que permita recuperar los residuos en nuevas materias primas de forma cíclica, de manera que el modelo productivo resultante ya no será lineal, sino con etapas de reciclaje – fabricación – reciclaje. De esta manera, se define que “la edificación sostenible es la edificación que provee la habitabilidad

socialmente demandada y opera cerrando los ciclos materiales de todas las actividades implicadas en este proceso" (Molina, 2015). Un ejemplo avanzado de la proyección de obras de arquitectura guiada por conocimientos integrales hacia proyectos de sustentabilidad, lo ofrece (Beltrán, 2015), citado en el despacho del arquitecto José Picciotto, quien entiende la arquitectura bioclimática como un paso hacia el desarrollo sustentable en 3 escalas:

_ En un primer nivel, se encuentran aquellos edificios que solo se preocupan por conseguir una alta eficiencia energética una vez construidos, sin incluir más variables bioclimáticas que las derivadas del ahorro energético a largo plazo, producto de su operación.

_ En un segundo nivel, se sitúan aquellos otros en donde el balance energético global incluiría no solo la fase de vida útil del edificio, sino todo su proceso constructivo, partiendo desde la extracción de los materiales, su elaboración industrial, su puesta en obra, su uso, reciclaje y destrucción. En este caso, el balance energético global y su equivalencia en contaminación ambiental llevaría a un análisis pormenorizado de los materiales de construcción y, por tanto, a la utilización de aquellos menos costosos en términos energéticos (o en su equivalente, en contaminación ambiental), y al rechazo, o a la mejora del sistema productivo de aquellos otros con costos elevados, capaces de anular las posibles ganancias energéticas obtenidas durante el tiempo de usufructo del edificio. Según este principio, se primarían más aquellas técnicas capaces de introducir en la construcción materiales procedentes del reciclaje (actualmente se hace, en los países nórdicos, con el 40% del vidrio empleado en la edificación) y, a su vez, se fomentarían aquellos materiales que, en su proceso de mantenimiento o sustitución, puedan ser introducidos, a su vez, en un nuevo ciclo.

_ En un tercer nivel, se sitúan aquellas edificaciones que no solo se preocupan de mantener buenos balances energéticos, sino también de adecuarse al medio en un sentido más extenso. Desde aquellas que se introducen en el paisaje, limitando el impacto visual de las construcciones, hasta aquellas otras que se preocupan por el mantenimiento de otros recursos naturales limitados, como la inclusión o el

mantenimiento de la vegetación (fomentando la integración en la edificación de especies autóctonas) y el ahorro de agua (mediante la introducción de redes separativas de aguas grises y negras, la depuración selectiva por filtros verdes o la captación de agua de lluvia). Sistemas complementarios que, utilizados en beneficio de la edificación son perfectamente compatibles e incluso coadyuvantes en el ahorro energético del edificio y en la obtención de las condiciones de confort deseadas.

El proyecto de una arquitectura sustentable a través de la vivienda sustentable va más allá de sus atributos físicos. Será sustentable si conlleva prosperidad económica, fomenta la cohesión social, proporciona seguridad, promueve el bienestar social y mejora la salud individual, local y global. Todo esto además del ahorro energético. En sí, asocia lo físico, lo social y lo cultural en un único programa. Los principios de proyecto para el desarrollo sustentable de una vivienda deben considerar ser proyectada para producir bajo impacto ambiental, durabilidad, reutilización, maximizar el consumo de energía renovable, con una distribución de espacios de forma que se auto-proteja de los elementos, teniendo en cuenta el clima, para proteger la salud de los usuarios.

El proyecto de vivienda sustentable en general debe integrar el diseño para mejorar el rendimiento energético en los aspectos de calefacción, refrigeración e iluminación, y reducir el impacto ambiental en ámbitos como el diseño, la construcción y el uso del edificio, que incluyen la producción de impactos al medio ambiente por los residuos, los materiales y sistemas constructivos y el consumo de recursos naturales como el agua, la vegetación y el suelo. (Delia, 2010)

1.8.2 La vivienda adecuada en Cuba.

En la Conferencia sobre Desarrollo de Asentamientos Humanos del Proyecto Hábitat II de 1996 se definió que: vivienda adecuada significa disponer de un lugar privado, con espacio suficiente, accesibilidad física, seguridad adecuada, seguridad de tenencia, estabilidad y durabilidad estructural, iluminación, calefacción y ventilación suficientes, una infraestructura básica adecuada que incluya servicios de abastecimiento de agua, saneamiento y eliminación de desechos, factores

apropiados de calidad del medio ambiente y relacionados con la salud y un emplazamiento adecuado y con acceso al trabajo y a los servicios básicos, todo ello a un costo razonable.

A criterio de (Pradilla, 1983) describe la vivienda adecuada como aquella que “tiene las condiciones mínimas de habitabilidad, solidez estructural, área construida adecuada a las necesidades de la familia media, servicios de agua, drenaje y energía eléctrica, asolación y ventilación adecuada, sus ocupantes pueden acceder a las áreas libres, recreativas y a los servicios de educación y salud correspondiente.

Según (Ferrero, 1998) una vivienda adecuada significa algo más que tener un techo bajo el que guarecerse. Significa también disponer de un lugar privado, espacio suficiente, accesibilidad física, seguridad adecuada, seguridad de tenencia, estabilidad y durabilidad estructurales, iluminación, calefacción y ventilación suficientes, una infraestructura básica adecuada que incluya servicios de abastecimiento de agua, saneamiento y eliminación de desechos, factores apropiados de calidad del medio ambiente y relacionados con la salud, y un emplazamiento adecuado y con acceso al trabajo y a los servicios básicos, todo ello a un costo razonable. Además, según el propio autor, debe tener el número de dormitorios necesarios de acuerdo con la composición familiar y define la mínima área habitacional como no inferior a 32 m2.

Según (Couret, et al., 2004) significa algo más que tener un techo bajo el que guarecerse. Significa también disponer de un lugar privado, espacio suficiente, accesibilidad física, seguridad estabilidad y durabilidad estructurales, protección, iluminación y ventilación suficientes, una infraestructura básica adecuada que incluya servicios de abastecimiento de agua, saneamiento y eliminación de desechos, factores apropiados de calidad del medio ambiente y relacionados con la salud, y un emplazamiento adecuado con acceso al trabajo y a los servicios básicos.

En nuestro contexto actual de desarrollo económico y como solución emergente a la política de vivienda de nuestro país, vivienda adecuada es aquella en que se utilizan con máxima racionalidad los recursos materiales existentes para su

construcción, en un momento y localidad determinada, sin afectar ni la calidad de vida que se debe desarrollar en ella acorde a nuestro desarrollo social, ni la calidad de ejecución, ni el ciclo de vida útil que debe cumplir de acuerdo a los recursos empleados; que además contemple la tenencia de espacios suficientes que satisfagan las actividades ordinarias del hombre, servicios de infraestructura básicos, servicios extradomiciliarios que garanticen las condiciones de habitabilidad acordes al desarrollo social cubano en materia salud, educación, cultura, deporte y accesibilidad a un trabajo que permita el sustento del hombre como ser social.

1.8.3 Formas de gestión de la vivienda en Cuba.

La forma actual de la gestión de nuevas viviendas se efectúa por subsidios directos, indirectos y cruzados, por ahorro de los propietarios, por crédito bancarios y por parte de la política de construcción de viviendas financiadas por el Estado. En tanto, los subsidios indirectos son múltiples e incluyen la reducción del precio de los terrenos, hasta un monto simbólico para los constructores por esfuerzo propio. Los subsidios cruzados se generan por la venta de materiales de construcción.

Vivienda construida por el Estado.

En nuestro país, como parte de la política del gobierno, se garantiza la tenencia de una vivienda adecuada a cada ciudadano, de esta forma la política de la vivienda en Cuba incluye la construcción y entrega de viviendas, financiadas por el Estado, a personas dañificadas y necesitadas.

Vivienda crediticia o por crédito bancario.

El Artículo 33 de la Ley General de la Vivienda, respecto a el otorgamiento de créditos bancarios para el financiamiento de una nueva vivienda, dispone que: El Banco Popular de Ahorro propiciará y otorgará financiamiento de acuerdo a las normas crediticias establecidas para la conservación, remodelación y ampliación de viviendas individuales y edificios multifamiliares, así como para la construcción de nuevas viviendas o edificios, incluida la adquisición de solares yermos o de azoteas.

Vivienda por esfuerzo propio.

Al contrario de lo que sucede en la mayoría de los países, quienes construyen viviendas por medios propios en Cuba, no son los que no pueden acceder al mercado formal de la vivienda (que no existe en Cuba), sino aquellos que tienen dinero suficiente para afrontar sus necesidades de viviendas por sí mismos, sin ninguna ayuda. De esta forma en la Ley General de la Vivienda se regulan los procederes legales para la gestión de una nueva vivienda construida por esfuerzo propio de sus propietarios.

Vivienda subsidiada por el Estado.

Vivienda construida como parte del financiamiento económico total o parcial por parte del Estado.

1.8.4 Vivienda Subsidiada. Célula Básica Habitacional (CBH).

Se entiende por vivienda subsidiada a la vivienda construida como producto del financiamiento económico por el Estado en nuestro país. El Estado financia un monto total de 85 000 pesos para la construcción de una vivienda mínima adecuada a personas con falta de solvencia económica, protegidas o no por la seguridad social. Esta vivienda se conoce como CBH y consta de 25 m2 de área útil distribuida en un cuarto, una cocina - comedor, un baño y un pequeño patio de servicios. A raíz de una nueva normativa aplicada a esta política, se exige que sea construida con una cubierta rígida, siendo generalmente aplicada la solución de viguetas y tabletas.

1.8.5 Política de subsidios para viviendas en Cuba.

El concepto de subsidio permite identificar a una asistencia pública basada en una ayuda o beneficio de tipo económico. Es un sistema enfocado a estimular el consumo o la producción, así como de una ayuda que se otorga por un tiempo determinado. Puede estar dirigido a favorecer, por distintos motivos, a ciertas actividades productivas o regiones de un país, siendo establecidas por el Estado con el fin de alcanzar un propósito social determinado. En el caso del subsidio para la construcción y reparación de viviendas, está dirigido a que personas de bajos

ingresos que viven en malas condiciones o que carecen de residencias, para que mejoren o alivien su situación habitacional.

La política referente a la concepción de subsidios para la construcción de viviendas en nuestro país, quedó regulada por la Gaceta Oficial de la República No. 15 que sesionó el 11 de abril de 2017. Como resultado se normaron una serie de acciones concernientes al procedimiento para el otorgamiento de subsidios, las personas que pueden ser beneficiadas, la disposición del monto de dinero a otorgar en consecuencia con las acciones a ejecutar, así como las obligaciones y requisitos a tener en cuenta por las partes que intervienen en el proceso.

Sobre lo referente a los requisitos para la solicitud del subsidio para acciones constructivas se propuso el siguiente artículo:

ARTÍCULO 1. El presente Reglamento tiene como objeto regular el procedimiento para el otorgamiento de subsidios a las personas naturales que carezcan de solvencia económica, protegidas o no por la asistencia social, interesadas en realizar acciones constructivas tales como la construcción, reparación y conservación de viviendas por esfuerzo propio con el propósito de pagar: los materiales de construcción; la mano de obra; la transportación de los materiales de construcción (desde los puntos de venta hasta las viviendas de las personas subsidiadas); la documentación técnica que exijan las acciones constructivas; y el Derecho Perpetuo de Superficie del terreno.

Según el siguiente artículo los beneficiados por el subsidio serán:

ARTÍCULO 2.1. Son beneficiados de este subsidio los propietarios, los arrendatarios de viviendas estatales y los usufructuarios, así como aquellos que al realizar una acción constructiva puedan recuperar o terminar una vivienda mínima adecuada.

Respecto al fondo de ingresos necesario para ser destinado a los subsidios se determina que:

ARTÍCULO 3. Los ingresos captados por el Impuesto sobre las Ventas en la comercialización de materiales de la construcción se ceden a los presupuestos provinciales y al del municipio especial Isla de la Juventud para financiar los

subsidios a personas naturales con falta de solvencia económica para realizar acciones constructivas en su vivienda, de conformidad con lo dispuesto en la Ley del Presupuesto del Estado de cada año.

En relación a los requisitos necesarios para acceder a un subsidio se establece el siguiente artículo:

ARTÍCULO 5. La persona natural que necesite obtener un subsidio para construir, reparar o conservar su vivienda, tiene que cumplir los requisitos siguientes: núcleo familiar y personas convivientes con falta de solvencia económica, protegidos o no por la asistencia social; vivir en condiciones habitacionales vulnerables, carecer de vivienda o estar necesitado de construir, ampliar, reparar o conservar su vivienda; y estar en disposición de solucionar su problema habitacional por esfuerzo propio.

En correspondencia a una intervención constructiva de mayor alcance, donde se requiere de una Licencia de Construcción, el monto de dinero que cubrirá el subsidio se aclara en el siguiente apartado perteneciente al artículo 9.1:

3. Cuando para la ejecución de la obra se requiere Licencia o Autorización de Construcción, el cálculo del importe a subsidiar se realiza a partir del Dictamen Técnico entregado por la Dirección Municipal de la Vivienda, en el que se determinan las cantidades estimadas de materiales de construcción, se adiciona el costo de transportación de los materiales, de la documentación técnica y de la mano de obra y del Derecho Perpetuo de Superficie determinado por la Dirección Municipal de Planificación Física y se procede de la forma siguiente:

a) Del proyecto se subsidia la ejecución de una vivienda edificada con subsidio del Presupuesto del Estado, que se corresponde con una vivienda de veinticinco metros cuadrados (25 m²) de superficie útil como máximo, cuyo valor no exceda de ochenta y cinco mil pesos (85 000,00 CUP);

b) el monto a subsidiar para la ejecución de una vivienda edificada con subsidio del Presupuesto del Estado sismo-resistente es de hasta noventa mil pesos (90 000,00 CUP) para respaldar la adquisición de los materiales que demanda esta solución;

aplicable en los territorios que define la Norma Cubana aprobada para este tipo de construcciones; y

c) de los montos expresados en los incisos anteriores, cinco mil pesos (5 000,00 CUP) corresponden a la transportación de materiales.

1.8.6 Déficit habitacional de la vivienda en Cuba.

El fondo habitacional de nuestro país es de 3 824 861 viviendas, actualizado por el Censo de Población y Viviendas del año 2012 y la evolución del fondo con cierre junio del 2017. De ellas, el 39% se encuentran en regular y mal estado técnico. En el fondo precario existen 9 823 cuarterías y ciudadelas, con 84 452 viviendas; 117 775 pisos de tierra y se han contabilizado 854 edificios críticos. El déficit habitacional asciende a 929 695 viviendas. De éstas, nuevas a construir 527 575 y a rehabilitar 402 120, siendo las provincias más afectadas: La Habana con 185 348, Holguín 115 965 y Santiago de Cuba 101 202 viviendas. En mantenimiento y conservación se requieren acciones por esfuerzo propio de la población, en más de 240 000 viviendas anuales, necesarias para detener el deterioro. Aunque la tendencia de la población es a continuar decreciendo en los próximos años, se estima un crecimiento de 52 321 viviendas para dar respuesta a la diversidad de generaciones conviviendo y estimular la natalidad. Se le acota la causa del deterioro y déficit de la vivienda en Cuba a: la merma en la producción de materiales de construcción, las exportaciones de cemento, el minúsculo presupuesto destinado a la vivienda, las restricciones legales e ineficiencias y al daño severo causado por múltiples huracanes.

Una solución viable y emergente que ayude a apaciguar la crítica situación actual de la vivienda, y que revierta la merma actual de producción de materiales de la construcción por la escasez de materias primas naturales, consiste en la incorporación de materias primas recicladas, a partir de los desechos generados por la sociedad, para producir nuevos materiales alternativos para la industria constructiva. En el siguiente capítulo se hará un análisis sobre la situación actual respecto al comportamiento del uso de materiales reciclados en la construcción en Sancti Spíritus y la necesidad de su uso en el municipio de Cabaiguán como

solución al déficit habitacional de la vivienda en el propio territorio, en el caso particular de su aplicación a la construcción de CBH.

Conclusiones parciales.

Se entiende por reciclaje como el aprovechamiento de productos de desecho de la sociedad para su potencial uso como materia prima base para la conformación de un producto acabado nuevo, o como componente para la preparación de otro, en cuestión de poder variar a conveniencia la función inicial para la que se dispuso en un principio la materia prima recuperada a disposición de la posibilidad de su aplicación para un fin determinado en una obra.

La situación de la generación de desechos sólidos a escala global supone un grave problema ambiental, por lo que se precisa de nuevos mecanismos que permitan reciclar la basura y darle un nuevo uso dentro de la sociedad.

Cuba no contiene información actualizada sobre la generación de desechos sólidos a escala nacional y la práctica del reciclaje es muy ineficiente y en algunos casos descartada en el territorio. De igual forma el mayor volumen de materias primas recicladas se destina a la exportación y no para la producción de la industria nacional.

La práctica del reciclaje a escala global supone enormes beneficios ambientales y para nuestra sociedad. Si reciclamos ahorramos energía, se evita el aceleramiento del cambio climático, se consumen menos materias primas, se fabrican nuevos productos, creaos nuevos puestos de trabajo y preservamos el medio ambiente.

La Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas es la entidad estatal encargada del reciclaje en nuestro país. Las principales dificultades de esta industria radican en la insuficiencia y caducidad de la logística e infraestructura para este propósito. Para contrariar el comportamiento deficiente actual, se aprobó una nueva política dirigida a maximizar en la industria nacional la utilización de los desechos reciclables, exportando aquellos que tecnológicamente no sea posible su uso en el país.

En el mundo existen numerosos materiales que se reciclan y cuyo uso en la construcción resulta en prestaciones muy eficientes y ecológicas; entre ellos están los vidrios, plásticos, el caucho, el papel y el cartón, y el aluminio. De estos

materiales se derivan toda una gama de nuevas tecnologías para la producción de materiales reciclados para su uso en la construcción.

La vivienda no es solo el lugar de cobijo y resguardo de las personas, es la expresión de su cultura y su espíritu como ser social que habita en comunidades y el catalizador de la necesidad de satisfacción del hombre, que implica el acceso a los servicios básicos (a la educación, la salud y la alimentación), la infraestructura e incluso la disponibilidad de actividades que le permitan la supervivencia económica.

La sustentabilidad en la vivienda comprende el balance energético para su construcción desde la producción de los materiales empleados hasta la capacidad de producción energética de la propia obra, incluyendo un proyecto de diseño ambiental ecológico y su adecuación al medio ambiente. Asimismo, integra las condicionantes sociales y culturales en un único programa.

Vivienda adecuada es aquella en que se utilizan con máxima racionalidad los recursos materiales existentes para su construcción, en un momento y localidad determinada, sin afectar ni la calidad de vida que se debe desarrollar en ella acorde a nuestro desarrollo social, ni la calidad de ejecución, ni el ciclo de vida útil que debe cumplir de acuerdo a los recursos empleados; que además contemple la tenencia de espacios suficientes que satisfagan las actividades ordinarias del hombre, servicios de infraestructura básicos, servicios extradomiciliarios que garanticen las condiciones de habitabilidad acordes al desarrollo social cubano en materia salud, educación, cultura, deporte y accesibilidad a un trabajo que permita el sustento del hombre como ser social.

Las formas de gestión de una vivienda en nuestro país clasifican en: vivienda construida por el Estado, vivienda crediticia o por crédito bancario, v ivienda por esfuerzo propio y la vivienda subsidiada por el Estado.

La política de subsidios en Cuba comprende subvenciones para rehabilitaciones, reparaciones o acciones constructivas apersonas necesitadas con falta de solvencia económica protegidas o no por la seguridad social, y que con dichas acciones puedan acceder a una vivienda mínima adecuada. Dentro de estas acciones se

encuentra la construcción de la CBH, que es aquella en la que el Estado financia un monto total de 85 000 pesos para la construcción de una vivienda de 25 m2 con determinadas características.

El déficit habitacional de la vivienda en Cuba asciende a casi la ¼ parte del fondo actual edificado. Para su recuperación se proponen actividades conjuntas por parte del Estado y el esfuerzo propio de la población, en un plan progresivo anual con plazos de tiempo específicos para cada provincia del país.

Capítulo II. Estado del arte sobre el uso de materiales reciclados en la construcción en Cuba. Caso de estudio Cabaiguán.

2.1 Antecedentes nacionales de la producción de materiales reciclados para la construcción.

2.1.1 Proyecto de la basura a las viviendas.

El concepto del proyecto “De la basura a las viviendas” contempla la producción ecológicamente viable de materiales de construcción y la mejora de viviendas en zonas expuestas a huracanes. Consiste en la producción de un cemento alternativo fabricado a partir de los residuos de la industria azucarera que puede llegar a constituir hasta el 40% del cemento portland empleado en bloques de hormigón sin afectar a su calidad. La producción se destina a viviendas que han sufrido daños por los huracanes al norte de la provincia de Villa Clara y hasta el momento han sido beneficiadas 1200 familias que han renovado sus viviendas gracias a este programa innovador. La investigación ha demostrado ser una buena opción para la producción a pequeña escala de materiales de construcción, lo que supone ahorros enormes en transporte y garantiza altos niveles de calidad, que a su vez cumple con los estándares técnicos nacionales y resuelve un problema al reciclar residuos potencialmente peligrosos de la industria azucarera.

2.1.2 Proyecto para la fabricación de bloques vidrio a partir de botellas trituradas.

Cuba pone en marcha un proyecto por el que produce bloques para la construcción a partir de vidrio recuperado de botellas de cerveza importada que la industria del reciclaje nacional tritura para obtener arena sílice, de esta forma la arena sílice puede reemplazar al árido fino empleado en la producción de bloques. De esta forma la Unión de Empresas de Recuperación (UER) pretende llegar a un producto final y no quedarse solamente en la producción de arena sílice. El proyecto recién comenzó y aún se encuentra en fase de prueba, por lo que en este momento los

bloques a partir del vidrio solo se producen en fábricas de las provincias de Villa Clara y Pinar del Río.

Imagen. Botellas de cerveza importadas.

Fuente: (Online, 2018)

2.1.3 Producciones de la empresa PROMAC en Sancti Spíritus.

La Empresa Productora de Materiales de la Construcción (PROMAC), perteneciente al Poder Popular de la provincia de Sancti Spíritus, ha comenzado la implementación de materias primas alternativas en su surtido de producción de materiales, como solución al agotamiento de las canteras que sustentan la producción. Dentro de los materiales producidos con estas nuevas materias primas se encuentran los diferentes tipos de bloques huecos de hormigón (10, 15 y 20 cm) de segunda calidad que alcanzan entre los 2 a 3.2 Mpa de resistencia a compresión, mezclados con áridos recuperados de los procesos de demolición y construcción (RDC), piedras y escombros; mosaicos Jasper de 250 x 250 mm con áridos alternativos; viguetas y tabletas con RDC en sustitución total de los áridos convencionales utilizados en el proceso a partir de la concepción de hormigones capaces de alcanzar los 20 Mpa de resistencia a compresión. También se producen bloques de hormigón utilizando vidrio molido como sustituto del árido fino empleado en la mezcla, que en el caso de los bloques de 15 cm alcanzan los 9 Mpa de resistencia, solicitud por encima de las requeridas en la norma cubana NC 247 2010 Bloques Huecos de Hormigón – Especificaciones. En la empresa también se

conciben morteros para acabados y terminaciones a partir del uso de RDC. En el caso de los morteros para resanos se conforman con la siguiente dosificación de cemento y árido grueso por cada saco de mortero de 42.5 kg: 0.017kg de cemento por 0.024 m³ de árido grueso recuperado de los procesos de demolición y construcción. En los morteros para finos se emplea 0.017 kg de cemento, 0.018 m³ de cal viva (CaCO3) Y 0.012 m³ de árido fino recuperado de los procesos de demolición y construcción. Los bloques huecos de hormigón para resistencias entre 2-3.2 Mpa por cada unidad fabricada se utilizan los siguientes índices de consumo de materiales alternativos.

Producto	Cemento (kg)	Árido fino (RDC) (m^3)	Árido grueso (RDC) (m^3)
Bloque de hormigón (400x200x100mm)	1.21	0.0049	0.0066
Bloque de hormigón (400x200x150mm)	1.42	0.0054	0.0072
Bloque de hormigón (400x200x200mm)	1.6	0.006	0.008

Fuente: Elaborado por el autor.

2.2 Estado de la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) en la provincia de Sancti Spíritus.

Las fuentes de generación de RSU en la provincia de Sancti Spíritus son diversas y están representadas por las viviendas y por un grupo considerable de entidades de comercio y gastronomía, servicios, oficinas públicas, instalaciones de alojamiento, centros educacionales, industrias y centros asistenciales de la salud. En el territorio se genera un volumen total de RSU de 1250 m^3/día (208.33 ton/día), lo que representa un volumen anual de 127 750 m^3 (21 290.45 ton). Por municipio, los mayores volúmenes se generan en Sancti Spíritus, Yaguajay, Cabaiguán y Trinidad, tanto por presentar mayor población, como por existir en ellos mayor abundancia y concentración de instalaciones industriales, comerciales, de servicios y culturales.

La correlación de los resultados de estudios aislados sobre la composición de los RSU generados en la provincia, manifiesta la clasificación siguiente: residuales orgánicos, papel y cartón, textiles, vidrio, metales, aluminio, plásticos, madera, cuero, escombros y otros, donde el primero presenta un valor porcentual superior al 50% en todos los casos (Domínguez, et al., 2008).

Los principales problemas a los que se enfrenta la creciente acumulación de RSU en el territorio se deben a:

_Falta de una adecuada educación ambiental para lograr concienciar a la comunidad en la clasificación de los desechos en el hogar.

_El sector empresarial no tiene la infraestructura necesaria para reciclar los desechos.

_No existencia de un mecanismo administrativo que permita el rehúso de los desechos generados en el proceso constructivo.

2.3 Estado de la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) en el municipio de Cabaiguán.

El estado de la generación de residuos sólidos urbanos en Cabaiguán no cuenta con una fuente actualizada que permita analizar el volumen de desechos que se generan y procesan, ni tener constancia de la variedad de composición de las materias primas aprovechables que se desperdician. La última fuente de que se tiene constancia se referencia en (Hernández, et al., 2015), que acota que en el año 2013 en el municipio se recogió un volumen total de 111.2 m^3 de RSU, para una media de 1.7 m^3/hab al año, sin embargo dicho dato dista de los volúmenes reales de generación, puesto que como se referencia en la propia bibliografía, el sistema de recogida de los desechos no cuenta con ciclos estables ni cubre todo las localidades del municipio.

La Empresa de Servicios Comunales del municipio es la encargada de las tareas de recogida y disposición final de estos desechos, pero como se aclara, carece de información cuantificable para medir la capacidad y variedad de generación de RSU de dicha sociedad. Para tener una información más acertada del tema, en esta investigación se propone tomar como referencia los datos procesados por la nueva

planta de reciclaje que entro en funcionamiento en dicho municipio, y que, en contrato con la entidad de servicios comunales local, suple la recogida y procesamiento de los desechos generados por el sector urbano de Cabaiguán II. La planta de reciclaje, en la actualidad, procesa un volumen de 234 m^3 de desechos sólidos semanales, lo cual no indica el límite de trabajo y producción de dicha mini-industria, sino que, como se aclaró hasta el momento, la recogida de desechos no cubre toda la ciudad ni sus asentamientos rurales cercanos. Dicho volumen de recogida tiene balance medio de unos 3 camiones diarios, equivalentes a una carga de 18 m^3 por camión de lunes a miércoles, y de 2 camiones diarios los jueves y viernes. A la planta también llega un volumen de residuos sólidos de construcción y demolición (RCD) proveniente de todo el municipio equivalente y equivalente a un promedio de entre 40 – 50 m^3 semanal. Según información brindada por Juan Antonio González Gómez (director del centro), la basura recogida que se procesa en la planta contiene entre un 60 – 70% de composición orgánica, alrededor de un 15% de plásticos de diferentes tipos, y el resto compuesta por productos varios donde el papel, cartón y vidrio ocupan los principales volúmenes.

2.4 Municipio de Cabaiguán. Características generales.

Ubicación geográfica:

Cabaiguán es un municipio que se localiza en el centro de Cuba, específicamente en la porción centro occidental de la provincia de Sancti Spíritus. Limita al norte con los municipios de Placetas, Remedios y Yaguajay, por el Sur con Sancti Spíritus, por el Este con Taguasco y por el Oriente con Fomento.

Población residente:

Tiene una superficie total de 596.76 km^2, que representa el 8.85% del total de la provincia de Sancti Spíritus. Su población es de 65 927 habitantes, de los cuales 44 191 pertenecen a la zona urbana y 21 736 a la rural, para un grado de urbanización de 67.03% y la densidad poblacional de 110.35 hab/ km^2.

Número de viviendas

Actualmente existe en el territorio un total de 24 314 viviendas, de ellas 24 236 son particulares, 48 son locales de trabajo y 3 pertenecen a colectividades, para una densidad de 2.7 hab/viv.

Sistema de asentamientos humanos

Existe un sistema de asentamiento que se ha consolidado a través de los años, contando con 4 núcleos urbanos y 54 asentamientos rurales, de los cuales 26 son mayores de 200 habitantes. Se han mantenido los asentamientos urbanos Cabaiguán, Guayos, Jíquima y Santa Lucía, señalando que los 4 asentamientos se encuentran en el rango de más de 2 000 habitantes.

Estructuración por Consejos Populares (CP) del municipio

Para lograr un mejor funcionamiento en el municipio, este se encuentra dividido en 11 CP, los mismo abarcan todos los asentamientos, siendo 5 de ellos mixtos con corte urbano y rural y el resto netamente rural.

2.5 Caracterización del fondo habitacional de la vivienda en Sancti Spíritus.

El fondo habitacional actualizado por el Censo de Población y Viviendas del año 2012 y la evolución del fondo con cierre junio del 2017, es de 173 mil 173 viviendas, de ellas se encuentran estado: Bueno 124 642 (72 %), Regular 26 427 (15 %) y Malo 22 104 (13 %). De las viviendas que existen en el fondo habitacional; el 86,5% son de Propiedad personal de sus ocupantes y el 13,5% de No Propietarios, con la siguiente distribución; el 39,3% viviendas vinculadas y medios básicos, el 0.7% son usufructuarios, viviendas en arrendamiento 20% y el 40% sin titularidad. Por su ubicación geográfica el 72% se encuentran en asentamientos urbanos (124 983) y 28% en zonas rurales (48 190). La Tipología I representa el 45.9 % con un total de 79 412 viviendas y el 54,1% con 93 761 de cubierta ligera.

En el fondo precario existen 2 807 viviendas de ellas, 79 en 7 cuarterías, 574 en 7 barrios, 320 en 14 focos y 1 834 son dispersas, existiendo 3 011 pisos de tierra en viviendas sin titularidad, con un total estimado de 15 708 personas afectadas; la provincia no cuenta con edificios críticos.

Producto de fenómenos climatológicos, hasta la fecha, en la provincia quedan 9 729 viviendas con afectaciones, de ellas 1 501 derrumbes totales, 1 297 derrumbes parciales, 695 totales de techo, 5 336 parciales de techo y 900 son de tipología I. El Déficit Habitacional asciende a 27 mil 316 viviendas, de estas, nuevas a construir 17 mil 554 que representa el 64 % y a rehabilitar 9 mil 762 para el 36 %.

Para detener el deterioro y evitar la pérdida progresiva de la capacidad habitacional, se estiman 27 316 acciones a realizar en la vivienda en un plazo de 10 años, se proyecta en los tres primeros años un ritmo de construcción de aproximadamente 3 500 acciones y del cuarto al séptimo se incrementarían en el orden de las 4 200. Para ello, se construirán 17 554 viviendas, donde el 72% será por esfuerzo propio y el 28% de forma estatal.

Para las nuevas construcciones se necesita un incremento en el acondicionamiento de las nuevas áreas donde se concentrarán las mismas y así lograr las condiciones mínimas de urbanización, limitado en nuestra provincia principalmente por inversiones obligadas que tendrá que acometer el Instituto de Recursos Hidráulicos, básicamente en los municipios de Sancti Spíritus, Fomento, Taguasco, La Sierpe y Cabaiguán.

Producción de materiales de la construcción para suplir el déficit del fondo habitacional.

La producción de Materiales de Construcción continúa diversificándose e incrementando los niveles de producción alcanzando en los últimos 5 años entre un 9 y un 10%, de crecimiento anual, destacándose en estos los productos de hormigón y las producciones de plástico. A partir del año 2015 se han fabricado y entregado a los municipios para realizar estas producciones, 7 molinos de Mandíbula, 28 Molinos de Martillo, 10 bloqueras de 1 200 unidades por turno y 8 hormigoneras. Al

cierre del año 2016 se produjeron en 8 municipios un total de 57 renglones por genéricos, en correspondencia con las materias primas naturales y reciclables existente localmente. De un total de 54 bases productivas están creadas en los municipios cabeceras 8 y se deben crear 46 nuevas capacidades en los consejos populares no urbanos.

Al cierre del 2017 se alcanzaron los siguientes niveles productivos: 8 700 m3 de áridos; 1,6 millones de ladrillos; 2,2 millones de bloques; 92 500 m2 de mosaicos y baldosas; 650 cubiertas sólidas de 25 m2; 2 100 marcos de hormigón; 1 300 mesetas; 9 000 lavaderos de hormigón; 1 900 tanques de hormigón para agua; 243 900 km de mangueras y tubos; y 3 mil conexiones plásticas.

En el 2018 se prevé instalar mini industrias a nivel de cada municipio y consejo popular, siempre teniendo como prioridad la situación del fondo habitacional. Estas producciones respaldan la demanda de bloques y ladrillos, los elementos de piso al 82 % y las cubiertas solidas al 93 %, estas últimas fundamentales para las CBH. Diariamente se producen los volúmenes de materiales equivalentes para construir 1.5 viviendas de ladrillos, 8.6 viviendas de bloques de hormigón, 8.7 viviendas con pisos y 6 viviendas de cubierta sólida.

2.6 Caracterización del fondo habitacional de la vivienda en el municipio de Cabaiguán.

El fondo habitacional actualizado por el Censo de Población y Viviendas del año 2012 y la evolución del fondo con cierre junio del 2017 en el municipio de Cabaiguán, es de 25 001 viviendas, de ellas se encuentran en estado: Bueno 17 778 (71.11%), Regular 4 401 (17.60%) y Malo 2 822 (0.11%). De las viviendas que existen en el fondo habitacional; el 70.13% son de Propiedad personal de sus ocupantes y el 29.87 % son no propietarios con la siguiente distribución: el 3.38 % son viviendas vinculadas y medios básicos, el 3.82% son usufructuarios, el 4,56 % son en arrendamiento y el 18.1 % son sin titularidad. La Tipología I representa el 48.35 % con un total de 12 089 viviendas y las restantes son de cubierta ligera.

El déficit habitacional actual del municipio asciende a 3 918 viviendas, en las que se incluye acciones de rehabilitación y conservación. El pronóstico de recuperación se planifica en 7 años a contar a partir del presente. En total deben ser edificadas 2 394 (757 en el CP Cabaiguán I y II) nuevas viviendas, de ellas 2 394 (9,57%) por el Estado y 1 694 (85%) por el esfuerzo propio de la población, dentro de estas últimas 1 052 por esfuerzo propio puro y 642 por subsidios (219 en el CP Cabaiguán I y II).

Demanda de materiales de construcción y producción local

La demanda de materiales exigirá de un incremento en las producciones de la Industria Nacional, con la ampliación de las capacidades productivas en: cemento, áridos, pisos, enchapes, muebles sanitarios, mantas asfálticas para impermeables, etc. En Cabaiguán deben adicionarse para el programa de recuperación del fondo habitacional, 1 Brigada de movimiento de tierra, 1 Brigada de redes y 1 Brigada de Construcción y Montaje con sus requeridos equipamientos.

El programa de producción local de materiales debe extenderse hasta un total de 25 bases productivas, es decir incrementar 9 nuevas capacidades en 9 Consejos Populares, con la asignación de equipamientos para la producción de elementos de pared, techo y carpintería, así como otros recursos necesarios para la ejecución de las acciones previstas en la recuperación del fondo habitacional del municipio.

2.7 Planta de tratamiento de desechos sólidos en Cabaiguán.

Una planta para el procesamiento de los residuos sólidos que genera el municipio está en funcionamiento en la finca San Gerónimo, próxima al Club Campestre de Cabaiguán. La obra es el resultado de un proyecto de desarrollo local con fines ecológicos, único de su tipo en Cuba, emprendido por Juan Antonio González Gómez, innovador que comenzó en calidad de trabajador por cuenta propia, se convirtió luego en proyectista y hoy funge como jefe del centro integral. En dicha planta se asumirá no solo la clasificación de los desechos que van a parar a los vertederos locales para su entrega a la Empresa de Materias Primas, sino que en determinados casos también se procesarán y convertirán los mismos en materiales utilizables dentro de la propia mini-industria o en materiales para la construcción.

Con tal propósito se gestó la idea en el año 2012 y luego el proyecto fue discutido en dos eventos: la Convención Internacional de Residuos Sólidos, en el 2014 en Argentina, y la Convención Internacional de Comercio, Tecnología e Innovación, en el Palacio de Convenciones de La Habana, en el 2016. Luego de la fase de construcción, iniciada en 2015, se pasó al montaje de los equipos, mayormente construidos con materiales en desuso. Roger Juan Obregón, al frente de dicha tarea, mostró los transportadores de neumático, en forma de esteras sobre rodillos, que trasladarán los materiales una vez preseleccionados abajo hacia el área de clasificación, y luego tras su clasificación otros trabajadores los envasarán en sacos independientes, y el remanente saldrá por el extremo opuesto para su uso como abono orgánico. En la recogida y recolección de los desechos ayudará una red de gestores que se encargarán de la labor profiláctica y ambientalista entre la ciudadanía, explicó el jefe del centro integral. Cuentan, significó, con la asesoría de la Sede Universitaria de Cabaiguán, encargada de la capacitación de esos gestores y de sensibilizar a los pobladores con el quehacer de la planta. De igual modo, dijo, reciben apoyo no solo del Gobierno, del que partió la propuesta misma de la planta, sino además de múltiples actores locales.

El centro dispone, asimismo, de una prensa hidráulica criolla para comprimir y empacar materias primas, un inyector de plástico para la fabricación de nuevos productos, un molino de vidrio y otro de residuales de construcción y demolición (RCD), una máquina rústica para para tratar textiles, entre otras para procesos productivos auxiliares. La instalación también cuenta con varios objetos de obra, entre ellos el edificio socio-administrativo, con filtro sanitario destinado a la higienización de los obreros y al cambio de vestuario para proteger su salud. Igualmente disponen, aseguró la Directora de Servicios Comunales en Cabaiguán, de los medios de protección necesarios. Se trata de un plan ambicioso que servirá como fuente de empleo para un grupo de personas que podrían confeccionar artículos en sus propias viviendas. También permitirá canalizar el uso práctico de desechos que actualmente contaminan el ambiente.

2.7.1 Destino actual de las materias primas recicladas en la planta.

Del proceso de selección de la basura derivan diferentes tipos de materias primas las cuales se destinan a diferentes actividades o directamente a la venta en dependencia de la demanda de producción de la planta en el momento. La planta selecciona productos que son directamente ofertados a las casas de compra de la Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas, los cuales deben cumplir diferentes requisitos de terminados por la misma empresa, parte de estos lo conforman botellas, cartón, aluminio, plásticos y chatarra ferrosa. Según datos aportados por los directivos de la misma industria, en la selección de todos los productos recuperados en el plazo de un mes de trabajo, se destinaron directamente a la venta 4296 kg de papel cartón, 533.5 kg de plástico, 395.5 kg de aluminio, 127 kg de papel y 2480 kg de acero mezclado. Los productos de estas categorías que no cumplen con los requisitos para la venta cumplen con otra función dentro de su ciclo de vida. Las botellas que no aceptan las casas de compras son destinadas, junto a restos de vidrios recolectados, a la molienda para su empleo en la fabricación de bloques para la construcción como sustituto del árido fino empleado para este propósito, y de esta forma se convierten en una nueva materia prima para la conformación de un producto terminado. De igual forma son utilizadas como vasos artesanales que se venden directamente a compradores locales para su uso en cafeterías o propósitos similares, llegando a conformar un producto terminado que parte directamente de la reutilización de uno previo con diferentes usos. Parte de los plásticos, que se mantienen en el ciclo de procesamiento de la planta, se destinan a la conformación de objetos decorativos para interiores y el resto se procede a su molienda para su uso en la conformación de bloques de hormigón, dentro del cual ejercerían, junto al vidrio, como sustitutos de áridos finos. También los restos de plásticos molidos se emplean en la elaboración de piezas y uniones de instalaciones hidrosanitarias y eléctricas a través de una máquina de extrusión de plásticos con que cuenta la industria.

Desechos de caucho y gomas conforman también la gama de productos que se encuentran en la basura recogida. Los restos de botas de goma son vendidos a

compradores locales, los cuales se encargan de su fundición para devolverles su uso original; mientras que de la cantidad de llantas que se reciben, se reúsan los alambres de acero que conforman el ring para la fabricación de las tabletas del sistema de cubierta de viguetas y tabletas como sustitución del acero convencional para estos propósitos.

Los residuos orgánicos, que conforman la mayor parte de la basura recolectada, son triturados y destinados a un proceso de compostaje por lumbricultura que se desarrolla en la planta para la obtención de abonos; además de ser empleados en la producción de energía que abastecerá a la industria a través de una planta de biogás instalada en el sitio.

A la planta también llegan considerables volúmenes de residuos de construcción y demolición, los cuales en la actualidad se muelen y se destinan a las terminaciones de viviendas locales, a lo que se necesita aclarar la valoración de diferentes usos dentro del sector de la construcción para diversificar su empleo y comercialización, así como la elaboración de un producto final.

2.7.2 Productos constructivos de potencial fabricación dentro de la planta de reciclaje.

El propósito final de la planta de reciclaje, a juicio de sus directivos, no solo está en proporcionarle un nuevo uso a la basura que genera la sociedad, sino en enfocar sus proyectos y unir esfuerzos en la elaboración de productos acabados y proporcionar materias primas necesarias para su uso en la construcción, y de esta manera poder suplir el volumen constructivo que representa el tema de la ejecución de los subsidios para la industria nacional. En base a estos planteamientos existen nuevas expectativas dentro de la fábrica, y en busca de su solución se plante la construcción de nuevos productos, entre estos, se encuentran:

_ Carpintería de aluminio

La planta actualmente destina la totalidad del aluminio que recibe a la venta directa a las casas de compra de la Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas; con la ejecución de moldes para el fundido de aluminio para la elaboración

de la carpintería para viviendas, se logra la conformación de un producto acabado con un valor agregado y que cumplirá una nueva función que prolongará la vida útil del aluminio reciclado. Ya esta práctica es de uso común en diferentes provincias del país, sin embargo, se incumplen normativas que modulan las dimensiones de los productos, lo que afecta las condiciones ergonómicas de la vivienda.

_ Ladrillos de papelcreto

Ladrillos de papel y cartón reciclados (más comúnmente conocidos como ladrillos de papelcreto), con función no estructural dentro de la construcción, son una opción viable en contraposición a la cantidad de esta materia prima que acopia en la planta. Muros erigidos con estos módulos de fábrica, como se describe, no tendrían función estructural y no sería conveniente su uso expuestos al intemperismo, siendo factible su empleo como muros divisorios al interior de la vivienda. A pesar de estar conformados por papel se ha comprobado que sus características ignífugas aumentan en la medida que se use más cemento en su fabricación.

_ Bloques de hormigón con vidrio molido

El vidrio molido en sustitución de la arena usada como árido fino en la fabricación de bloques de hormigón es una opción loable para la planta de reciclaje. De esta forma se le da un uso a una materia prima que de otra manera sería desechada por la sociedad, a la vez que se deja de someter a explotación las canteras en busca de recursos naturales para la construcción que no son renovables por la naturaleza.

_ Bloques de hormigón con residuos de demolición y construcción (RDC).

Bloques que sustituyen en su totalidad los diferentes volúmenes de áridos naturales por áridos alternativos obtenidos del procesamiento de residuos de demolición y construcción en sus diferentes granulometrías; que además cumplen con los requerimientos de resistencia que exige la NC 247 2010 Bloques Huecos de Hormigón – Especificaciones.

_ Bloques de plásticos

Bloques para la construcción resultan de la extrusión de plástico a partir de moldes para este fin, conformando no solo la pieza modular, sino una serie de ella que podrían conformar un sistema constructivo en su totalidad. Otra opción igual sería la sustitución de árido fino por virutas de plástico para la conformación del bloque, a lo que se destinarían también bolsas de plástico que en estos momentos no tiene un destino útil final dentro de la planta de reciclaje. Ya en las unidades productoras locales de materiales en Santa Clara se producen estos elementos de fábrica para la conformación de muros, y se ha logrado aumentar considerablemente su ligereza lo que implica mayor facilidad y maniobrabilidad para la construcción; su resistencia se ha visto afectada, por lo que se propone su uso para tabiques divisorios y no estructurales.

_ Hormigones hidráulicos con residuos de vidrios y RCD

El uso de vidrio molido y residuos de construcción y demolición, mezclados, o por separados entre ellos con el resto de los componentes del hormigón, es otro de los usos busca de economizar la extracción de las canteras y darles un nuevo fin a materias primas obtenidas a partir del reciclaje. Los hormigones hidráulicos conformados a partir de estos compuestos no solo podrán ser utilizados en elementos estructurales como las cimentaciones, cerramientos y cubiertas, sino también para la fundición de elementos in situ con otras funciones, como mesetas, pisos, entre otros, obteniendo todos los beneficios de los que goza en hormigón hidráulico de uso convencional.

_ Tejas plásticas

Tejas para cubiertas extruidas a partir de plástico, son una solución ambiental para cubiertas. Presentan muy buen comportamiento climático, son muy resistentes, a partir de diferentes moldes se pueden obtener distintas formas y texturas, y son sin duda una opción ecológica para este fin.

_ Piezas eléctricas e hidrosanitarias

Como se ha expuesto, la planta posee la tecnología para generar piezas y uniones plásticas de rosca para su uso en instalaciones eléctricas e hidrosanitarias, lo que

no solo tiene su aporte ecológico, sino que brinda la posibilidad de obtención de estos productos de forma local en el municipio.

_ Sistema de cubierta de viguetas y tabletas

Esta solución consiste en viguetas de hormigón armado, con una sección trapezoidal que varía según el molde previamente diseñado disponibles en plantas o en talleres de eco materiales. Sobre ellas se apoyan las tabletas de hormigón armado de 30 mm de espesor que se producen sobre un piso de hormigón horizontal y muy pulido con gualderas metálicas o de madera.

Se emplea para su producción hormigón con Rbk=20 Mpa a los 28 días, con áridos no mayores de 10mm. El montaje y la manipulación se realiza de forma manual por dos hombres. Son de fácil elaboración y se pueden producir a pie de obra, en polígono o en plantas de prefabricado, ya que los moldes pueden ser sencillos. (Gálligo, 2005)

El sistema de cubierta de viguetas y tabletas es una opción muy económica empleada actualmente en el país, tanto por su facilidad de producción como de transporte y montaje. La planta de reciclaje pretende producir de manera seriada estos componentes con un enfoque ecológico añadido, debido a que en las tabletas se sustituye el acero convencional con alambrones presentes en las llantas que se hacen llegar a la planta, y las viguetas en su caso particular serían fundidas con hormigones hidráulicos a base de residuos de construcción y demolición y vidrio molido.

2.8 Tecnologías y materias primas utilizadas en el proyecto.

En el contexto del presente proyecto investigativo se propone el uso de materiales reciclados de la construcción para la conformación de una vivienda mínima adecuada de carácter progresivo a partir del subsidio aprobado por el Estado. Tal y como se ha comentado, en la política aprobada por nuestro gobierno se contempla la subvención de un monto financiero de 85 000 CUP para la ejecución de dicha vivienda de 25 m2, conocida como Célula Básica Habitacional (CBH). En nuestro proyecto se conformará una vivienda con estas características de tipología

constructiva I según la Norma Cubana de vivienda NC 1055-1 2014, y se valora la versatilidad del empleo de estos materiales en las diferentes partes componentes de una vivienda urbana como de una vivienda rural, según su clasificación de vivienda a partir de su localización territorial, de interés para la investigación.

Tipología constructiva I.

Según la Norma Cubana NC 1055-1 2014: Edificaciones-Vivienda-Parte 1: Generalidades, se entiende por vivienda de tipología constructiva I a aquella con las siguientes características:

Imagen. Tipología de vivienda.

Tipo	Paredes	Techos	Pisos
I	Paneles prefabricados de hormigón armado Estructuras de hormigón y de acero (con cierres resistentes) Muros de mampostería, piedras, ladrillos de barro, bloques de hormigón o de canto Paredes de PVC rellenas de hormigón y mortero Elementos de poliestireno expandido revestidos con mortero Boques de suelo estabilizado	**Cubierta pesada** Losas de hormigón armado fundidas in situ o prefabricadas Vigas de hormigón, acero o madera con bovedillas de hormigón, barro, poliestireno expandido, formaletas, rasillas entre vigas, tabletas, dovelas y carpeta de hormigón Carpeta de hormigón sobre tejas de fibrocemento o zinc y vigas de hormigón o metal	Terrazo integral, baldosas Mármol, granito Losetas hidráulicas (mosaicos) Gres cerámico Linóleo Losas de cerámica roja Cemento pulido

Fuente: Foto tomada por el autor.

Vivienda urbana.

Según la Norma Cubana NC 1055-1 2014: Edificaciones-Vivienda-Parte 1: Generalidades, se entiende por vivienda urbana: “vivienda ubicada en zonas urbanizadas de ciudades y pueblos.”

Vivienda rural

Según la Norma Cubana NC 1055-1 2014: Edificaciones-Vivienda-Parte 1: Generalidades, se entiende por vivienda rural: “vivienda en la cual se desarrollan

actividades vitales de las familias que habitan de forma aislada o en asentamientos no clasificados como urbanos de acuerdo con la NC 50-17, los cuales pueden ser concentrados o dispersos.”

Como parte de nuestro interés investigativo a desarrollar, nos referiremos a vivienda urbana a la localizada en los Consejos Populares (CP): Cabaiguán I y II, Guayos, Jíquima y Santa Lucía, y vivienda rural a las ubicadas en el resto de los CP del municipio.

Componentes de la vivienda

La vivienda en general se compone por diferentes elementos constructivos que se pueden agrupar en grupos independientes respondiendo a su función específica dentro de la obra. Las diferentes partes componentes de una vivienda, refiriéndonos en el caso particular a una vivienda adecuada mínima construida a partir de la subvención por el Estado en el municipio de Cabaiguán, se representan a continuación:

Tabla 4. Elementos componentes de la vivienda.

Partes componentes de la vivienda	Derivaciones
Cimentación	Cimiento corrido. Dado de cimentación. Cimiento ciclópeo
Elementos de piso	Baldosas. Rodapiés
Elementos de muros	Muro Estructural y Muro Divisorio.
Elementos de cierre de carpintería	Puertas. Ventanas.
Acabados y Terminaciones	Resano. Texturas. Pintura
Instalaciones Eléctricas e Hidrosanitarias	Piezas y accesorios de unión. Tubos.
Elementos de Falso Techo	Planchas. Purling
Sistema de Cubierta	Estructura de cubierta. Impermeabilización. Elementos de control solar
Soluciones de Control Ambiental.	Tejas para cubierta.

Fuente: Elaborado por el autor.

Variedad de materiales reciclados para la construcción de la CBH.

La variedad y diversidad de empleos de materiales para la construcción a través del reciclaje flexibiliza las opciones de diseño, requerimientos técnicos y materiales de los que se dispone para la ejecución de una CBH con estas tecnologías. Consultar Anexo 4.

Conclusiones Parciales

En Cuba el uso de materiales reciclados aplicados a la industria de la construcción muestra vestigios de un inicio de desarrollo ante una problemática recurrente actual como lo es la escasez de materias primas naturales de las canteras. En la actualidad existen proyectos en plena funcionalidad destinados a la producción de un surtido variado de materiales responsables con el medio ambiente.

La generación de desechos sólidos en la provincia de Sancti Spíritus y en particular en el municipio de Cabaiguán, a pesar de que alrededor del 70% de los residuos recolectados son componentes orgánicos, representa una amplia gama de recursos aprovechables en la industria de la construcción.

El déficit habitacional de la vivienda en Cabaiguán asciende a 3 918 viviendas para un pronóstico de recuperación de 7 años en curso. De ellas 642 pertenecen a subsidios otorgados por el Estado, y para su ejecución se estima una creciente producción de materias primas: cemento, áridos, pisos, enchapes, muebles sanitarios…, para lo cual ante la escasez de las canteras se exige el uso de materias primas alternativas como sustituto de las usadas convencionalmente.

En el municipio de Cabaiguán se encuentra en funcionamiento una planta para el procesamiento de residuos sólidos urbanos generados por la sociedad con el fin de suplir la escasez de materias primas convencionales y asumir proyectos de construcción de CBH del municipio. Para dichos objetivos la planta produce un surtido de materiales y componentes estructurales capaz de reemplazar los convencionales en los diferente elementos componentes de la vivienda.

Capítulo III. Análisis de los beneficios del empleo de materiales reciclados en la construcción de una Célula Básica Habitacional (CBH) subsidiada por el Estado.

Como parte conclusiva de esta investigación se plantea el análisis de los índices de ahorro y de consumo que representa el empleo de materiales reciclados en la construcción de viviendas subsidiadas por el Estado, específicamente refiriéndose a la CBH. Para ello se propone la aplicación de dichos materiales de producción local en el municipio de Cabaiguán a través de la planta de reciclaje de desechos sólidos urbanos, a una solución de CBH y, en contraposición con los métodos tradicionales de construcción, arribar a resultados concluyentes en materia de ahorro de materias primas naturales, calidad en el diseño, confort ambiental, costo de los materiales e impacto sobre el medio ambiente.

3.1 Variedad de empleo de materiales reciclados en la vivienda.

El estudio del reciclado en la industria de la construcción mundial ha consolidado las posibilidades de su uso en la industria constructiva cubana. La disponibilidad de materias primas desaprovechadas hasta el momento hace replantearnos el sistema lineal de producción y explotación de recursos naturales para suplir el déficit de viviendas en nuestro país. Conscientes de que existen nuevas soluciones amigables con el medio ambiente para asumir la creciente demanda en la construcción nacional, la vivienda podría rediseñarse teniendo en cuenta las particularidades y capacidades de la industria nacional, empleando soluciones bioamigables y factibles en cada parte componente de la vivienda. (Ver Anexo 5)

3.2 Cartilla Técnica Subsidios Vivienda. Proyecto de CBH propuesto.

El Instituto Nacional de la Vivienda dio a conocer su Cartilla Técnica Subsidios Vivienda, que dispone de la documentación regulatoria vigente para los temas relacionados con la construcción de viviendas subsidiadas en nuestro país y los accionares legales y responsabilidades de las partes que intervienen en el proceso. En dicho documento también se norman los temas concernientes a la ejecución de proyecto tipo de CBH, el cual se toma como referencia para la obtención de los

presupuestos destinados para cada actividad de la obra, el diseño, costo de los materiales, mano de obra y transportación.

Dicho proyecto tipo de CBH se incluye dentro del presupuesto para una nueva obra o reposición, y se destinan 80 000 pesos para la construcción de un núcleo de 25 m2 como etapa inicial de una vivienda progresiva que finalmente contará con 70 m2. La delimitación de lo construido en esta etapa inicial se realiza considerando como punto de partida al servicio sanitario como inversión principal a mantenerse en el mismo sitio cuando se concluya la vivienda; y cuenta con lo llamada módulo esencial para vivir, que incluye el servicio sanitario, una cocina, un espacio de uso múltiple y de ser posible, un patio de servicio que cuente con lavadero y vertedero.

La experiencia en la práctica de la construcción de CBH evidencia que, si bien el proyecto descrito en la Cartilla Técnica es útil para redondear un valor cercano al costo total de ejecución de una vivienda mínima adecuada, la realidad es que cada ejecución de estas difiere de un proyecto tipo a replicar. Los beneficiados por un subsidio del Estado para la construcción de una CBH son personas naturales que poseen la propiedad sobre un solar o sobre su vivienda, que en este último caso ha sido dañada afectando su certificación de habitable, y que en la mayoría de las ocasiones requieren de nuevas soluciones de proyecto que se adecúen al sitio del que se dispone para la construcción de su vivienda. Por ende, para el análisis de los beneficios del uso de materiales reciclados en proyectos de construcción de CBH, seleccionaremos un proyecto en específico para un caso de subsidio resuelto por la oficina del Arquitecto de la Comunidad de Sancti Spíritus, específicamente a cargo del arquitecto Carlos Sáez Bandomo.

3.3 Descripción de proyecto de CBH con materias primas convencionales en su construcción.

El proyecto propuesto por el arquitecto Carlos Sáez Bandomo responde a una CBH de 25 m2 de muros de carga de bloques de 15 cm y cubierta ligera de cinc galvanizado, condición que variaremos para dicha investigación por una cubierta sólida de viguetas y tabletas en consecuencia con nuevas ordenanzas nacionales para la vivienda que exigen la tenencia de cubierta sólida y, específicamente este

sistema de cubierta por su fácil obtención dentro del territorio (Ver Anexo 6).El proyecto se ejecutó siguiendo los métodos tradicionales de construcción, por lo que en cada parte componente de la vivienda se emplearon los materiales convencionales y generalizados en la construcción de viviendas en nuestro país (Ver Anexo 7).

Los índices de consumo de materiales convencionales empleados en el proyecto original son el objetivo a tener en cuenta y no los precios de estos, pues el diseño de CBH ya se ajusta al monto de los 85 000 pesos cubanos otorgado por el Estado para la construcción total de dicha vivienda, de esta forma para acceder a los volúmenes de materiales empleados: consultar (Anexo 8).

De esta forma los volúmenes generales de los materiales fundamentales empleados en la construcción de la CBH se pueden resumir a continuación:

Tabla 7. Totales materiales fundamentales convencionales CBH.

Totales Materiales Fundamentales	U/M	Cant.
Viguetas	U	14
Tabletas	U	128
Cemento PP-250 s/c de 42,5 Kg	S	37.33
Cemento P-250 s/c de 42,5 Kg	S	88.55
Cemento P-350 s/c de 42,5 Kg	S	46.25
Árido fino	m^3	17.566
Árido grueso	m^3	19.953
Acero ½" (13mm)	ml	572.51
Acero 3/8" (10mm)	ml	143.95
Bloques de 15cm	U	1283

Fuente: Elaborado por el autor.

3.4 Descripción de proyecto de CBH con materias primas recicladas para su construcción.

La CBH propuesta tendrá las mismas características que la solución seleccionada, solo se interviene en el uso de nuevos materiales reciclados en sustitución de los tradicionalmente empleados. Para este fin se dispone de una vivienda progresiva de 70 m2, contando igualmente con la ejecución de una etapa inicial de 25 m2 con las características generales siguientes: cubierta de viguetas y tabletas, piso de hormigón vidriado pulido y muros edificados con bloques estructurales y divisorios elaborados con vidrios, papel y áridos recuperados. El surtido de materiales empleados como reemplazo en las diferentes partes componentes de la vivienda es en fin el éxito del uso de materiales alternativos ante el déficit de las canteras de materias primas convencionales. (Ver Anexo 9)

De esta forma los volúmenes generales de los materiales fundamentales empleados en la construcción de la CBH se pueden resumir a continuación:

Tabla 8. Totales materiales fundamentales reciclados CBH (*)

Totales Materiales Fundamentales		
Viguetas	U	14
Tabletas	U	128
Cemento PP-250 s/c de 42,5 Kg	S	36.89
Cemento P-250 s/c de 42,5 Kg	S	97.73
Cemento P-350 s/c de 42,5 Kg	S	38.12
Árido fino	m³	3.63
Árido grueso	m³	5.5575
Árido fino (RDC)	m³	12.22
Árido grueso (RDC)	m³	13.3
Vidrio molido	m³	1.495
Acero ½" (12.7mm)	ml	572.51
Acero 3/8" (10mm)	ml	143.95

Celulosa de papel reciclado	kg	316.2
Bloques de hormigón 15 cm (estructural)	U	1128
Bloques bioamigable 15 cm (divisorio)	U	155

Fuente: Elaborado por el autor.

* Para el análisis de los totales de materiales fundamentales se tomó en cuenta la solución de vivienda con muros portantes de bloques huecos de hormigón con áridos reciclados de los procesos de demolición y construcción en sustitución de los áridos naturales convencionales.

3.5 Balance de resultados obtenidos.

Ahorro de materias primas.

De forma conclusiva el uso de materiales reciclados en sustitución de los usados convencionalmente para la construcción, en el caso particular de la construcción de CBH, reporta resultados alentadores en cuanto a la disminución del consumo de materias primas vírgenes, la reutilización de materias primas desechadas por la sociedad y destino a una nueva cadena productiva y a una reducción considerable de las emisiones de CO2 a la atmósfera, también relacionado con un consumo extra de energía. A continuación, se presentan los principales indicadores de ahorros de materiales para la construcción que reportó la sustitución de los usados de manera convencional por los materiales alternativos propuestos en esta investigación. Para este primer análisis se tomó en consideración que para la ejecución de los muros portantes se emplearían bloques de hormigón con RDC como sustituto total de las diferentes granulometrías de áridos empleados en la mezcla y, para muros divisorios, se usarían bloques de celulosa de papel y vidrio molido. De esta forma los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 8. Índices de ahorro de materias primas convencionales.

Producto		
Cemento PP-250 s/c de 42,5 Kg	S	0.44
Cemento P-350 s/c de 42,5 Kg	S	8.13
Árido fino	m³	14
Árido grueso	m³	14.4
Teja	U	352
Piezas Eléctricas e Hidrosanitarias de plásticos convencionales (tipos de productos y no cantidades)	U	33

Fuente: Elaborado por el autor.

Como contraparte del asunto, no solo se ahorraron materias primas que devendrían en la explotación de reservas naturales, sino que también se utilizaron los siguientes índices de materiales alternativos sin utilidad dentro de una nueva cadena productiva:

Tabla 9. Índices de uso de materias primas recicladas.

Producto	U/M	Índice
Vidrio molido	m³	1.495
Árido fino (RDC)	m³	12.22
Árido grueso (RDC)	m³	13.3
Celulosa de papel reciclado	kg	316.2
Teja plástica extruida	U	352
Piezas Eléctricas e Hidrosanitarias de plásticos reciclados (tipos de productos y no cantidades)	U	33

Fuente: Elaborado por el autor.

A continuación, se analizan los mismos parámetros de ahorro de materias primas y sustitución por otras alternativas considerando la solución de muros estructurales con diferentes elementos de obra:

3.5.1 Solución de CBH con muros portantes de bloques de hormigón con residuos de plástico triturado en sustitución de un 15 % del árido fino de la mezcla.

Con esta solución los índices de materias primas convencionales ahorradas serían:

Tabla 10. Índices de ahorro de materias primas convencionales.

Producto		
Cemento PP-250 s/c de 42,5 Kg	S	0.44
Cemento P-350 s/c de 42,5 Kg	S	8.13
Árido fino	m³	9.54
Árido grueso	m³	7.5
Teja	U	352
Piezas Eléctricas e Hidrosanitarias de plásticos convencionales (tipos de productos y no cantidades)	U	33

Fuente: Elaborado por el autor.

Asimismo, se reutilizarían los siguientes índices de materias primas alternativas:

Tabla 11. Índices de uso de materias primas recicladas.

Producto	U/M	Índice
Vidrio molido	m³	1.495
Residuos de plástico triturado	m³	0.775
Árido fino (RDC)	m³	7.05
Árido grueso (RDC)	m³	6.41
Teja plástica extruida	U	352
Piezas Eléctricas e Hidrosanitarias de plásticos reciclados (tipos de productos y no cantidades)	U	33

Fuente: Elaborado por el autor.

3.5.2 Solución de CBH con muros portantes de bloques de hormigón que sustituyen en un 100% el uso del árido fino de la mezcla por vidrio molido.

Con esta solución los índices de materias primas convencionales ahorradas serían:

Tabla 12. Índices de ahorro de materias primas convencionales.

Producto		
Cemento PP-250 s/c de 42,5 Kg	S	0.44
Cemento P-350 s/c de 42,5 Kg	S	8.13
Árido fino	m³	13.936
Árido grueso	m³	7.5
Teja	U	352
Piezas Eléctricas e Hidrosanitarias de plásticos convencionales (tipos de productos y no cantidades)	U	33

Fuente: Elaborado por el autor.

Asimismo, se reutilizarían los siguientes índices de materias primas alternativas:

Tabla 13. Índices de uso de materias primas recicladas.

Producto	U/M	Índice
Vidrio molido	m³	6.655
Árido fino (RDC)	m³	7.05
Árido grueso (RDC)	m³	6.4
Teja plástica extruida	U	352
Piezas Eléctricas e Hidrosanitarias de plásticos reciclados (tipos de productos y no cantidades)	U	33

Fuente: Elaborado por el autor.

3.6 Análisis de la huella ecológica.

Como se ha analizado, la construcción de CBH con materiales alternativos como sustituto a los convencionalmente empleados, reduce el consumo de materias primas vírgenes y aprovecha otras materias primas sin utilidad hasta el momento y sin aplicación masiva en la construcción. Distintas alternativas con la aplicación de diversos surtidos de materiales reciclados ofrecen indicadores de ahorro y aprovechamiento cuantiosos para una sola unidad básica habitacional. Si tomamos en cuenta los índices de consumo de materiales de la primera solución de vivienda propuesta en esta investigación obtenemos que una sola CBH es capaz de generar volúmenes de ahorro de materias primas convencionales equivalentes a: 365 kg de cemento, 28.5m³ de áridos naturales, 352 unidades de tejas cerámicas y 33 tipos diferentes de productos de piezas y componentes de plásticos convencionales para instalaciones eléctricas e hidrosanitarias (Ver Tabla 8); a la vez que es capaz de incorporar materias primas alternativas por volúmenes equivalentes a: 1.5m³ de vidrio molido, 25.5m³ de áridos reciclados de los procesos de demolición y construcción en sus diferentes granulometrías, 316 kg de celulosa de papel reciclado, 352 unidades de tejas plásticas extruidas y 33 tipos diferentes de productos de piezas eléctricas e hidrosanitarias a partir de plásticos reciclados (Ver Tabla 9).

Respecto a la reducción de las emisiones de CO_2 que el empleo de materiales bioamigables con el medio ambiente reporta, obtenemos que en los principales materiales convencionales sustituidos en el proyecto de CBH, por ejemplo, según (Ramírez & Villada, 2018) la extracción por minería de 1ton de árido grueso repercute en la emisión de 0.00316 ton de CO_2 en la producción de energía eléctrica para dicha tarea, a la vez que se expulsan otras 0.00523 ton de este gas en la producción de diésel necesario para esta labor; asimismo, el uso de árido grueso a partir de RDC emite menor cantidad de CO_2 .(Ver Anexo 13)

En lo que compete a la producción de cemento, referenciamos que, el proceso de síntesis de piedra caliza para la obtención de clínker (principal componente del cemento Portland) a alta temperatura, hace que la industria del cemento sea

responsable del 5 al 7% de las emisiones antropogénicas globales de CO2 a la atmósfera (Van den Heede & De Belie, 2012). Por cada tonelada de cemento que se produce, se emiten entre 0,62 y 0,97 toneladas de CO2 (Damtoft, et al., 2008); 50% de estas es generada por la descarbonatación de la caliza en su calcinación y el 50% restante por la quema del combustible, carbón principalmente, el proceso de molienda final y el transporte (Roskovic & Bjegovic, 2005) (Sorrentino, 2011) (Habert, et al., 2010).

Asimismo, el procesamiento de residuos de vidrios para su molienda y su sustitución por árido fino convencionalmente empleado en construcción, requiere consumos mínimos de energía, y durante este proceso no se emiten gases nocivos para el medio ambiente, solamente se estima la liberación de los que para producir el combustible necesario para la energía que necesita el proceso fueron emitidos.

Igualmente, en esta investigación, para obtener el balance de emisión de CO_2 general, se estimó que los índices de consumo de diésel y energía, así como las emisiones de CO_2 para la obtención de 1 ton de árido fino se igualarían a los índices necesarios para la obtención de esta misma cantidad de árido grueso (Ver Anexo 13).

De esta forma una vivienda fiel a la propuesta en esta investigación emite 0.36 ton menos de CO_2 en empleo de cemento y 0.3745 ton en explotación de áridos convencionales, este último para un índice de ahorro del 25%. Teniendo en cuenta que el déficit habitacional de la vivienda exige la construcción de 642 CBH, implicaría un ahorro total de 471.5 ton de CO_2 emitidas a la atmósfera. (Ver Gráfico 1)

Gráfico 1. Balance ecológico de CBH con materiales reciclados.

Fuente: Elaborado por el autor.

3.7 Pronóstico de recuperación del déficit habitacional en el municipio de Cabaiguán a través del empleo de materiales reciclados en la construcción de CBH.

A fidelidad de las fuentes empleadas, según la Dirección Municipal de la Vivienda del municipio de Cabaiguán, para suplir la construcción de CBH se propone un plan de 7 años que dispone de cantidades ascendentes de obras de este tipo a ejecutar por año, en la medida que también se incrementa la producción previamente planificada de materias primas para la conformación de materiales para la construcción. Con el uso de materias primas recicladas para su uso en la construcción, y con los índices de ahorro generados por la implementación de estos materiales alternativos, se ha llegado a la conclusión que el plazo de recuperación del déficit municipal de 642 CBH puede descender a solo 3 años, y esto sin someter fuentes vírgenes de recursos naturales, sino aprovechando los mismos residuos que la sociedad actual genera. Para llegar a este indicador en plazo de tiempo se estimó que las materias primas alternativas abastecen la demanda para la construcción del plan previsto puesto a que se cuenta con las materias primas brutas para su procesamiento, y que los índices de ahorro de materias primas convencionales serían sustituidos por sus equivalentes en materiales alternativos.

3.8 Solución alternativa de proyecto de CBH.

El objetivo de la siguiente propuesta de proyecto de CBH es dar a conocer las utilidades del empleo de paneles divisorios ligeros de materiales reciclados para la delimitación de los espacios interiores de la vivienda y la variedad de diseños que pueden ofrecer, su fácil ejecución y montaje, el ahorro de espacio útil que representa y la diversidad de aplicaciones que representa sin comprometer la estructura de la vivienda.

En la planta arquitectónica siguiente se concibe una vivienda tipo cáscara de 25 m2 de área útil, únicamente delimitada por los muros portantes exteriores y un módulo sanitario en su interior. La propia propuesta vacía brinda los servicios requeridos

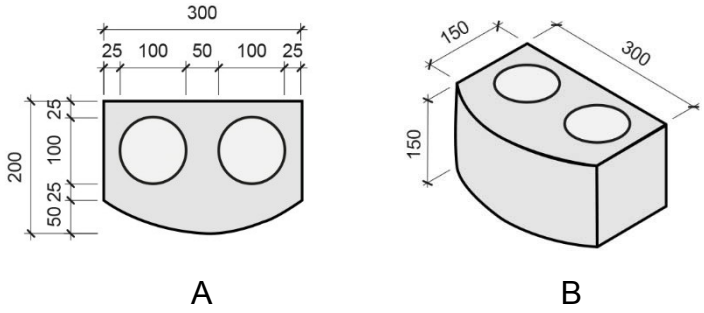
para su condición de habitable propone un espacio multifuncional de libre uso y diseño interior (Ver Anexo 11).

La opción de libre diseño interior permite una variedad de soluciones funcionales que delimiten los espacios, si es que se considera necesario. La siguiente solución es el resultado de la necesidad de un núcleo familiar de 3 personas de particionar su vivienda cáscara para obtener dos dormitorios de área mínima y un espacio multifuncional integrado de sala_cocina_comedor. La ejecución de los muros divisorios se realizó con elementos de fábrica de celulosa de papel, cemento y vidrio molido: Una futura modificación funcional de la casa de acuerdo a necesidades futura no conllevará acciones complejas de modificación estructural puesto que la demolición de paneles divisorios ligeros resulta muy sencilla (Ver Anexo 12).

La terminación exterior de la CBH puede ser resuelta de varias formas muy creativas a partir del uso de materiales reciclados aplicados a la construcción. Las texturas propuestas pueden variar desde morteros con vidrios granulados integrados que no requieren de pinturas para mejorar su apariencia, por lo que tampoco requieren de mantenimiento constante. Los muros también pueden estar compuestos por elementos de fábrica amorfos que texturicen el exterior, brindando una gama de diseño muy económica y variada. A continuación, se ofrecen las imágenes de las propuestas mencionadas:

Solución I:

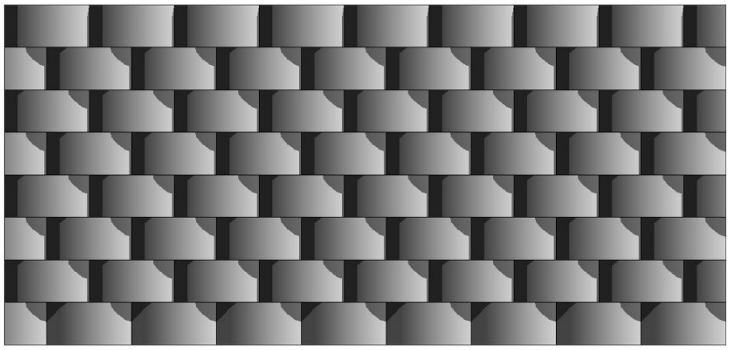
Imagen 1. Bloque hueco de hormigón Tipo I A. Dimensiones B. Volumen



A B

Fuente: Elaborado por el autor.

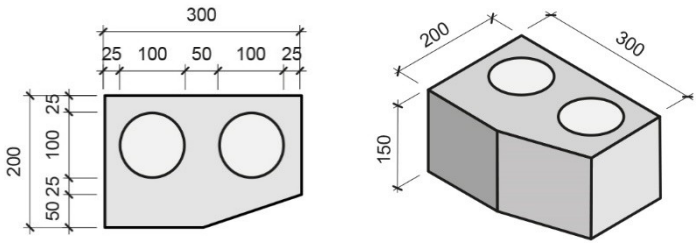
Imagen 2. Vista exterior _ Bloque hueco de hormigón Tipo I.



Fuente: Elaborado por el autor.

Solución II:

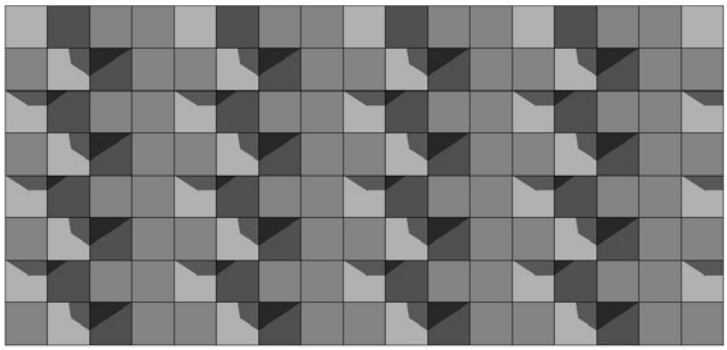
Imagen 3. Bloque hueco de hormigón Tipo I A. Dimensiones B. Volumen



A B

Fuente: Elaborado por el autor.

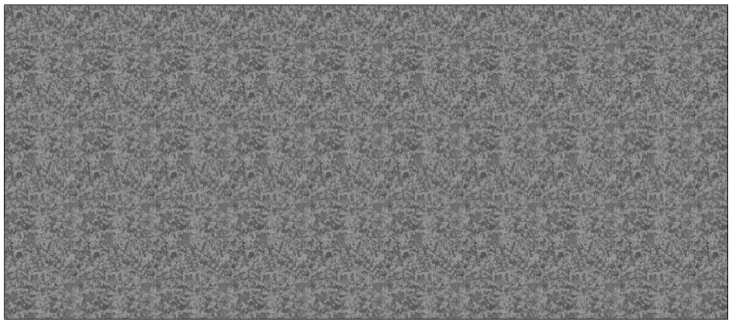
Imagen 4. Vista exterior _ Bloque hueco de hormigón Tipo II.



Fuente: Elaborado por el autor.

Solución III:

Imagen 4. Vista exterior _ Resano de muro con vidrio molido.



Fuente: Elaborado por el autor.

Conclusiones generales.

El uso de materiales reciclados en la industria de la construcción constituye un uso recurrente que permite el reemplazo de materias primas convencionales y no renovables por materias primas recicladas en desuso dentro de la cadena productiva que la sociedad ha creado. Materiales como el vidrio, el aluminio, el papel, los plásticos y el caucho se abren paso como opciones alternativas bioamigables con el medio ambiente en esta industria, sustentando en desarrollo de un conjunto de nuevas tecnologías constructivas aplicables a la construcción masiva de viviendas enfocadas en la sustentabilidad ambiental.

La escasez de materias primas convencionales en nuestro país representa un obstáculo creado por la propia cultura consumista en la que un producto termina siendo un residuo. Nuestra sociedad genera volúmenes de residuos totalmente desaprovechados, exactamente en Sancti Spíritus se recogen cerca de 208 ton de RSU diarios, de los cuales alrededor del 30 % es material aprovechable en la industria constructiva, industria que en la actualidad demanda incrementos en la extracción de materias primas convencionales sin tener en cuenta el potencial que representa el reciclaje de RSU, en concreto, para asumir la demanda de construcción de CBH en el municipio de Cabaiguán.

La aplicación de materiales reciclados obtenidos a partir de los desechos sólidos urbanos aprovechables, aplicados a la construcción de CBH; reporta índices de ahorro de materias primas convencionales de hasta 28.5 m^3 de áridos y 365 kg de cemento, para un 25% menos de emisión de CO_2 a la atmósfera, lo cual no solo indica una reducción de la explotación de las canteras, sino que abre paso al empleo de volúmenes de vidrio molido, plásticos, cauchos, y papel reciclados y sin uso dentro de la cadena productiva de la sociedad actual. Asimismo, el empleo de materiales alternativos en la construcción de CBH en el municipio de Cabaiguán, es capaz de suplir la demanda de 642 obras a ejecutar en un período de 7 años, a un plazo de tiempo de 3 años, una vez más sin someter a la explotación de fuentes no renovables de recursos naturales.

Bibliografía

Abreu, D. G., 2010. *Vivienda progresiva en ciudad de la Habana. Bases para su desarrollo..* La Habana: s.n.

Aguilar, C., Muñoz, M. & Loyola, O., 2005. *Utilización del hormigón reciclado como material de reemplazo de árido grueso para la fabricación de hormigones.* s.l.:s.n.

Almengor, A., Gutiérrez, N., Moreno, J. & Caballero, K., 2017. Reciclaje de materiales para la elaboración de bloques bioamigables. *Revista de Iniciación Científica,* Volumen 3.

Anon., 2015. *Material Innovador.* [En línea].

Anon., 2017. Ley No. 65 Ley General de la Vivienda. *Gaceta Oficial ,* Volumen 23.

Anon., s.f. *Facts and Figures,* s.l.: Utah State University Recycling Center.

Aparicio, J. I. G., 2017. *Reciclaje de Vidrio.* [En línea] Available at: https://recuperacionesdevidrionorte.es/reciclaje-de-vidrio [Último acceso: 11 05 2019].

arpal, 2014. Reciclado de aluminio. *arpal.*

Barrera, G. M., Zaragoza, J. B. H., Lara, T. L. & Campos, C. M., 2015. Materiales Sustentables y Reciclados en la Construcción. *OmniaScience,* Volumen 1.

Barrera, G. M., Zaragoza, J. B. H., Lara, T. L. & Campos, C. M., 2015. PET de Desecho y su Uso en Concreto. En: *Materiales Sustentables y Reciclados en la Construcción.* s.l.:s.n.

Beltrán, C. P., 2015. *De vivienda urbana a vivienda sustentable en la Ciudad de México.* s.l.:s.n.

Brusil, E., 2015. *Material Innovador.* [En línea] Available at: http://matinnoecore.blogspot.com/2015/06/suelos-de-caucho-y-plastico-reciclado.html

Cadagan, J., 2005. *Hormigón en base a trozos de caucho.* s.l.:s.n.

Carrasco, I. d. P. U., 2006. *Hormigón con caucho: determinación del módulo de elasticidad.* s.l.:s.n.

Carrasco, I. d. P. U., 2006. *Hormigón con caucho: determinación del módulo de elasticidad..* s.l.:s.n.

Center, U. S. U. R., 2010. *Facts and Figures,* s.l.: s.n.

Couret, D. G., 2009. *La vivienda como tema de diseño.* s.l.:s.n.

Couret, D. G. y otros, 2004. *Vivienda apropiada para Ciudad de La Habana.* s.l.:s.n.

Damtoft, J. y otros, 2008. Sustainable development and climate change initiatives. *Cement and Concrete Research.,* Volumen 38, p. 115–127.

Dazneel, A., 2013. *BLOX: bloques de cemento y materiales reciclados.* [En línea] Available at: https://blog.is-arquitectura.es/2013/02/11/blox-bloques-de-hormigon-y-materiales-reciclados/
[Último acceso: 10 04 2019].

Delia, C. L., 2010. *Principios de arquitectura sustentable y la vivienda de interés social. Caso: la vivienda de interés social en la ciudad de Mexicali, Baja California. México.* s.l.:s.n.

Domínguez, A. Z., Ceballo, O., García-Lahera, J. P. & González, I., 2008. *Situación ambiental provincia Sancti Spíritus.* Santa Clara: Editorial Feijóo.

EROSKI, E. I. S., 2015. La importancia de reciclar. p. 6.

Fajen, J. & Beliczky, L. D., 1997. Industria del caucho. En: *Industrias químicas.* s.l.:s.n.

Ferrero, J., 1998. La vivienda evolutiva. *Vivienda popular,* Volumen 3.

Flores, V. y otros, 2014. *Mezclas de cemento y agregados de plástico para la construcción de viviendas,* s.l.: s.n.

Foti, D., 2011. *Preliminary analysis of concrete reinforced with waste bottles PET fibers. Construction and Building Materials.* s.l.:s.n.

Gálligo, P. L., 2005. *Un techo para vivir,.* Barcelona: s.n.

González, Á. M., 2015. *Aplicación del caucho reciclado como solución constructiva ecológica.* s.l.:s.n.

Goodship, V., 2007. Reprocessing of Thermoplastics Recyclates.. En: *Introduction to Plastics Recycling.* s.l.:s.n., pp. 45-61.

Group, E., 1990. Recycler's Handbook.

Habert, G. y otros, 2010. Cement production technology improvement compared to factor 4 objectives. *Cement and Concrete Research.,* Volumen 40, p. 820–826.

Hernández, E. P., Oliva, W. N. & Roja, J. M. P., 2015.*Caracterización y diagnóstico del municipio de Cabaiguán. Hábitat II.* s.l.:s.n.

Isan, A., 2017. *Casas con ladrillos de plástico reciclado.* [En línea] Available at: https://www.ecologiaverde.com/casas-con-ladrillos-de-plastico-reciclado-545.html
[Último acceso: 25 05 2019].

Lepe, J. A. D. & Torrez, L. E. J., 2008. DISEÑO Y FABRICACIÓN DE PRODUCTOS CON MATERIALES RECICLADOS.*MEMORIAS 2008 CONGRESO NACIONAL DE ADMINISTRACIÓN Y TECNOLOGÍA PARA LA ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO,* Volumen 13.

Marzouk, O., Dheilly, R. & Queneudec, M., 2007. *Valorizaton of post-consumer waste plastic in cementitious concrete composites. Waste Management.* s.l.:s.n.

Mjnsbzgkxartin, S., 2004. *Paper Chase. Ecology Communications.* s.l.:s.n.

Molina, J. F. Q., 2015. *Ponencia habitabilidad para una vivienda sustentable.* s.l., s.n.

Naranjo, D. F. R. & Merchán, Y. A. C., 2014. *Estado del arte de la construcción con material reciclable.* s.l.:s.n.

Nations, F. a. A. O. o. t. U., 2004. Trends and Current Status of the Contribution of the Forestry Sector to National Economies.

Online, E. /. T. C., 2018. *En Cuba construirán bloques para la construcción con botellas de chelas importadas.* [En línea] Available at: https://www.theclinic.cl/2018/07/24/cuba-construiran-bloques-la-construccion-botellas-chelas-importadas/ [Último acceso: 10 05 2019].

OPS-OMS, 1997. *Análisis sectorial de residuos sólidos en Cuba. Serie Análisis Sectoriales No.13. Plan Regional de Inversiones en Ambiente.* s.l.:s.n.

Osorio, C. L. R., 2015. *Aprovechamiento y revalorización de residuos de la construcción y demolición generados por un evento adverso para la construcción de obras civiles sostenibles.* s.l.:s.n.

Paz, L. M., 2017. *Propuesta de herramienta para el cálculo de los presupuestos relativos al subsidio en el municipio Cabaiguán. Caso de estudio..* Santa Clara: s.n.

Pérez, L. L., 2012. *Utilización de áridos reciclados en la Empresa de Prefabricado Industrial de Villa Clara, para la fabricación de hormigón hidráulico.* Santa Clara: s.n.

Pilati, F. & Toselli, M., 2002. Chemical Recycling.. En: *Handbook of Plastcs Recycling.* s.l.:s.n., pp. 297-310.

Pradilla, E. C., 1983. *El Problema de la Vivienda en América Latina.* s.l.:s.n.

Ramírez, J. A. P. & Villada, C. E. R., 2018. *Análisis comparativo de la huella de carbono necesaria para la asimilación de las emisiones generadas por la producción del agregado pétreo arena gruesa, utilizando residuos de construcción y demolición (RCD) y de extracción a cielo abierto..* Medellín: s.n.

Rodríguez, J. C., 2007. *Propuesta del montaje de una fábrica de láminas de vidrio en Riohacha y productos secundarios a partir de vidrio reciclable.* Bogotá D.C: s.n.

Rodríguez, J. E. C., 2015. *Estudio del impacto de áridos recicldos en bloques de hormigón.* s.l.:s.n.

Rodríguez, M. & Ruiz, M. E., 2016. Evaluación del desempeño de un hormigón con incorporación de vidrio reciclado finamente molido en reemplazo de cemento

mediante ensayos de laboratorio. *Revista de Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales,* 3(2).

Romero, A. V., 2012. *Uso de Materiales Reciclados para la Construcción.* Veracruz: s.n.

Roskovic, R. & Bjegovic, D., 2005. Role of mineral additions in reducing CO2 emission".. *Cement and Concrete Research,* Volumen 35, p. 974–978.

Roz-Ud-Din, N. & P., S., 2011. Field investigation of concrete incorporating milled waste glass. *Journal of Solid Waste Technology and Management,* 37(4), pp. 307-319.

SabrinaPin, 2018. *Proyecto para fabricar tejas con material reciclado: plástico y caucho.* [En línea]
Available at: https://www.sustentartv.com/proyecto-para-fabricar-tejas-con-material-reciclado-plastico-y-caucho/
[Último acceso: 5 05 2019].

Seijas, N. G., 2008. *Intervenciones ilegales en áreas comunes de edificios multifamiliares..* s.l.:s.n.

Shao, Y., Lefort, T., Moras, S. & Rodríguez, D., 2000. Studies on concrete containing ground waste glass. *Cement and Concrete Research,* Volumen 30, pp. 91-100.

Silva, D. y otros, 2005. *Degradation of recycled PET fibers in Portland cement-based materials. Cement and Concrete Research.* s.l.:s.n.

Sorrentino, F., 2011. Chemistry and engineering of the production process: State of the art. *Cement and Concrete Research.,* Volumen 41, p. 616–623.

Standards, C. N. B. o., 2010. *NC 247: BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN — ESPECIFICACIONES.* s.l.:s.n.

Torres, M. L., Lloréns, M. d. C. E. & J. D., 2004. Desarrollo tecnológico en la gestión integral de los residuos urbanos en Cuba. *CENIC Ciencias Biológicas,* Volumen 13, p. 60.

Van den Heede, P. & De Belie, N., 2012. Environmental impact and life cycle assessment of traditional and ‘green’ concretes: Literature review and theoretical calculations. *Cement & Concrete Composites,* Volumen 34, p. 431–442.

Vázquez, J. A. R., 2018. *Bloque de Construcción de Plástico Reciclado: Silsu.* [En línea]
Available at: https://avatarenergia.com/bloque-de-construccion-de-plastico-reciclado-silsu/
[Último acceso: 16 04 2019].

Wagner, C., 2015. *Ladrillos sustentables de PET hechos con botellas.* [En línea]
Available at: https://www.bioguia.com/ambiente/ladrillos-sustentables-de-pet-hechos-con-botellas_29278587.html
[Último acceso: 23 03 2019].

Wang-Choi, Y., Dae-Joong, M., Jee-Seung, C. & Sun-Kyu, C., 2005. *Efects of waste PET bottles aggregate on the properties of concrete. Cement and Concrete Research,.* s.l.:s.n.

Yun Wang, C., Dae Joong, M., Yong Jic, K. & Mohamed, L., 2009. *Characteristcs of mortar and concrete containing fine aggregate manufactured from recycled waste polyethylene terephthalate bottles. Construction and Building Materials.* s.l.:s.n.

Recomendaciones.

Promover el uso de materiales reciclados en la construcción como alternativa al déficit actual de materias primas convencionales para asumir el déficit habitacional de la vivienda en Cuba.

Investigar sobre la aplicación de nuevas tecnologías sustentables para la industria de la construcción en nuestro país.

Investigar sobre el costo de producción y venta de los productos fabricados a partir del reciclaje de desechos sólidos que la sociedad genera.

Anexos.

Anexo 1.

Tabla 1. Caracterización física de los residuos sólidos urbanos en Cuba.

Residuos	Ciudad de La Habana 1989	Sancti-Spíritus 1989	Nivel nacional
	(% p/p)		
Desechos de alimentos	59.45	65	48.80
Papel cartón	20.34	13	18.70
Barredura, residuos de poda	0.55	6	_
Metales	6.23	4.20	3.80
Madera	0.65	1.15	1.80
Botellas y vidrios	3.62	1.76	5.10
Trapos	3.36	4.91	4.90
Cueros	0.44	0.80	1.90
Plásticos	1.68	0.60	4.30
Huesos	0.49	0.09	1.10
Escombros	_	0.67	8.40
Misceláneas	3.19	1.82	1.20
Total	100	100	100

Fuente: NC 133, 2002. Dirección Provincial de Comunales Provincia Sancti Spíritus, 2001. Análisis sectorial de residuos sólidos en Cuba, 1997.

Anexo 2.

Tabla 2. Ventajas de reciclar.

Ventajas del reciclaje	Fundamento
Ahorro de energía	Si reciclamos reducimos el consumo de energía que conlleva el trabajo de extracción, transporte y elaboración de nuevas materias primas.
Evita el acelerado cambio climático	A menor consumo de energía generamos menos CO2 la expulsión de otros gases generadores del efecto invernadero, a la vez que contaminamos menos el aire.
Consume menos materias primas	El reciclaje de plásticos, papel, vidrio, aluminio, entre otros, evita la necesidad de hacer uso de materias primas vírgenes y por ende de la extracción minera.
Fabrican nuevos productos	Numerosas empresas han puesto en marcha el llamado ecodiseño a través de materiales responsables con el medio ambiente. En España, por ejemplo, existen entidades sin ánimo de lucro como Ecovidrio y Ecoembes, conocidas por sus activas campañas de sensibilización hacia el reciclaje.
Crea puestos de trabajo	Reciclar supone la creación de nuevas industrias para el procesamiento de los desechos que la sociedad produce en aras de su reciclaje, lo que consigo implica la generación de nuevos puestos de trabajo con inclusión de la mujer, en busca de la igualdad de géneros en las opciones de empleo.
Preservamos el medio ambiente	El vertido de las basuras domésticas o los desechos de la industria, están contribuyendo a la contaminación del planeta, mermando su riqueza natural y destruyendo los hábitats de muchas especies. Si reciclamos, la industria contamina menos el aire al reducir la cantidad de emisiones de gases efecto invernadero, protegemos nuestros suelos porque los residuos no se acumularían en las aguas de ríos y mares y, evitamos el uso de fertilizantes químicos al usar los residuos orgánicos para el compostaje de nuestros jardines o cultivos.

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 3.

Tabla 3. Índices de ahorro del papel reciclado.

Por cada tonelada de papel reciclado, en comparación con la producción de esa misma tonelada de papel virgen se ahorran:
17 árboles adultos.
17 árboles adultos.
27.000 litros de agua.
1440 litros de aceite.
4100 kilovatios-hora (14.700 MJ) de energía.
27 kilogramos de contaminantes.

Fuente: (Anon., s.f.)

Anexo 4.

Tabla 5. Materiales reciclados aplicables a la construcción de una CBH.

Componentes	**Técnicas con materiales reciclados**	**Descripción**
Cimentación	Hormigón con áridos reciclados	Estudios manifiestan que la sustitución hasta un 25% de áridos reciclados por áridos naturales no afecta las propiedades del hormigón.
	Hormigón con vidrio molido en sustitución de cemento	En (Rodríguez & Ruiz, 2016) se alude el uso de hormigones que reemplazan hasta un 20% de cemento por vidrio molido reciclado, obteniéndose resultados muy similares a los elaborados con mezclas tradicionales.
	Hormigón con residuos de caucho	En (Carrasco, 2006) se aprueba el uso de virutas de caucho de neumáticos reciclados, en una

			porción de entre 5 y 10%, como sustituto de grava y gravilla presentes en la mezcla.
Elementos de piso		Hormigón pulido residuos de vidrio molido	Residuos de vidrios con granulometría específica dentro de la mezcla de hormigón, ofrece muy buena apariencia en superficies pulidas.
		Mosaicos con áridos reciclados.	Mosaicos que cumplen con las mismas especificaciones técnicas que los elaborados con áridos naturales, según se analiza en (Lepe & Torrez, 2008).
Elementos de muro	**Divisorio**	Ladrillos de papelcreto	Ladrillos a base de una mezcla de arcilla, agua, pulpa de papel y cemento, que ofrece buenas prestaciones constructivas, aunque con algunas limitaciones, consultar (Romero, 2012).
		Bloque de papel y vidrio molido	Se trata de un bloque que utiliza papel reciclado cercano al 25% y vidrio molido al 50% de su composición, a fidelidad de lo expuesto en (Almengor, et al., 2017). Su uso se recomienda para paredes sin carga estructural, pero se puede llegar a resistencias considerables variando la dosificación de la mezcla.
	Estructural	Ladrillo de hormigón con residuos de plástico triturado.	Se trata de ladrillos de mortero tradicional con adiciones de plástico triturado que, en (Flores, et al., 2014) sustituyen hasta un 15% de arena de la mezcla, obteniendo

			resultados satisfactorios para su uso estructural.
		Bloque con residuos de vidrio molido.	El bloque confeccionado con polvo de vidrio requiere menor cantidad de arena y cemento para su elaboración, y tiene una calidad superior a la de los convencionales.
		Bloque de hormigón con RDC.	Bloques de concreto que sustituyen en su totalidad los áridos naturales por áridos obtenidos a partir del reciclaje de RDC (Osorio, 2015); que además presentan resistencias admisibles según se exige en la norma cubana (Standards, 2010).
Elementos de cierre de carpintería		Puertas y ventanas de aluminio.	Carpintería totalmente de aluminio reciclado, fundido con moldes prediseñados a conformidad con el uso dentro de la obra.
Acabados y terminaciones		Resano con residuos de demolición y construcción (RDC)	Se emplea como sustituto de árido fino en las mezclas de morteros para acabados.
Instalaciones eléctricas e hidrosanitarias		Componentes de unión y piezas de plástico reciclado.	Fundiciones a partir de la inyección de plástico triturado reciclado para la elaboración de accesorios eléctricos e hidrosanitarios.
Elementos de falso techos		Falso techo de celulosa de papel.	Mezcla de pasta de papel con pequeñas porciones de árido y cemento.
Sistema de cubierta		Sistema de vigueta y tableta con acero recuperado y residuos de demolición y construcción (RCD)	Sistema de uso generalizado para soluciones de cubierta, que en este caso incorpora áridos reciclados de los procesos de demolición y

		construcción, y que a su vez reutiliza alambrones de acero presentes en las llantas de autos para su uso en las tabletas de este sistema.
	Teja plástica	Teja conformada por la extrusión de plástico reciclado, conforme a las propiedades de los plásticos, funcionan como buenos aislantes térmicos y son muy resistentes y duraderas.
	Teja de caucho reciclado	Nuevo producto vanguardia en el mercado con muy buen beneficio ecológico, reutiliza entre un 75 y 85 % de caucho de desecho. Consultar (González, 2015).
Mobiliario fijo		

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 5.

Gráfico. Soluciones ecológicas para la construcción de una vivienda.

Soluciones ecológicas para la construcción de una vivienda

Esturctura

- Hormigón hidráulico con áridos reciclados a partir de residuos de demolición y construcción (RDC)
- Hormigón hidráulico con vidrio molido en sustitución de cemento
- Hormigón hidráulico con residuos de caucho

Soluciones de Cubiertas

- Sistema de viguetas y tabletas
- Tejas extruídas de plástico
- Tejas de caucho reciclado

Soluciones de Falso Techo

- Sistema de planchas de papel comprimidas y soportes de aluminio

Elementos de muro

Divisorio:

- Ladrillos de papelcreto
- Bloque de papel y vidrio molido
- Ecoladrillo de cáscara de arroz
- Ecoladrillos hechos con base de papel reciclado y engrudo de almidón de yuca

Estructutural:

- Ladrillo de mortero con residuos de plástico triturado
- Bloque con residuos de vidrio molido
- Bloque de concreto con residuos de demolición y construcción (RDC)
- Sistema estructural de ladrillos de plástico reciclado
- Muros de botellas de plástico rellenas

Carpintería

- Elementos de ventanas y puertas de alumino reciclado

Instalaciones Eléctricas e Hidrosanitarias

- Accesorios de unión con rosca de instalaciones eléctricas e hidrosanitarias a partir de fundiciones de plástico reciclados

Soluciones de aislamiento térmico y acústico

- Tableros rígidos de fibra de vidrio recuperada

Mobiliario fijo

Componentes de cocina:

- Encimera de hormigón fundido con residuos de vidrio
- Encimera a base de papel reciclado y resinas
- Encimera de madera reciclada tratada con resinas
- Encimera de hormigón con 75% de materiales reciclados
- Fregadero de aluminio reciclado

Componentes de lavadero

- Meseta de hormigón fundido con residuos de vidrio
- Meseta a base de papel reciclado y resinas
- Meseta de madera reciclada tratada con resinas
- Meseta de hormigón con 75% de materiales reciclados
- Lavadero de aluminio reciclado

Elementos de pisos

- Pisos pulidos con residuos de vidrio molido
- Losetas hidráulicas con áridos reciclados
- Pisos de paneles de caucho reciclado
- Pisos de paneles de plásticos reciclados

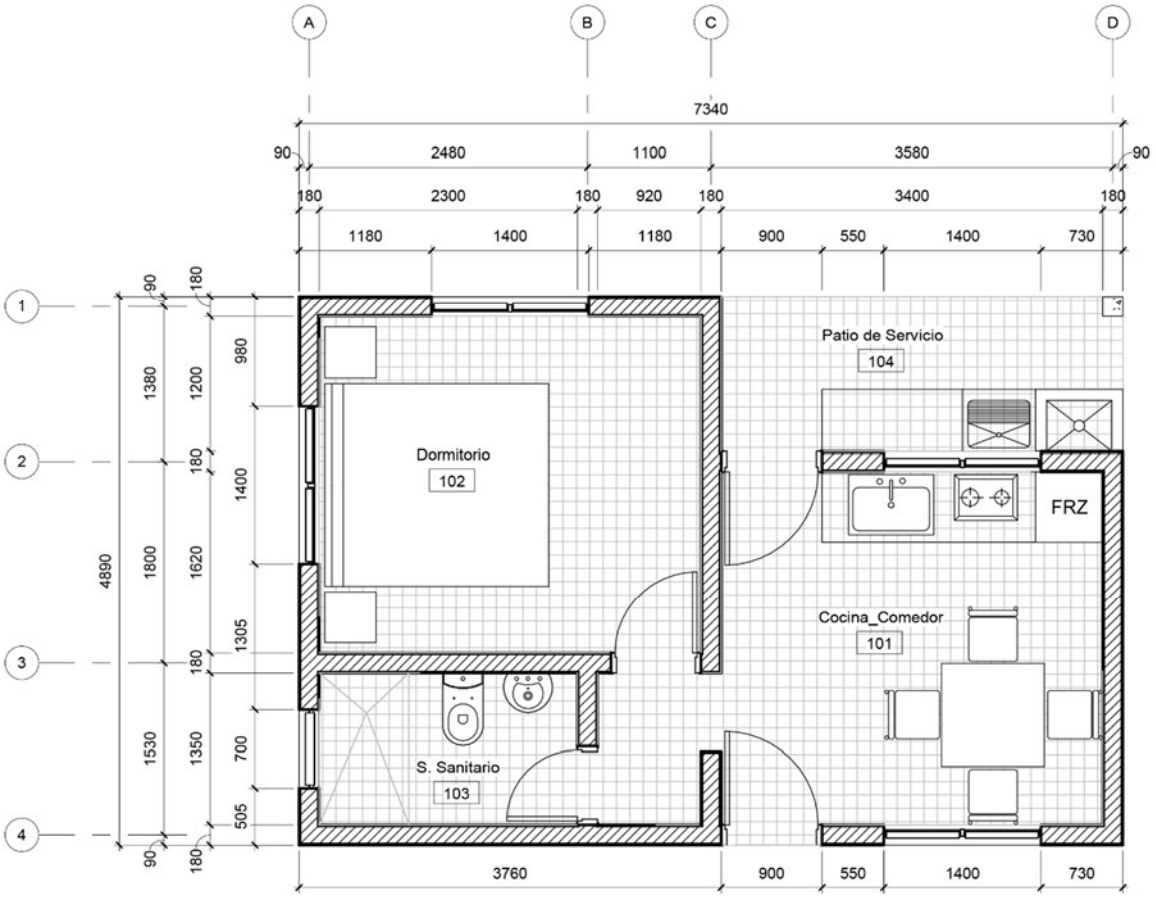
Cimentación:

- Viga de zapata fundida con hormigones alternativos
- Cimiento corrido ciclópeo
- Dados ciclópeos

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 6.

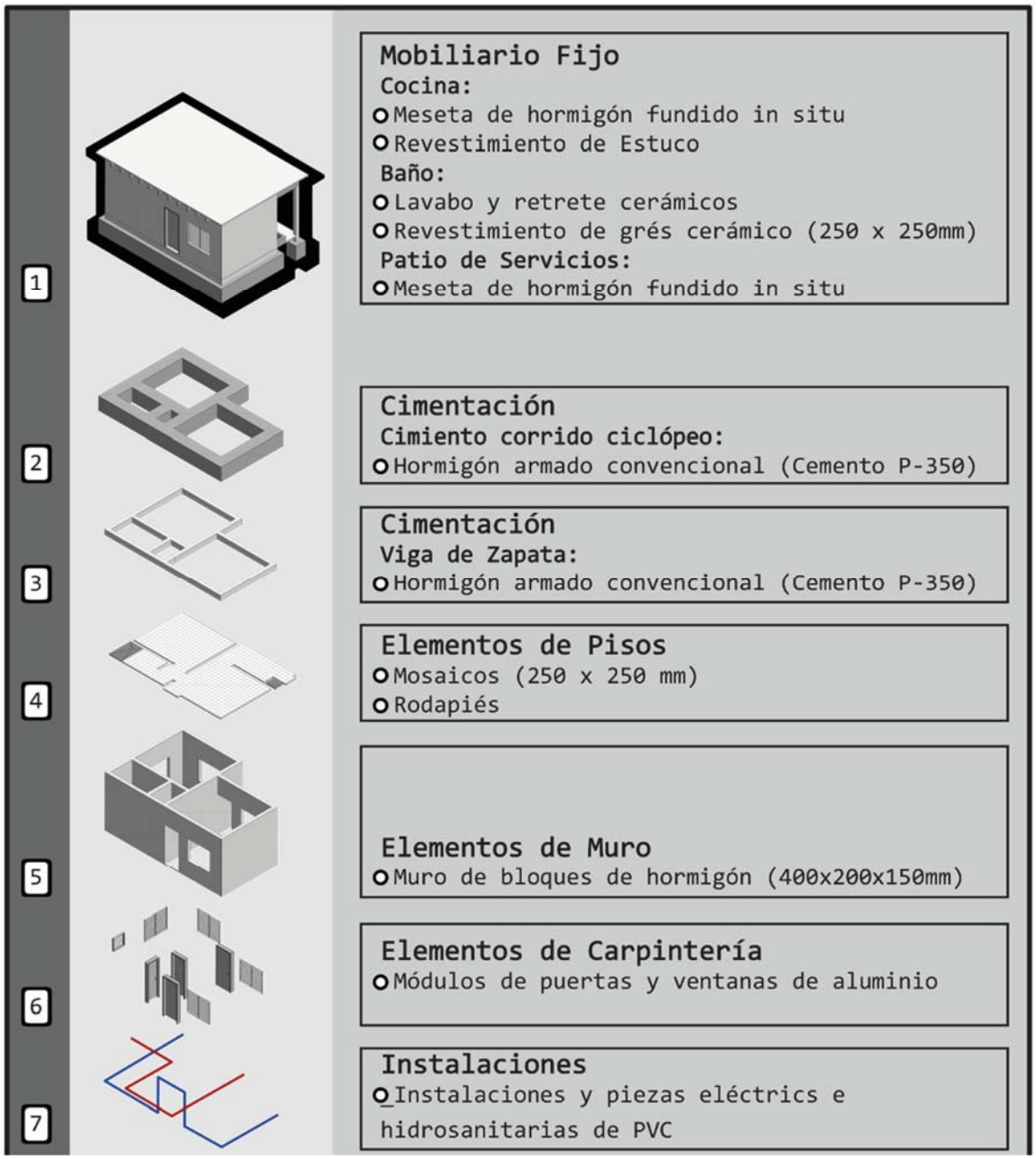
Planta de Arquitectura. Proyecto de CBH

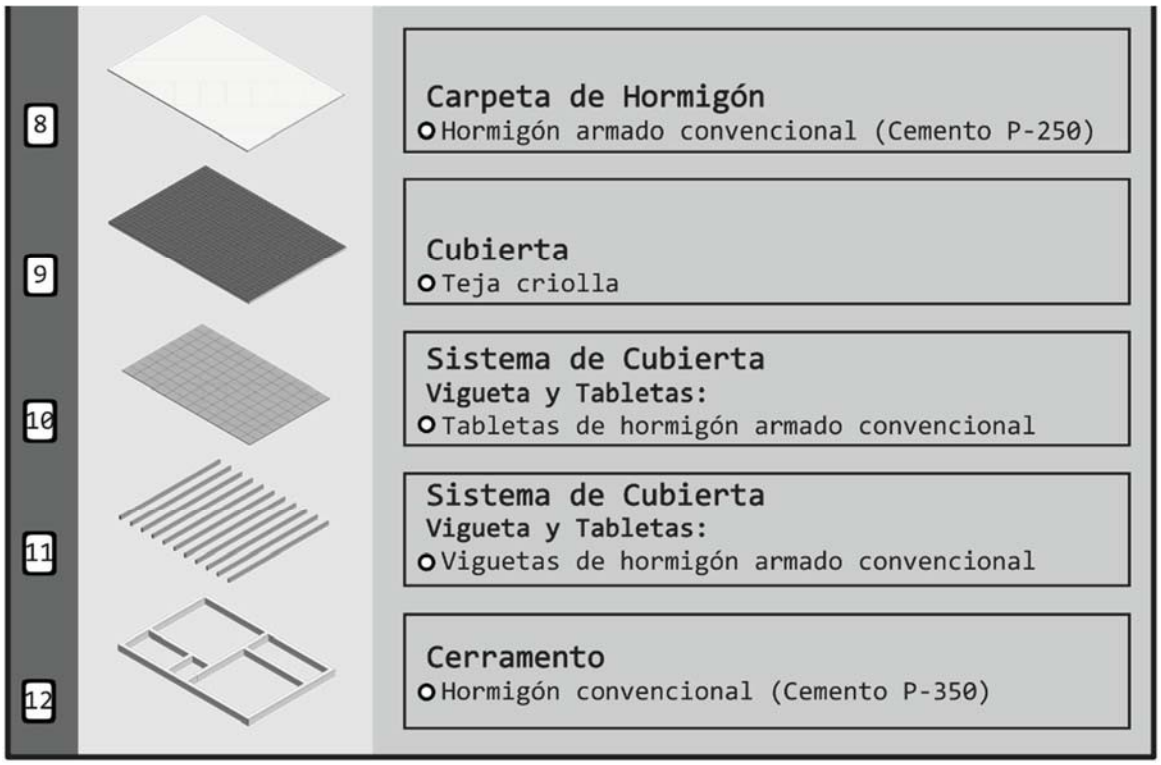


. **Fuente:** Elaborado por el autor.

Anexo 7.

Gráfico. Materiales convencionales empleados en el proyecto de CBH.





Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 8.

Tabla 6. Índice de materiales convencionales de la CBH.

Índice de Materiales (25m²)		
Materiales	**U/M**	**Cant.**
Dados Ciclópeos		
Cemento P-350	S	17.51
Árido fino	m³	3.02
Árido grueso	m³	4.25
Rajón	m³	2.92
Viga de Zapata		
Cemento P-350	S	15.64
Árido fino	m³	1.30
Árido grueso	m³	2.29

Acero 1/2" (12mm)	ml	139.00
Acero 3/8" (10mm)	ml	34.40
Muros de ladrillo (patas de meseta)		
Ladrillos de barro	U	115.60
Cemento PP-250	S	0.43
Árido fino	m³	0.04
Bloques 15 cm		
Bloques de 15 cm	U	1113
Cemento P-250	S	36.7
Árido fino	m³	6
Árido grueso	m³	8
Muros de bloques 15 cm (colocación)		
Bloques de 15 cm	U	1113
Cemento PP-250	S	16.9
Árido fino	m³	1.186
Salpicados, Repellos y Finos		
Cemento P-250	S	27.02
Árido fino	m³	1.20
Hidrato de cal	m³	0.67
Cerramento 4 de 1/2"		
Cemento P-350	S	7.40
Árido fino	m³	0.52
Árido grueso	m³	0.87
Acero 1/2" (13mm)	ml	139.00
Acero 3/8" (10mm)	ml	90.35
Cubierta de Viguetas y Tabletas		
Viguetas (3.60 m). Sección (60 x 150mm)	U	14
Tabletas	U	128
Teja criolla	U	352
Cemento P-350	S	5.7

Árido fino	m³	0.49
Árido grueso	m³	0.513
Acero 1/2" (13mm)	ml	221.76
Carpeta de Hormigón (6cm)		
Cemento P-250	S	20.13
Árido fino	m³	1.18
Árido grueso	m³	1.255
Malla electrosoldada	U	5
Piso de hormigón pulido (5 cm)		
Cemento P-250	S	13.7
Árido fino	m³	1.05
Árido grueso	m³	1.875
Instalación Hidrosanitaria		
Rejilla acero inoxidable	U	2
Fregadero a/inoxidable sencillo	U	1
Llave p/ fregadero sencilla	U	1
Sifa para fregadero PVC	U	1x
Tubo PVC Grado A de 100x1000 mm	ml	12x
CODO PVC Grado A DE 90 º DE 100 MM	U	4x
CODO PVC Grado A DE 45 º DE 100 MM	U	4x
Sifa PVC a revent. De 100 mm	U	4x
Yee PVC grado a de 100x100 mm	U	5x
Tubo PVC de Diam. 40 mm	ml	12.00x
Codo PVC Diam. 40 mm 90º	U	8x
Codo PVC Diam. 40 mm 45º	U	4x
Tee de PVC Diam. 40 mm	U	6x
Yee PVC Diam. 40 mm	U	2x
Lavamanos	U	2
Pedestal lavamanos	U	2
Sifa lavamanos	U	2
Válvula de salida lavamanos	U	2
Llave sencilla para lavamanos	U	2
Taza de baño	U	2

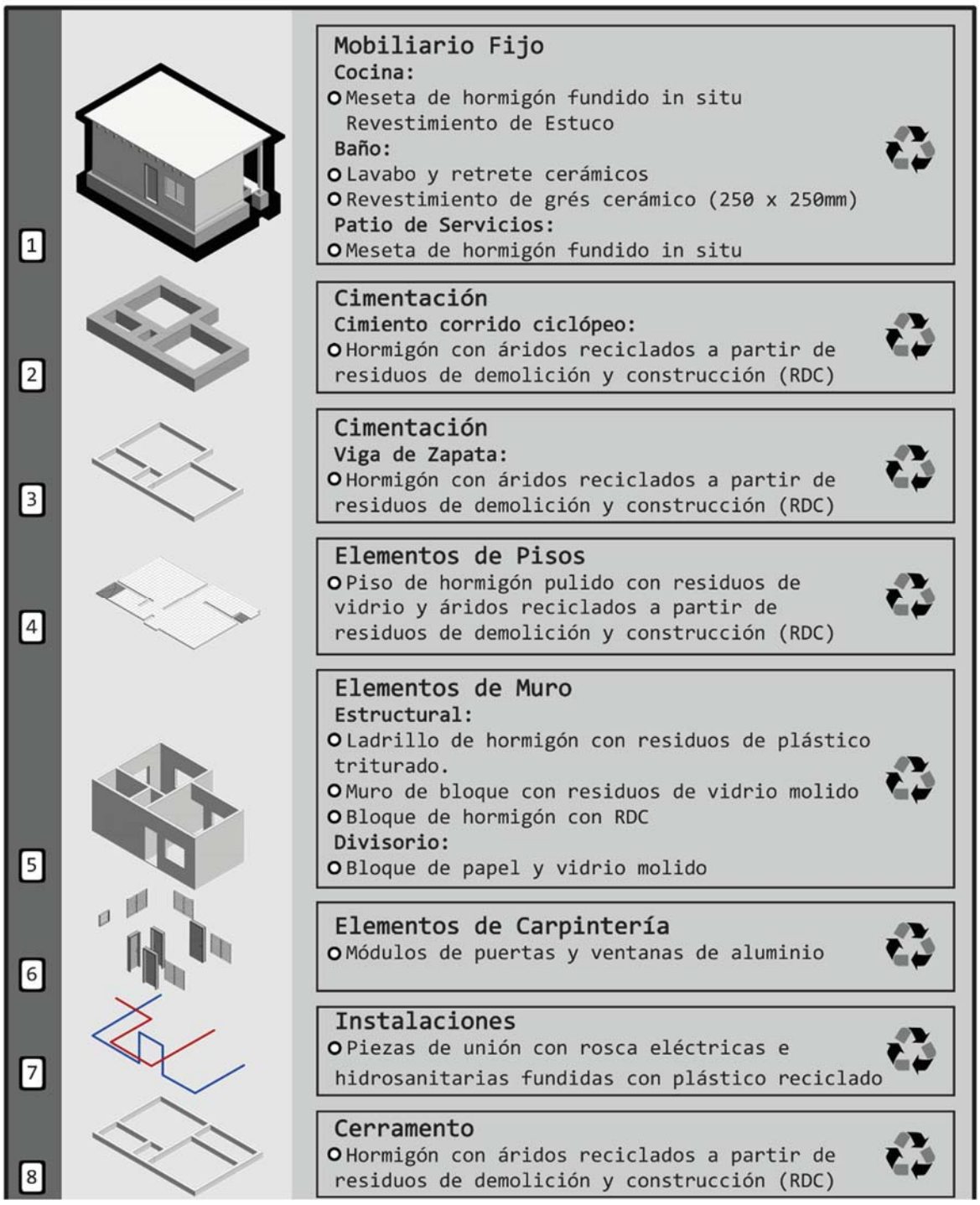
Tanque para taza y sus accesorios	U	2
Tapa p/taza	U	2
Tornillo fijación taza	U	4
Ducha de teléfono	U	2
Llave de ducha	U	2
Latiguillo 1/2 x 1/2	U	4x
Latiguillo 1/2 x 3/8	U	4x
Llave de ángulo 1/2 x 3/8	U	4x
Rollo teflón	U	3
Tubo plástico de 1/2 pulg.	ml	18.00x
Tubo plástico de 3/4 pulg.	ml	12.00x
Llave de paso 3/4	U	1
Codo de 3/4" 90º	U	4x
Codo de 1/2 90º	U	12x
Codo de 1/2 45º	U	3x
Tee reducida 3/4 a 1/2	U	2x
Tee ½	U	3x
Tee ¾	U	1x
Nudo ½	U	6x
Nudo ¾	U	2x
Universal PVC Hid Diam ¾"	U	3x
Universal PVC hid Diam ½"	U	6x
Sellador de rosca	U	1x
Llave para vertedero	U	1
Rejilla acero lacrada en blanco p/vertedero	U	1
Llave de pila para lavadero	U	1
Válvula de salida lavadero	U	1
Lavadero de hormigón	U	1
Cemento para plástico plinicem en lata 1 GL	GL	1
Rejilla acero lacrada en blanco p/ piso	U	3
Instalación Eléctrica		
Interruptor SP 10A 125V simple	U	8x
Interruptor SP 10A 125V doble	U	2x
Tomacorriente doble 10A 125V	U	12x
Caja eléctrica (4x4x2)"	U	10x

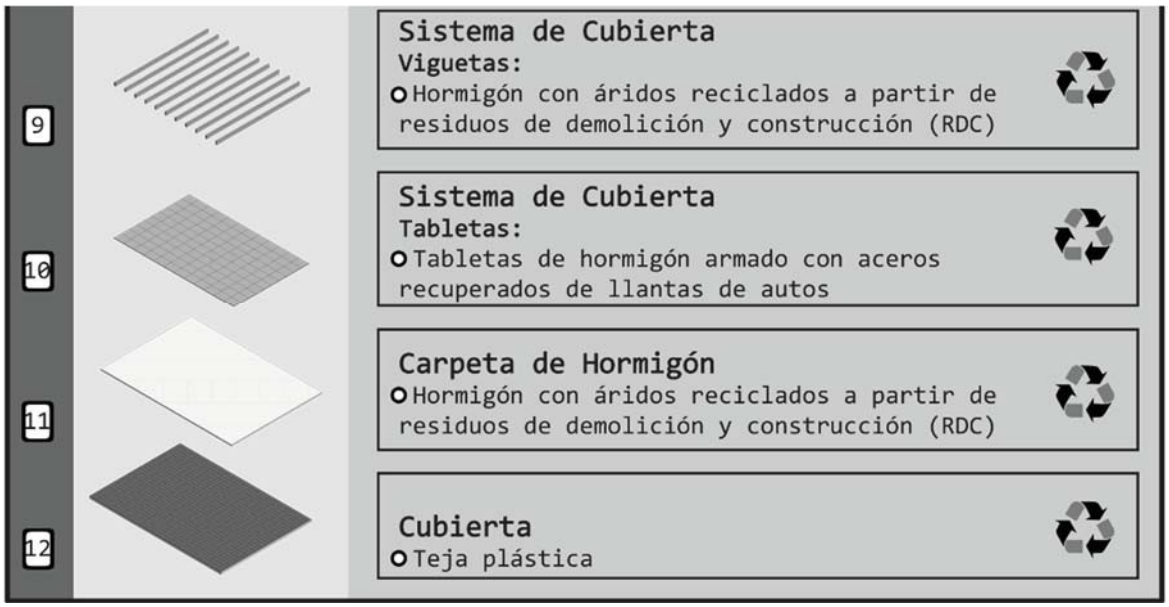
Caja eléctrica (4x2x2)"	U	10x
Cable flexible THW # 12	ml	10
Cable flexible THW # 10	ml	20
Lampara 1 x40W adosar 110V	U	2
Lampara 1x20W adosar 110V	U	3
Canal eléctrica 1"	ml	5
Tape fricción rollo de 10 yardas de ¾"	RO	2
Tubería plástica de ½"	ml	15x
Terminaciones/Carpintería		
Azulejos	Cajas	16
Cal	m³	0.82
Pintura Emuls. Vinilex p/ext. env 19 lts	LT	20.00
Cemento Cola (saco 20 kg)	Kg	120.00
Cemento Blanco en bolsas de 50 kg	Bs	10
Puerta 210 x 70 cm con marco de madera dura	U	1
Puerta 210 x 80 cm con marco de madera dura	U	1
Puerta 210 x 90 cm de 1 hojas con marco de madera dura	U	2
Ventana Miami dos secciones 140 x 120 cm aluminio	U	2
Ventana Miami dos secciones 70 x 120 cm aluminio	U	0
Ventana Miami dos secciones 70 x 70 cm aluminio	U	1
Bisagras 4 x 4	U	12
Fosa Sanitaria		
Cemento PP-250 s/c de 42,5 Kg	S	20
Arena lavada	m³	0.71
Piedra	m³	0.9
Grand. cernida	m³	0.87
Bloques de 15 cm	U	170
Acero 1/2" (12mm)	ml	72.75
Acero 3/8" (10mm) cercos y anclajes	ml	19.20
Tee HoFo 150mm	U	2
Tubo HoFo 150mm	ml	2
Reducido HoFo 150x100mm	U	2
Tubo HoFo 100mm	ml	1

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 9.

Gráfico. Materiales alternativos empleados en el proyecto de CBH.





Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 10

Tabla 7. Índice de materiales reciclados de la CBH.

Índice de Materiales Reciclados		
Cimentación		
Viga de Zapata Hormigón con áridos reciclados de procesos de demolición y construcción en sustitución de un 25 % de las diferentes granulometrías de áridos y un 20 % de reemplazo de vidrio molido por cemento.		
Material	**U/M**	**Cant.**
Cemento P-350	S	12.5
Árido fino	m³	0.975
Árido grueso	m³	1.7175
Acero 1/2" (12.7 mm)	ml	139.00
Acero 3/8" (10 mm)	ml	34.40

Vidrio molido	m³	0.06
Árido fino (RDC)	m³	0.325
Árido grueso (RDC)	m³	0.5725
Dados ciclópeos Hormigón con áridos reciclados en sustitución de un 25 % de las diferentes granulometrías de áridos y un 20 % de reemplazo de vidrio molido por cemento.		
Material	**U/M**	**Cant.**
Cemento P-350	S	14
Árido fino	m³	2.265
Árido grueso	m³	3.1875
Rajón	m³	2.92
Vidrio molido	m³	0.068
Árido fino (RDC)	m³	0.755
Árido grueso (RDC)	m³	1.0625
Estructura		
Nota: Se relacionan diversas soluciones para bloques estructurales, lo que brinda la posibilidad de selección de una de ellas para la solución final de proyecto, y no quiere expresar que se necesiten de todas para la construcción de los muros portantes o divisorios.		
Muros de Bloque (estructural) Bloque de hormigón con RDC como sustituto total de las diferentes granulometrías de áridos empleados en la mezcla.		
Material	**U/M**	**Cant.**
Bloque de hormigón (400x200x150mm)	U	958
Materiales		
Cemento P-250	S	32
Árido fino (RDC)	m³	5.17
Árido grueso (RDC)	m³	6.89

Mortero de colocación		
Cemento PP-250	S	14.54
Árido fino (RDC)	m³	1.02
Muros de Bloque (estructural) Bloques de hormigón con residuos de plástico triturado en sustitución de un 15 % del árido fino de la mezcla.		
Material	**U/M**	**Cant.**
Bloque de hormigón (400x200x150mm)	U	958
Materiales		
Cemento P-250	S	31.55
Árido fino	m³	4.39
Árido grueso	m³	6.89
Residuos de plástico triturado	m³	0.775
Mortero de colocación		
Cemento PP-250	S	14.54
Árido fino (RDC)	m³	1.02
Muros de Bloque (estructural) Bloque de hormigón que sustituye en un 100% el uso del árido fino de la mezcla por vidrio molido.		
Material	**U/M**	**Cant.**
Bloque de hormigón (400x200x150mm)	U	958
Materiales		
Cemento P-250	S	31.55
Vidrio molido	m³	5.16
Árido grueso	m³	6.89
Mortero de colocación		
Cemento PP-250	S	14.54

Árido fino (RDC)	m³	1.02
Muros de Bloque (divisorio) Bloques con características no estructurales preparados a base de cemento (14%), agua (14%), vidrio (48%) y pasta de papel reciclado (24%) como materias primas alternativas.		
Material	**U/M**	**Cant.**
Bloque de hormigón (400x200x150mm)	U	155
Materiales		
Cemento P-250	S	4.34
Vidrio molido	m³	0.287
Pasta de papel reciclado	kg	316.2
Mortero de colocación		
Cemento PP-250	S	2.35
Árido fino (RDC)	m³	0.166
Viga de Cerramento Hormigón con áridos reciclados de procesos de demolición y construcción en sustitución de un 25 % de las diferentes granulometrías de áridos y un 20 % de reemplazo de vidrio molido por cemento.		
Material	**U/M**	**Cant.**
Cemento P-350	S	5.92
Árido fino	m³	0.39
Árido grueso	m³	0.6525
Acero 1/2" (12.7 mm)	ml	139
Acero 3/8" (10mm)	ml	90.35
Vidrio molido	m³	0.03
Árido fino (RDC)	m³	0.13
Árido grueso (RDC)	m³	0.2175

Elementos de cierre de carpintería Puertas y ventanas de fundiciones de aluminio a partir del reciclaje.		
Puerta de aluminio 70 x 210cm	U	1
Puerta de aluminio 80 x 210cm	U	1
Puerta de aluminio 90 x 210cm	U	2
Ventana Miami Doble de aluminio 120 x 140cm	U	2
Ventana Miami Simple de aluminio 70 x 70cm	U	1
Bisagras 4 x 4	U	12
Acabados y terminaciones		
Salpicado Salpicado de muros con áridos reciclados de los procesos de demolición y construcción (RDC) en sustitución del árido fino convencional.		
Material	**U/M**	**Cant.**
Cemento P-250	S	1.7
Árido fino (RDC) (tamiz No. 16)	m³	0.1275
Resano Resano de muros con áridos reciclados de los procesos de demolición y construcción (RDC) en sustitución del árido grueso convencional.		
Material	**U/M**	**Cant.**
Cemento P-250	S	17
Árido fino (RDC) (zaranda “de 6 huecos”)	m³	1.02
Fino sobre resano Fino sobre resano de muros con áridos reciclados de los procesos de demolición y construcción (RDC) en sustitución del árido fino convencional.		
Material	**U/M**	**Cant.**
Cemento P-250	S	8.5
Árido fino (RDC) (zaranda “de 6 huecos”)	m³	0.255

Cal viva	m³	0.3825
Sistema de Cubierta		
Viguetas y Tabletas Sistema de vigueta y tableta fundidas con hormigones que sustituyen áridos naturales en su totalidad por áridos recuperados de los residuos de demolición y construcción (RCD).		
Material	**U/M**	**Cant.**
Vigueta (3.60 m). Sección (60 x 150mm)	U	14
Tableta	U	128
Materiales (Viguetas y Tabletas)		
Cemento P-350	S	5.7
Árido fino (RDC)	m³	0.49
Árido grueso (RDC)	m³	0.513
Acero (12.7 mm)	ml	221.76
Materiales (Carpeta de hormigón armado 6 cm)		
Cemento P-250	S	20.13
Árido fino (RDC)	m³	1.18
Árido grueso (RDC)	m³	1.255
Malla electrosoldada	U	
Teja Plástica Teja plástica extruida a partir de residuos plásticos recuperados.		
Material	**U/M**	**Cant.**
Teja	U	352
Elementos de piso		
Piso de hormigón pulido (5 cm)		

Piso de hormigón pulido con áridos reciclados de los procesos de demolición y construcción con vidrio granulado añadido para el acabado de la superficie.		
Material	**U/M**	**Cant.**
Cemento P-250	S	13.7
Árido grueso (RDC)	m³	1.875
Vidrio molido	m³	1.05
Instalaciones		
Instalación Eléctrica Componentes de unión y piezas de plástico reciclado.		
Material	**U/M**	**Cant.**
Interruptor SP 10A 125V simple	U	8
Interruptor SP 10A 125V doble	U	2
Tomacorriente doble 10A 125V	U	0
Caja eléctrica (4x4x2)"	U	10
Caja eléctrica (4x2x2)"	U	10
Cable flexible THW # 14	ml	0
Cable flexible THW # 12	ml	0
Cable flexible THW # 10	ml	0
Lampara 1 x40W adosar 110V	U	2
Lampara 1x20W adosar 110V	U	3
Canal eléctrica 1"	ml	5
Tape fricción rollo de 10 yardas de ¾"	RO	2
Tubería plástica de ½"	ml	0
Instalación Hidrosanitaria Componentes de unión y piezas de plástico reciclado.		
Rejilla acero inoxidable	U	2

Fregadero a/inoxidable sencillo	U	1
Llave p/ fregadero sencilla	U	1
Sifa para fregadero PVC	U	1
Tubo PVC Grado A de 100x1000 mm	ml	12
CODO PVC Grado A DE 90 º DE 100 MM	U	4
CODO PVC Grado A DE 45 º DE 100 MM	U	4
Sifa PVC a revent. De 100 mm	U	4
Yee PVC grado a de 100x100 mm	U	5
Tubo PVC de Diam. 40 mm	ml	12.00
Codo PVC Diam. 40 mm 90º	U	8
Codo PVC Diam. 40 mm 45º	U	4
Tee de PVC Diam. 40 mm	U	6
Yee PVC Diam. 40 mm	U	2
Lavamanos	U	2
Pedestal lavamanos	U	2
Sifa lavamanos	U	2
Válvula de salida lavamanos	U	2
Llave sencilla para lavamanos	U	2
Taza de baño	U	2
Tanque para taza y sus accesorios	U	2
Tapa p/taza	U	2
Tornillo fijación taza	U	4
Ducha de teléfono	U	2
Llave de ducha	U	2
Latiguillo 1/2 x 1/2	U	4
Latiguillo 1/2 x 3/8	U	4
Latiguillo 3/4 x 3/8	U	0

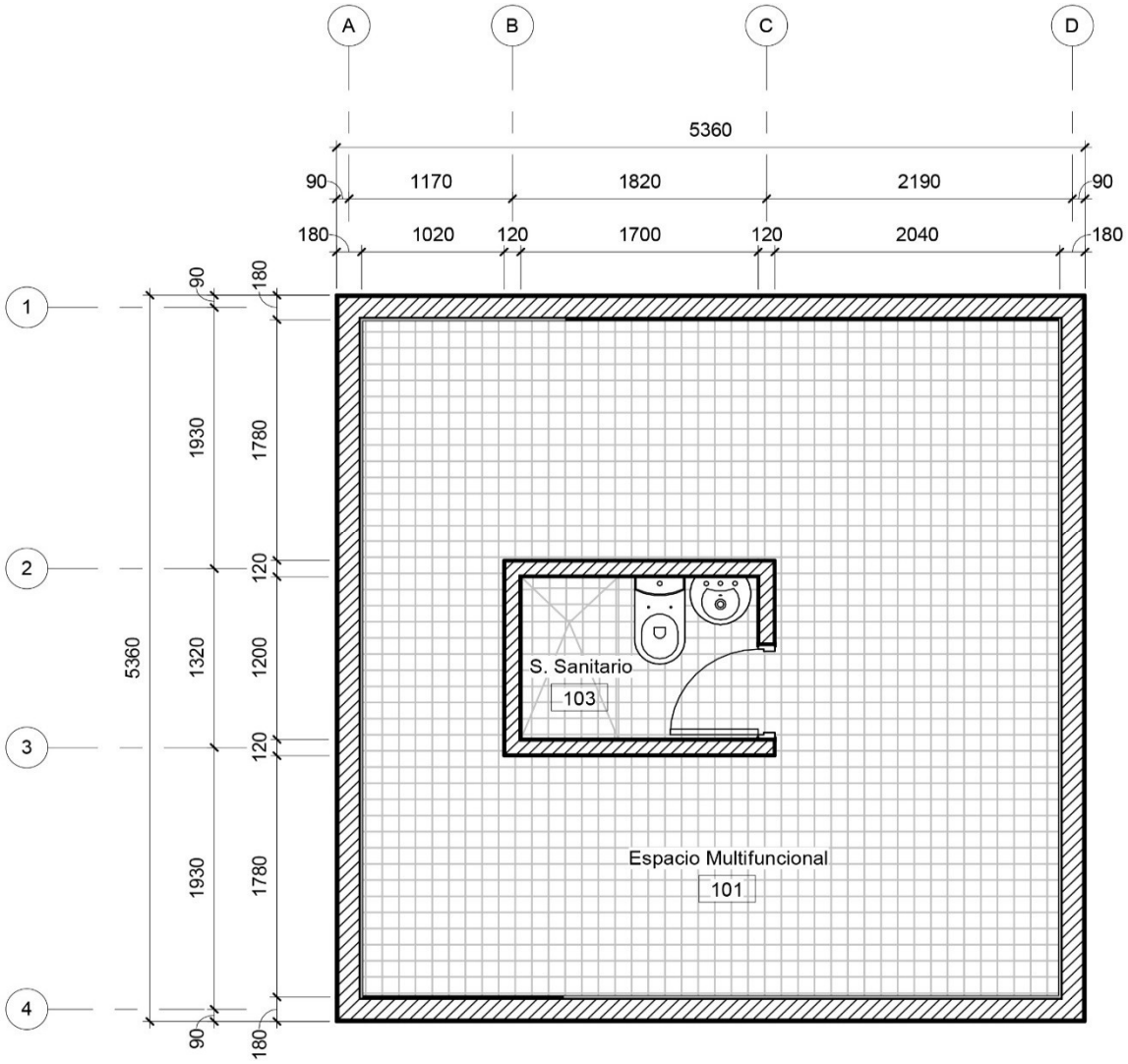
Latiguillo 3/8 x 3/8	U	0
Llave de ángulo 1/2 x 3/8	U	4
Rollo teflón	U	3
Tubo plástico de 1/2 pulg.	ml	18.00
Tubo plástico de 3/4 pulg.	ml	12.00
Llave de paso 3/4	U	1
Codo de 3/4" 90º	U	4
Codo de 1/2 90º	U	12
Codo de 1/2 45º	U	3
Tee reducida 3/4 a 1/2	U	2
Tee ½	U	3
Tee ¾	U	1
Nudo ½	U	6
Nudo ¾	U	2
Universal PVC Hid Diam ¾"	U	3
Universal PVC hid Diam ½"	U	6
Sellador de rosca	U	1
Llave para vertedero	U	1
Rejilla acero lacrada en blanco p/vertedero	U	1
Llave de pila para lavadero	U	1
Válvula de salida lavadero	U	1
Lavadero de hormigón	U	1
Cemento para plástico plinicem en lata 1 GL	GL	1
Rejilla acero lacrada en blanco p/ piso	U	3
Fosa Sanitaria		
Cemento PP-250 s/c de 42,5 Kg	S	20

Árido fino (RDC)	m^3	1.58
Árido grueso (RDC)	m^3	0.9
Bloques de 15 cm	U	170
Acero 1/2" (12mm)	ml	72.75
Acero 3/8" (10mm) cercos y anclajes	ml	19.20
Tee HoFo 150mm	U	2
Tubo HoFo 150mm	ml	2
Reducido HoFo 150x100mm	U	2

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 11.

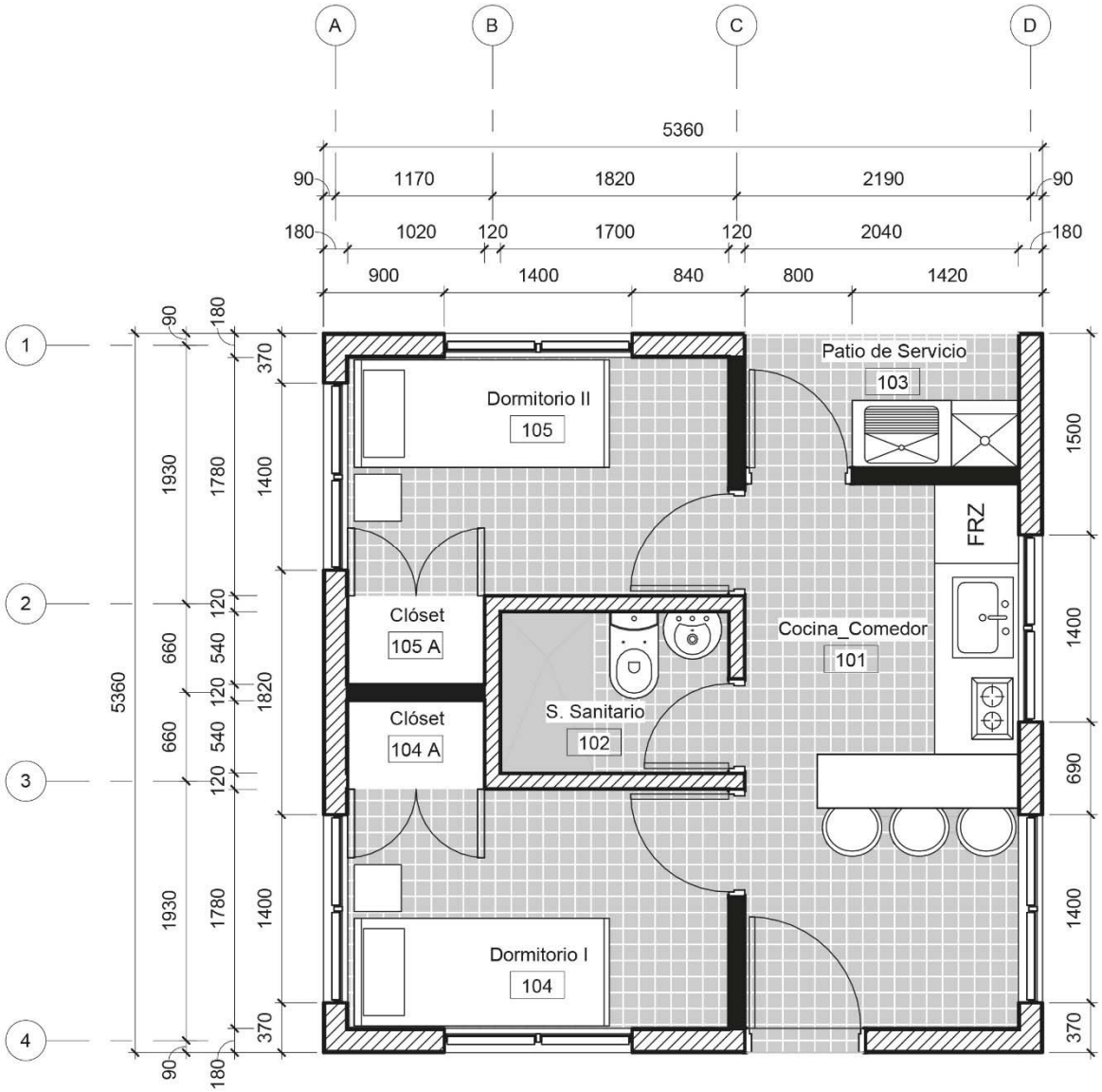
Planta de Arquitectura. Variante Vivienda Tipo Cáscara (CBH).



Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 12.

Planta de Arquitectura. Variante Vivienda (CBH).



Paneles divisorios de bloques de celulosa de papel

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 13.

Tabla 14. Toneladas de CO2 Generadas por cada proceso para producir 1 tonelada de arena gruesa.

Insumo	**Recurso necesario para producir 1ton de arena gruesa**				**Emisión de CO_2 generados por la producción de 1ton de arena gruesa**			
	Extracción por minería	U	Generación por RCD	U	Extracción por minería	U	Generación por RCD	U
Energía Eléctrica	0.01506	MW	0.0036	MW	0.00316	ton CO_2	0.000756	ton CO_2
Diésel	0.523	Gal	0.03	Gal	0.00523	ton CO_2	0.0003	ton CO_2

Fuente: (Ramírez & Villada, 2018)

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas

FC
Facultad de
Contrucciones

Departamento de Arquitectura y Urbanismo

TRABAJO DE DIPLOMA

"Implementación de materiales reciclados en la construcción de viviendas subsidiadas por el Estado en el municipio de Cabaiguán."

Autor: Jorge Medina López

Tutor: Arq. Ernesto Pérez Hernández

Santa Clara, 06/2019

Copyright©UCLV