

	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15	
			VERSIÓN	02	
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN			FECHA	03/04/2017
				PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ	
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad	

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): MARIA CAMILA APELLIDOS: PEREZ ROJAS

NOMBRE(S): JOSÉ JULIÁN APELLIDOS: MANCILLA GRIMALDO

FACULTAD: EDUCACION ARTES Y HUMANIDADES

PLAN DE ESTUDIOS: ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO

DIRECTOR:

NOMBRE(S): RAMÓN EDUARDO APELLIDOS: GALVIS CENTURIÓN

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA ELABORADA EN PAJA PARA UN EQUIPAMIENTO RURAL SOSTENIBLE EN PUERTO SANTANDER

El conflicto armado en Colombia es una de las grandes problemáticas por las cuales el desarrollo rural se ha visto atrasado, afectando la vida de muchas comunidades las cuales sus derechos han sido vulnerados impidiendo tener una calidad de vida digna, ya que la presencia del estado es casi nula en zonas de conflicto, por ende, es difícil la llegada de recursos y proyectos nacionales a esos territorios agotando las oportunidades para las presentes y futuras generaciones. La frontera no da tregua y consigo aproximadamente cincuenta décadas de violencia que sus habitantes en este caso Porteños (Oriundos de Puerto de Santander) se han visto golpeados y sin algún progreso como el de cualquier otro municipio prospero con potenciales ganaderos, agrícolas y pesca artesanal con objetivo general Diseñar una **SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA ELABORADA EN PAJA PARA UN EQUIPAMIENTO RURAL SOSTENIBLE EN PUERTO SANTANDER**, que mejore las condiciones de la población víctimas del conflicto armado y social, por medio de prácticas sostenibles, con metodología Para el desarrollo de esta investigación se cuenta con una metodología específica, acorde a las etapas y requerimientos que implica la ejecución de esta, con un interés particular enfatizando más en el proceso que los resultados que se obtenga. De esta manera, se presentan los tipos de investigación a emplear para el diseño de una solución constructiva elaborada en paja para un equipamiento rural sostenible, llegando a la conclusión de que posteriormente al estudio de la investigación, la paja puede ser usada fácilmente en la ruralidad del Área Metropolitana de Cúcuta, especialmente en Puerto Santander o en zonas donde exista presencia de cultivos de arroz y aprovechar este recurso alternativo en proyectos habitacionales sostenibles de bajo costo.

PALABRAS CLAVES: diseño, paja, equipamiento, problemáticas, recursos.

CARACTERÍSTICAS: PÁGINAS: 172 PLANOS: __ ILUSTRACIONES: 85 CD ROOM:

DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA ELABORADA EN PAJA PARA UN
EQUIPAMIENTO RURAL SOSTENIBLE EN PUERTO SANTANDER.

MARIA CAMILA PEREZ ROJAS
JOSÉ JULIÁN MANCILLA GRIMALDO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE EDUCACIÓN, ARTES Y HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA ELABORADA EN PAJA PARA UN
EQUIPAMIENTO RURAL SOSTENIBLE EN PUERTO SANTANDER.

MARIA CAMILA PEREZ ROJAS
JOSÉ JULIÁN MANCILLA GRIMALDO

Proyecto de grado presentado como requisito para optar por el título de
Arquitecto

Director:

Arq. Ramón Eduardo Galvis Centurión

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE EDUCACIÓN, ARTES Y HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

Acta de sustentación



NIT 890600522 - 0

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PLAN DE ESTUDIOS DE ARQUITECTURA

Fecha: septiembre 26 de 2022

TITULO: DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA ELABORADA EN PAJA PARA UN EQUIPAMIENTO RURAL SOSTENIBLE EN PUERTO SANTANDER.

Presentado por: MARIA CAMILA PEREZ ROJAS
JOSE JULIAN MANCILLA GRIMALDO

CÓD: 1500811
COD:1500909

Modalidad: Proyecto Arquitectónico.

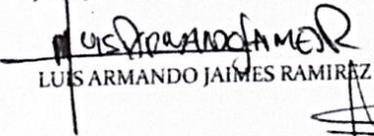
JURADO LUIS ARMANDO JAIMES RAMIREZ
ASTRID MATILDE PORTILLO
LUISA FERNANDA RODRIGUEZ

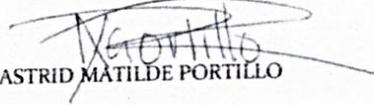
DIRECTOR: RAMÓN EDUARDO GALVIS CENTURIÓN

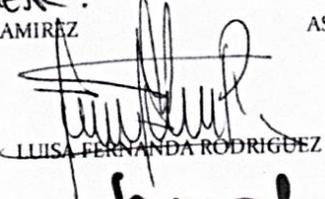
NOMBRE DEL ESTUDIANTE
MARIA CAMILA PEREZ ROJAS
JOSE JULIAN MANCILLA GRIMALDO

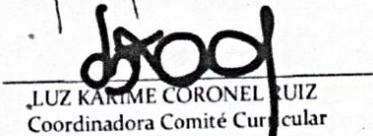
CALIFICACIÓN
5,0
5,0

A. M. L.
LAUREADA
LAUREADA


LUIS ARMANDO JAIMES RAMIREZ


ASTRID MATILDE PORTILLO


LUISA FERNANDA RODRIGUEZ


LUZ KARIME CORONEL RUIZ
Coordinadora Comité Curricular

Avenida Gran Colombia No. 12E-96 Barrio Colsag
Teléfono (057)(7) 5776655 - www.ufps.edu.co
oficinadeprensa@ufps.edu.co San José de Cúcuta - Colombia

Creada mediante decreto 1923 de 1970

Tabla de Contenido

Introducción	14
1. Problema	16
1.1 Título	16
1.2 Planteamiento del problema	16
1.3 Formulación de problema	17
1.4 Justificación	17
1.5 Objetivos	18
1.5.1 Objetivos generales	18
1.5.2 Objetivos específicos	19
1.6 Delimitaciones	19
1.6.1 Delimitación conceptual	19
1.6.2 Delimitación espacial	19
1.6.3 Delimitación temporal	20
2. Marco Referencial	21
2.1 Antecedentes	21
2.2 Marco teórico	26
2.3 Marco conceptual	29
3. Marco Metodológico	:
3.1 Tipo de investigación	32
3.2 Enfoque de la investigación	33
3.3 Conclusión de la metodología	33

3.4	Metodología de la propuesta	34
4.	Resultados	36
4.1	Objetivo 1	36
4.1.1	Identificar características y necesidades de la población de Puerto Santander	36
4.1.2	Análisis y comparación de información compilada	40
4.2	Objetivo 2	61
4.2.1	Reconocimiento de residuos de paja en Puerto Santander	62
4.2.2	Caracterización de la paja	66
4.2.3	Uso de la paja en el campo de la construcción	79
4.3	Objetivo 3	96
4.3.1	Criterios específicos de diseño para la solución constructiva en paja	96
4.3.2	Criterios específicos de diseño para el equipamiento	100
4.4	Objetivo 4	102
4.4.1	Desarrollo de la solución constructiva.	102
4.4.2	Validación de la solución constructiva.	116
4.4.3	Aplicación de la solución constructiva en un equipamiento arquitectónico	124
	Conclusiones	141
	Referentes Bibliográficos	142
	Anexos	147

Lista de Figuras

Figura 1 Parque educativo saberes ancestrales	22
Figura 2 Centro de desarrollo infantil el Guadual	23
Figura 3 Escuela en Chuquibambilla	26
Figura 4 Reinterpretación metodología planos vivos de Simón Hosie	37
Figura 5 Recocimiento cartográfico con niños	38
Figura 6 Portada de encuesta de Puerto Santander	39
Figura 7 Estructura encuesta "Conociendo Puerto Santander y su gente"	40
Figura 8 Edades de los encuestados	40
Figura 9 Ocupación de los encuestados	41
Figura 10 Barrios que habitan los encuestados	42
Figura 11 Cartografía/barrios 2005	43
Figura 12 Cartografía barrios 2022	44
Figura 13 ¿Qué nos gusta hacer por la mañana?	45
Figura 14 ¿Que nos gusta hacer por la tarde?	46
Figura 15 ¿Qué nos gusta hacer por la noche?	47
Figura 16 Comparativo de percepción espacial	48
Figura 17 Lugares donde les gusta estar en Puerto Santander	49
Figura 18 Comparativo de percepción espacial	50
Figura 19 Hitos/Lugares que consideran importante los Porteños	50
Figura 20 Lugares que frecuentan o se reúnen con sus amigos en Puerto Santander	51
Figura 21 Nodos/Lugares que frecuentan los Porteños	52
Figura 22 Riesgos/Inseguridad (Lo que no le gusta de Puerto Santander)	53

Figura 23 Gráfico de espacios que anhelan tener en Puerto Santander	54
Figura 24 Gráfico de edad	55
Figura 25 Gráfico de ocupación	55
Figura 26 Gráfico de educación	57
Figura 27 Gráfico de limitaciones funcionales	58
Figura 28 Gráfico de programa arquitectónico	61
Figura 29 Ubicación de cultivos de Puerto Santander	62
Figura 30 Señor Regulo Ortiz (Agricultor)	63
Figura 31 Germinación de arroz	64
Figura 32 Cultivos de arroz en Puerto Santander	64
Figura 33 Cultivos de arroz en Puerto Santander	65
Figura 34 "Rancho Fawn Lake". Hyannis, Nebraska.	67
Figura 35 "Burke-House". Alliance, Nebraska.	68
Figura 36 "Mansion Feuillette". Motargis, Francia.	68
Figura 37 Casa de campo en Heeze, Holanda	69
Figura 38 Sistema constructivo Nebraska	70
Figura 39 Sistema constructivo Greb	71
Figura 40 Sistema constructivo Gagne	72
Figura 41 Panel prefabricado MODCELL	73
Figura 42 Panel prefabricado ECOCOCON	73
Figura 43 Panel prefabricado ISOPAILLE	74
Figura 44 Flujo de aire en briznas internas de una bala de paja	75
Figura 45 Ensamblaje módulo MEP 1	103

Figura 46 Módulo MEP 1	104
Figura 47 Configuración final con módulos MEP1	105
Figura 48 Ensamblaje módulo MEP 2	106
Figura 49 Módulo MEP 2	107
Figura 50 Configuración final con módulos MEP 2	108
Figura 51 Ensamblaje módulo MEP 3	109
Figura 52 Módulo MEP 3	110
Figura 53 Ensamblaje entre módulos MEP 3	111
Figura 54 Plano entre ensamblajes de módulos MEP 3	111
Figura 55 Configuración final con módulos MEP 3	112
Figura 56 Configuración para vanos con módulos MEP 3	113
Figura 57 Diagrama de transmitancia térmica en MEP 2	117
Figura 58 Beneficio térmico por distribución de calor y flujos de calor	124
Figura 59 Plano ubicación general	125
Figura 60 Plano ubicación implantación	126
Figura 61 Concepto arquitectónico	127
Figura 62 Programa arquitectónico isométrico	129
Figura 63 Plano implantación	130
Figura 64 Planta general	131
Figura 65 Fachada norte	131
Figura 66 Fachada sur	131
Figura 67 Fachada este	132
Figura 68 Fachada oeste	132

Figura 69 Corte A - A'	132
Figura 70 Corte B - B'	132
Figura 71 Corte C - C'	132
Figura 72 Corte D - D'	133
Figura 73 Isométrico explotado equipamiento	133
Figura 74 Detalle constructivo columna/cubierta	134
Figura 75 Detalle constructivo anclaje módulo/piso	135
Figura 76 Detalle constructivo módulo/columna	136
Figura 77 Fachada frontal	136
Figura 78 Fachada	137
Figura 79 Comedor/Anfiteatro	137
Figura 80 Zona de descargas	138
Figura 81 Talleres	138
Figura 82 Pasillo de circulación de talleres a terraza	139
Figura 83 Fachada posterior	139
Figura 84 Anfiteatro	140
Figura 85 Fachada posterior desde el rio	140

Lista de Tablas

Tabla 1 Categoría de resistencia al fuego	78
Tabla 2 Materiales Específicos De Módulo	114
Tabla 3 Materiales que componen el MEP 2 y características físico-térmicas	118
Tabla 4 Comparación de valores U en soluciones constructivas en paja	118
Tabla 5 . Variables de diseño del MEP 2	119
Tabla 6 Datos para validación térmica: distribución de temperatura y flujos de calor	120
Tabla 7 Datos adicionales para validación térmica: distribución de temperatura y flujos de calor	120
Tabla 8 Validación térmica por distribución de temperatura y flujos de calor en prototipos de MEP 2	121
Tabla 9 Validación térmica por transferencia de calor y flujos de calor.	122

Lista de Anexos

Anexos 1 Certificado de Sesión de Póster Científicos: Ejercicio final electiva de profundización en arquitectura y materiales sostenibles	148
Anexos 2 Asistencia de Sesión de Póster Científicos: Ejercicio final electiva de profundización en arquitectura y materiales sostenibles.	149
Anexos 3 Certificado de ponencia de III Encuentro Nacional de Semilleros de investigación sector de la construcción	150
Anexos 4 Asistencia de ponencia de III Encuentro Nacional de Semilleros de investigación sector de la construcción	152
Anexos 5 Certificado de ponencia de VI Semana Internacional de Ciencia, tecnología e innovación	153
Anexos 6 Asistencia de ponencia de VI Semana Internacional de Ciencia, tecnología e innovación	154
Anexos 7 Certificado de ponencia de VII Semana Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación	155
Anexos 8 Primer artículo científico publicado en la revista Journal of physics: Conferences Series (IOP Publishing)	156
Anexos 9 Segundo artículo científico publicado en la revista Journal of physics: Conferences Series (IOP Publishing)	157
Anexos 10 Certificado de ponencia de 5to Encuentro internacional en ciencias aplicadas e ingenierías (EISI)	158
Anexos 11 Certificado de ponencia de VIII Semana Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación	159

Anexos 12 Actividad de Planos Vivos en Puerto Santander	160
Anexos 13 Visita a cultivos de arroz de Puerto Santander	161
Anexos 14 Constancia de validación de contenido del instrumento por parte de expertos de la encuesta titulada conociendo Puerto Santander y su gente	162
Anexos 15 Solicitud de información al área Metropolitana de Puerto Santander	164
Anexos 16 Carta de cambio del objetivo general y primer objetivo específico	165
Anexos 17 Carta de vinculación de Co-director de proyecto de grado	167
Anexos 18 Carta de aprobación de cambios de objetivo y vinculación de codirector por parte del comité curricular del programa de arquitectura	168
Anexos 19 Certificado de Participación Kaira Loro Architecture Competition 2022's Edition – by Humanitarian Organization Balouo Salo	170

Introducción

El conflicto armado en Colombia es una de las grandes problemáticas por las cuales el desarrollo rural se ha visto atrasado, afectando la vida de muchas comunidades las cuales sus derechos han sido vulnerados impidiendo tener una calidad de vida digna, ya que la presencia del estado es casi nula en zonas de conflicto, por ende, es difícil la llegada de recursos y proyectos nacionales a esos territorios agotando las oportunidades para las presentes y futuras generaciones.

Puerto Santander es uno de estos escenarios que han sido afectados por la situación anteriormente descrita. Por un lado, existe un déficit de equipamiento que contribuye a mejorar el desarrollo académico, social y económico lo cual ha generado que la población siga dependiendo de actividades informales que no está ayudando a cambiar su situación actual, sino más bien a retrasarla. (CONPES, 2015) (Findeter, 2019)

A pesar de lo mencionado anteriormente, se observa que la región tiene potencial para poder aplicar proyectos sostenibles que impulsen la seguridad y el desarrollo social. Por una parte, se destaca la alta producción de arroz, la cual genera el subproducto agrícola que es la paja, material orgánico y sostenible con excelentes características que ha sido estudiado e implementado en soluciones constructivas para mejorar la calidad de habitabilidad de cualquier espacio.

De esta manera, se tiene como objetivo crear una solución constructiva con materiales provenientes de la región para generar arquitectura sostenible implementado en un equipamiento rural de la zona de Puerto Santander que pueda tener un gran impacto relacionado al avance e integración de su población.

Para finalizar, este proyecto a la vez intenta ser motivación en el campo de la investigación enfocada a la construcción para seguir estudiando materiales orgánicos y soluciones constructivas

que pueden ser muy viables para ser implementados en zonas rurales e incluso urbanas destacando su bajo impacto ambiental.

1. Problema

1.1 Título

DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA ELABORADA EN PAJA PARA UN EQUIPAMIENTO RURAL SOSTENIBLE EN PUERTO SANTANDER.

1.2 Planteamiento del problema

La frontera no da tregua y consigo aproximadamente cincuenta décadas de violencia que sus habitantes en este caso Porteños (Oriundos de Puerto de Santander) se han visto golpeados y sin algún progreso como el de cualquier otro municipio prospero con potenciales ganaderos, agrícolas y pesca artesanal.

Hoy en día Puerto Santander sigue siendo una región con un sistema económico dependiente al intercambio masivo e informal de productos, a lo que la misma comunidad manifiesta que todos viven del comercio, saben que la forma como lo practican es ilegal pero sencillamente lo respalda con un “no hay otra cosa más que hacer” y denominan a esta actividad “Bachaquear” como el rebusque relacionado al contrabando. (ONU Mujeres, 2016)

De alguna u otra forma la anterior situación se ha visto intensificada a causa de la pandemia COVID-19 la cual hace más difícil el intercambio comercial a más del 90% de su población ya que es de las pocas salidas que tienen como ingresos económicos para su sustento diario. (La Opinión, 2020)

Además, muchos viven con gran temor por vivir en una zona de peligro sin garantías mínimas de sus derechos humanos como resultado de la continua violencia sistemática y reiterativa por parte de grupos al margen de la ley, los cuales son conformados por bandas criminales que azotan el lugar imponiendo a sangre y fuego sus reglas a transeúntes, generado por la falta de intervención y jurisdicción del gobierno. (ONU Mujeres, 2016)

De la situación expuesta se muestra la falta de sostenibilidad que existe en Puerto Santander por la ausencia de equipamientos de gran impacto, los cuales sean espacios de reconciliación y paz, donde la cultura y la educación se conviertan en agentes de cambio que se implanten entre los habitantes ayudando en la evolución asertiva de esta zona.

1.3 Formulación de problema

¿DE QUÉ MANERA EL DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA ELABORADA EN PAJA PARA UN EQUIPAMIENTO RURAL SOSTENIBLE EN PUERTO SANTANDER PUEDE RESPONDER A LAS NECESIDADES DE ESPACIOS PARA EL DESARROLLO E INTEGRACIÓN SOCIAL?

1.4 Justificación

A partir del conflicto armado, la zona de Puerto Santander ha sido gravemente afectada, lo cual ha generado diferentes consecuencias sociales a través del tiempo como: la accesibilidad de equipamientos institucionales, excluyendo a la comunidad del progreso social relacionado a la educación y desarrollo socioeconómico causado por la informalidad, dependencia económica en parte de Venezuela por estar en zona de frontera y criminalidad generada por grupos rebeldes.

De esta manera se busca, no solo generar espacios habitacionales para suplir necesidades específicas sino también crear en estas experiencias interesantes, de modo que el desarrollo de este proyecto dignifique a su comunidad y fomente espacios de paz en una zona rural, donde presenta oportunidades para potencializar y alcanzar una sostenibilidad socioeconómica y ambiental. Por instancia, la actividad agrícola representativa de arroz en Puerto Santander genera paja, la cual como subproducto agrícola es utilizado mundialmente a manera de material noble sostenible en la construcción por no ser extraído del suelo, evitando la generación de toxinas y contaminantes durante su producción comparado a materiales convencionales con alta energía embebida

(Lacinski & Bergeron, 2000). Además, tiene propiedades de aislamiento térmico que mejora el confort de las edificaciones, necesario en un clima tropical cálido como el de Puerto Santander. Así mismo, es un material biodegradable que no requiere ir al vertedero después de cumplir su propósito, ya que puede ser compostado, servir como alimento de animales o volver a ser reutilizado (Atkinson, 2010). Con las problemáticas y potencialidades mencionadas, Puerto Santander según el gobierno nacional, está en la necesidad de impulsar propuestas que impacten el desarrollo de la población enfocada hacia una paz sostenible a largo plazo, teniendo en cuenta aspectos como lo económico, social y ambiental. Enfatizando en acciones que promuevan una visión integral respecto a la conservación y uso sostenible de los recursos de la región y el cuidado del medio ambiente relacionado al cambio climático. (CONPES, 2015)

Entendiendo las iniciativas nacionales que el gobierno plantea, la facultad de Educación, Artes y Humanidades busca desarrollar una solución constructiva considerando la paja como material matriz para ser implementado en un espacio habitacional-institucional de la zona, que genere aportes a las problemáticas actuales del conflicto armado y demás dificultades sociales que presenta actualmente Puerto Santander. Desde las diversas ramas del saber, el Departamento de arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Francisco de Paula Santander plantea el proyecto de grado de carácter investigativo denominado “DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA ELABORADA EN PAJA PARA UN EQUIPAMIENTO RURAL SOSTENIBLE EN PUERTO SANTANDER.”

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivos generales

Diseñar una **SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA ELABORADA EN PAJA PARA UN EQUIPAMIENTO RURAL SOSTENIBLE EN PUERTO SANTANDER**, que mejore las

condiciones de la población víctimas del conflicto armado y social, por medio de prácticas sostenibles.

1.5.2 Objetivos específicos

Definir el perfil poblacional y programa arquitectónico para el caso de estudio, con base en dinámicas de arquitectura participativa identificando necesidades de equipamiento de la población rural de Puerto Santander.

Identificar las propiedades de la paja y su aplicación en la arquitectura.

Establecer los criterios de diseño para la solución constructiva de paja y el equipamiento rural.

Diseñar y validar tecnológicamente la solución constructiva para ser implementada en el equipamiento rural.

1.6 Delimitaciones

1.6.1 Delimitación conceptual

Durante la fase de diseño de la solución constructiva serán elementos divisorios fabricados con el subproducto agrícola que es la paja, especificando los detalles constructivos del elemento y proceso de manufactura, dejando claro la probabilidad de limitaciones en altura y forma de la solución dado a las diferentes propiedades o características del subproducto. Además, no se hará estudio o enfoque detallado de la estructura y materiales a utilizar del equipamiento a implementar la solución y que estos serán determinados por ideales personales pensados en sostenibilidad arquitectónica y no científicos.

1.6.2 Delimitación espacial

Este proyecto se enfocará en diseñar y adaptar la solución constructiva de paja en la localidad de Puerto Santander, considerándose las condiciones climáticas, físicas y

socioeconómicas de la zona. Utilizando materiales propios de la región para contribuir al desarrollo sostenible.

1.6.3 Delimitación temporal

La utilización de la paja como elemento constructivo ha sido utilizado por muchos años, existiendo una variedad de soluciones de este material. De esta manera esta investigación retoma datos de artículos de más de veinte años que hacen mención de las diferentes propuestas ya implementadas en el campo de la construcción hasta artículos científicos recientes donde mencionan y resaltan los avances industriales del mismo.

2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

Los siguientes referentes fueron escogidos como proyectos arquitectónicos en casos de éxito en Colombia, buscando dignificar la vida de comunidades en conflicto o postconflicto armado, en zonas de clima tropical cálido, los cuales también son ejemplos de arquitectura sostenible y sostenibilidad social.

Parque Educativo Saberes Ancestrales / Mauricio Valencia + Diana Herrera + Lucas Serna + Farhid - Vigía del Fuerte – Antioquia

Vigía del Fuerte es un municipio antioqueño en la frontera con el departamento del Chocó, y separado de Bojayá por el río Atrato, se encuentra en la parte más austral de la subregión de Urabá, en la zona denominada Atrato Medio Antioqueño. Departamento caracterizado por presencia de comunidades indígenas como también por bajo índice de desarrollo humano, falta de accesibilidad, clima extremo y afectada por el conflicto armado. Por esta razón, la misma la gobernación quiso implementar un proyecto institucional que potencializa y sea único de la región. Construyéndose así un espacio educativo de encuentro y espacios abiertos para la comunidad (Valencia, Herrea, Serna, & Maya, 2010).

El proyecto se caracteriza por considerar determinantes geográficas y climáticas como la alta incidencia de lluvia, suelos con poca capacidad para grandes cargas, lo cual obliga al edificio a estar a más de un metro elevado sobre el nivel de suelo y a utilizar materiales ligeros. Además de estrategia bioclimáticas, como fachadas que permiten el paso del viento, grandes aleros para la protección del sol y cubiertas con grandes pendientes por estar en una zona muy lluviosa (Figura 1).

El material utilizado en la fachada es el material protagonista del proyecto, las celosías de madera, el cual es un material que ha identificado la población por ser muy utilizado en la

construcción de las viviendas. Por último, el proyecto utiliza las aguas lluvias para ser reutilizado, lo cual lo convierte en ejemplo de arquitectura sostenible para la sociedad por ser selectivo en el uso de sus materiales y en el poder generar inclusión social de la comunidad más pobre de Antioquia.

Figura 1 Parque educativo saberes ancestrales



Nota. Fuente de Archdaily

Centro de Desarrollo Infantil El Guadual / Daniel Joseph Feldman Mowerman + Iván Dario Quiñones Sánchez

Este proyecto nace en Puerto Tejada, Colombia con una comunidad caracterizada por desplazamientos forzados a causa de la violencia, pero con la gran esperanza de un futuro mejor,

así nace lo que hoy es el CDI El Guadual a partir de talleres participativos y escuchando la realidad de las personas que viven en Villa Rica para la construcción de una edificación para atender a más de 300 niños, niñas y padres de familia (Figura 2).

Figura 2 Centro de desarrollo infantil el Guadual



Nota. Fuente de Archdaily

El trabajo con la comunidad hace del proyecto una realidad palpable, en la que se siembra el futuro de los niños y jóvenes principales gestores de paz, para sus comunidades y su país en un futuro no muy lejano. Tanto la materialidad, como el diseño de la construcción mimetizan el impacto en el paisaje, haciendo del proyecto un sitio agradable con espacios flexibles (Daniel Feldman & Ivan, 2013).

El proyecto es un ejemplo de construcción de baja tecnología, responsable con el ambiente y perdurable en el tiempo. Las estrategias de recolección de agua, uso de luz y ventilación natural, orientación de las aulas respecto al sol y el viento, el uso de materiales locales y reciclables, la reinterpretación de técnicas tradicionales de construcción y la creación de espacios públicos y culturales como parte del esquema general del CDI un son todos factores que contribuirán con el funcionamiento exitoso del centro.

Biblioparque David Sánchez Juliao / +A662 Arquitectos - Montería, Colombia

Este es un proyecto de redefinición de geografía social y físico en un contexto deteriorado, enfocado en la educación, satisfacción de necesidades sociales, seguridad y hábitat digno. Esta biblioteca se caracteriza por ser un equipamiento sostenible social y ambiental. En lo social, ofrece un programa diverso donde puede suplir necesidades básicas para mejorar la prosperidad educativa y desarrollo de la comunidad, contando así, con salones comunales, auditorios, teatros, cafeterías, batería de baños, teatrinos para actividades nocturnas, área de esparcimiento verdes y entre otros (Figura 3).

En relación a lo ambiental, integra materiales locales y que identifican a la región como la madera, la piedra negra rajón a la vista para muros divisorios. La piel de la fachada la cual utiliza listones de madera para no permitir la luz directa de la luz y también mejorar la ventilación. El cemento pulido que hace alusión a los kioscos de fincas ganaderas o viviendas tradicionales.

Además de contar con una cubierta verde, que mejora el confort térmico del espacio y así mitigando el consumo energético de la edificación. Finalmente, el manejo de terrazas en el terreno o taludes para proteger ciertas áreas de inundaciones y el manejo volumétrico en V como estrategia de diseño espacial para permitir la ventilación natural (+A662 Arquitectos, 2013)

Escuela en Chuquibambilla / Marta Maccaglia + Paulo Afonso + Bosch Arquitectos

Proyecto localizado en una zona infantil, donde los niños deben recorrer largas distancias para poder llegar a equipamientos educativos, construido para una comunidad indígena que no tiene acceso a servicios básicos de salubridad. Este proyecto es de carácter social ya que se investigan las carencias del lugar para conocer sus necesidades, siendo así un proyecto educacional y de integración social de toda la comunidad (Afonso, Maccaglia, & Bosch Arquitectos, 2013).

El proyecto fue diseñado considerando el estilo de vida de sus usuarios, tiene aulas libres, abiertas a la naturaleza y talleres relacionado a las actividades de la zona. Relacionado a el uso de materiales, este incorpora materiales vernáculos y modernos extraídos de recursos locales y la inclusión de la mano de obra local para una construcción en situ.

Por último, se destaca la implementación de sistemas constructivos pasivos, para el control de soleamiento, ventilación e iluminación natural. Siendo un ejemplo de arquitectura sostenible (Figura 3).

Figura 3 Escuela en Chuquibambilla



Nota. Fuente de Archdaily

2.2 Marco teórico

Los productos orgánicos se caracterizan por su capacidad de poder mitigar problemas relacionados a la huella de carbono que materiales convencionales generan. Reconociendo la paja como subproducto agrícola generado globalmente como consecuencia de la agricultura masiva, lo cual lo convierte en un material de fácil adquisición. Además, resaltando la capacidad del material de poder captar CO² durante su tiempo de vida (Wiham, 2007). La paja presenta propiedades

físicas como aislamiento térmico dado a que tiene muy baja conductividad térmica comparado a materiales tradicionales y no tradicionales, siendo una ventaja para mejorar el confort térmico de cualquier configuración espacial arquitectónica (Cantor & Manea, 2015). Por otro lado, existe el interés de conocer mas la comunidad donde se implantará el proyecto, con un enfoque participativo en el proceso de desarrollo de la solución constructiva y el equipamiento.

Confort térmico

El confort térmico es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico. Según la norma ISO 7730 el confort térmico “es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico” (Zheng, Chen, Shiming, & Lin, 2006). La definición de confort térmico está abierta respecto a la manera de verla como condición de la mente o satisfacción, dejando claro que es un proceso cognitivo que está influenciado por diferentes factores tales como físicos, fisiológicos, psicológicos y otros más. Para resumir, el confort es alcanzado cuando la temperatura corporal se mantiene dentro de los rangos normales y existe poco esfuerzo físico para sentirse cómodo en el ambiente que se está. El confort también puede variar de acuerdo a la ropa, la actividad realizada, la postura o posición, el abrir una ventana o el movilizarse de un lugar a otro.

Aislamiento térmico

El aislamiento térmico se caracteriza por retardar el flujo de calor. Esto puede conseguirse con uno o varios materiales en conjunto dependiendo de su forma, tamaño, y superficie (Patel, Deshmukh, & Birwal, 2017). Así, el aislamiento es el resultado del proceso térmico llevado a cabo por materiales capaces de reducir la transferencia de calor de una superficie externa al sistema en prueba.

Para que un material térmico sea considerado es importante que cuente con ciertos criterios tales como, baja conductividad térmica, que no sea corrosivo, tóxico, no inflamable y no se descomponga rápidamente (Ghoneim, Klein, & Duffie, 1991). De igual manera cada uno de ellos presentará unas condiciones únicas, en el rango una baja conductividad térmica donde mostrará unos valores mínimos o máximos del límite de consideración para ser un aislante térmico (Masso, 2012). Adicionalmente, otras cualidades a identificar de estos elementos son:

Transmitancia térmica (U): propiedad física que mide la cantidad de energía que fluye por unidad de tiempo y superficie, transferido a través de un elemento.

Factor de resistencia a la difusión del vapor agua (μ): se da especialmente en los aislamientos que pretenden preservar una superficie fría; si el aislamiento permite que la humedad del aire se ponga en contacto con la superficie fría, esta se irá condensando y mojando todo el aislamiento, creando problemas de pérdidas de capacidad de aislamiento (fundación, 2011)

Radiación: la emisión de energía se transmite a través de ondas electromagnéticas producidas en cualquier cuerpo que se encuentre a una cierta temperatura. No se precisa contacto entre el emisor y el receptor.

Energía embebida

La energía embebida, es el total de energía consumida en el ciclo de vida de un edificio, desde factores como la energía requerida durante el proceso de extracción de la materia, la manufactura, el transporte de materiales, la construcción, mantenimiento, reparaciones, y demoliciones (Chastas, Theodosiou, Kontoleon, & Bikas, 2018). Sin considerar la energía que gasta la edificación relacionada al enfriamiento, calefacción y luz artificial (Moncaster & Symons, 2013) (Hu & Milner, 2020).

Arquitectura Participativa

La arquitectura participativa es la relación existente entre arquitecto y comunidad en el proceso de concepción y diseño del proyecto: de, para, con la comunidad. Se trata de conocer a las comunidades, conociendo así los métodos para establecer un camino de un proyecto. De esta manera, es importante realizar una investigación alejada de lineamientos rígidos y modelos ya establecidos, mas bien incorporar el dialogo en convivencia con la comunidad. Por esto es importante, desarrollar proyectos que vayan alineados a los hábitos y costumbres de los habitantes por medio del conocimiento de la historia y antropología que rescate aspectos intangibles o inmateriales los cuales forman parte del día a día. Así, el proyecto puede ser adoptado y apropiado de una manera natural por parte de la comunidad (Hosie, 2009).

2.3 Marco conceptual

Sostenibilidad ambiental: Se refiere a preservar los recursos naturales existentes y no hacer uso de estos para conseguir un balance ecológico y así no afectar a sistemas naturales. Basado en el uso de recursos renovables sin excederse, protegiendo aquellos que no lo son para mitigar en lo posible el daño al medio ambiente y en los seres vivos (Patel & Chugan, 2013)

Sostenibilidad económica: Se refiere al uso de recursos que sean ilimitados, es decir renovables. Contrario a recursos que son ilimitados y van bajando su producción por el paso del tiempo consecuencia de su alto consumo sin posibilidad de renovarse por sí solos. (Domínguez, Samaniego, Sunkel, & León, 2019).

sostenibilidad social: Este se refiere al derecho fundamental de la libertad e igualdad por ser humanos y el balance generado ahora para las próximas generaciones. Es decir, los recursos proveídos a generaciones actuales y próximas para proveer desarrollo, sostenimiento y riqueza, a través de acceso a un trabajo, casa, educación, salud, actividades culturales, recreación; etc. Además, de la reintegración de toda la sociedad. (Domínguez, Samaniego, Sunkel, & León, 2019).

Arquitectura sostenible: Se refiere a las actividades realizadas para no causar daño al ambiente y así mantener un balance ecológico a través del uso efectivo de materiales, agua y la energía durante la construcción, el uso, y destrucción de cualquier espacio arquitectónico. Con el objetivo de proteger la salud y el confort de los usuarios como también el bienestar del ambiente con el uso de materiales renovables o reciclados que no causen daños para darle otro uso después de su demolición (Lau, Wang, & Lu, 2003)

Conflicto armado: Concepto interpretado de distintas maneras, que se refiere a grupos armados carentes de apoyo popular en general, donde usan el narcotráfico como estrategia para poder financiar sus acciones. Teniendo como objetivos militares, la población civil, la infraestructura civil y autoridades regionales. En Europa se refieren a estos grupos como terroristas que desean imponer sus ideales y pensamientos con la violencia (Valcárcel, 2007).

Solución constructiva: Agrupación de elementos y unidades que tiene como objetivo proveer a un edificio una organización funcional, ya sea relacionado a lo estructural o a la protección de espacios (cerramientos o muros divisorios) para brindar confort térmico o estético. En otras palabras, es un sistema como conjunto articulado (Carrió, 2005)

Espacios de paz: Esta paz va relacionada a la creación de situaciones sociales que respeten los derechos humanos. Con el fin de encontrar soluciones que mitiguen los conflictos generados o diferencias de opiniones entre personas para conseguir una convivencia pacífica a través del diálogo (Hernández, Luna, & Cardena, 2017).

Paja: Material sostenible que no es extraído del suelo y que puede ser utilizado para la construcción, distinguiéndose por no generar toxinas o contaminantes en su ciclo de vida (Lacinski & Bergeron, 2000). Y que tiene propiedades que junto a otros materiales puede mejorar el comportamiento de una edificación (Magwood & Mack, 2000).

Materiales convencionales: Ladrillos, hormigón, acero, vidrio...Son producidos a nivel doméstico a partir de materiales importados o bien importados como productos acabados. En muchas ocasiones se utilizan sin ser apropiados para el uso elegido. Son materiales “populares” de costo elevado (Monzó, 2012).

Material biodegradable: Materiales que se descomponen por agentes naturales como el sol, el agua, las bacterias o animales sin afectar o degradar el bienestar de la naturaleza.

Clima tropical: Propio de regiones ubicadas en cerca de los trópicos, caracterizada por tener dos estaciones anuales, una seca donde el sol está bajo y una húmeda donde el sol está alto. En este clima el sol durante el año es prevalente y la cantidad de radiación y luz no varía. También, se conoce por tener épocas de sequía y lluvia (Inzunza Bustos, 2019).

3. Marco Metodológico

3.1 Tipo de investigación

Para el desarrollo de esta investigación se cuenta con una metodología específica, acorde a las etapas y requerimientos que implica la ejecución de esta, con un interés particular enfatizando más en el proceso que los resultados que se obtenga. De esta manera, se presentan los tipos de investigación a emplear para el diseño de una solución constructiva elaborada en paja para un equipamiento rural sostenible.

MÉTODO INDUCTIVO

La inducción es una forma de razonamiento en la que se pasa del conocimiento de casos particulares a un conocimiento más general, que refleja lo que hay de común en los fenómenos individuales. Su base es la repetición de hechos y fenómenos de la realidad, encontrando los rasgos comunes en un grupo definido, para llegar a conclusiones de los aspectos que lo caracterizan. Las generalizaciones a que se arriban tienen una base empírica (Rodríguez & Pérez, 2017)

INVESTIGACIÓN PROYECTUAL

Si la actividad proyectual realizada por el arquitecto cuando diseña implica la reflexión intelectual en torno a sus procesos y productos, ello supone un potencial de búsqueda sistemática de conocimiento. Por supuesto, no se trata de un conocimiento científico, pero no por ello deja de ser conocimiento y, mucho menos, de ser útil para contemplar, asimilar y engendrar su realidad de manera sistemática y reflexiva, condiciones básicas para la investigación dentro de la academia. Si, además, una comunidad como la de los proyectistas de arquitectura establece acuerdos sobre la idoneidad de sus particulares métodos de investigación, así como sobre los mecanismos y procedimientos de difusión y validación de sus procesos y resultados, se está ante la consolidación académica de un tipo de investigación específica de la disciplina (Salas Canevaro, 2017).

3.2 Enfoque de la investigación

En la investigación existen dos enfoques; el cuantitativo y el cualitativo, los cuales son ejemplos de investigación científica donde se utilizan diferentes procesos cuidadosos, sistemáticos y empíricos para lograr mayor conocimiento de un tema. Se estudian fenómenos, establece hipótesis y como resultado del análisis realizado, busca fundamentar las ideas anteriores para ser la base de esta y proponer observaciones nuevas (Salas Canevaro, 2017).

Entendido esto, este trabajo de grado estará basado en un **enfoque cuantitativo**, el cual hará una recolección de datos como proceso de observación para luego dar respuestas a cuestionamientos planteados de la investigación. Utilizando estadísticas, como instrumento de medición para entender situaciones como la población y posteriormente obtener una caracterización más precisa de lo que se está analizando. Es conciso en la problemática que se quiere abarcar. Enfocando preguntas específicas a cuestionamientos planteados. Ya teniendo claro el problema a investigar, es fundamental la revisión de la literatura para una mayor comprensión del tema a estudiar (Henández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010)

3.3 Conclusión de la metodología

Analizando el planteamiento del problema y lo que se quiere lograr para poder resolver los objetivos establecidos se relaciona.

- El enfoque inductivo comprende el análisis socio-demográfico de los Porteños, y como está relacionado a otros contextos, lo que explica una investigación que abarca de lo general en este caso el conflicto armado y social a lo particular como el déficit de desarrollo sostenible de la región y la población a causa del primero, encontrando similitudes y contrastes para llegar a identificar situaciones a tratar.

- Respecto a la investigación proyectual, aporta en el desarrollo de los criterios establecidos para el diseño de la solución constructiva e implementación del mismo. En un equipamiento es necesario recurrir a procedimientos y validaciones que den respuesta a la problemática, en este caso de una manera sostenible donde la investigación y el conocimiento del mismo es protagonista para entender cada paso.
- En cuanto a lo cuantitativo, ayuda a entender el análisis de referentes o el estado del arte para conocer características específicas y aplicaciones de la paja como material tradicional para crear arquitectura sostenible. También, el conocimiento de teorías para poder dar respuesta a los comportamientos tecnológicos que la paja tiene y cómo estos serán reflejados en la solución constructiva a diseñar.

3.4 Metodología de la propuesta

Pasos a desarrollar para cumplir con los objetivos del proyecto.

PASO I: Perfil Poblacional

- **Caracterización demográfica:** Identificar la zona vulnerable, estudiando las características sociales, demográfica y económica de sus habitantes.
- **Déficit de equipamiento:** Conocer qué necesidades de carácter institucional carece la población a estudiar para así proyectarlo e implementar la solución constructiva a diseñar en el mismo.

PASO II: Reconocimiento de la paja como material

- **Identificación del material en la región:** Entender el impacto y la generación de residuos de paja derivado a la alta producción de cultivos de arroz en Puerto Santander y sus alrededores, basados en evidencias fotográficas.

- **Análisis del Material:** Identificar las propiedades de la paja y los avances de este material aplicado en el sector de la construcción por medio de la revisión del estado del arte.

PASO III: Criterios

- **Criterios de diseño de la solución constructiva:** Conociendo las características de la paja y después de revisar la bibliografía respecto a su aplicación y manejo en la construcción. Establecer criterios relacionados a las dimensiones, aspectos tecnológicos, funcionales y ambientales del sistema constructivo a diseñar a base de paja.
- **Criterios de diseño del equipamiento:** Establecer criterios de diseño del equipamiento rural considerando las dimensiones, aspectos tecnológicos, funcionales y ambientales, donde será aplicada la solución constructiva.

PASO IV: Proceso de diseño y validación

- **Diseño de la solución constructiva:** Con los criterios de diseño ya establecidos, iniciar la etapa de diseño y validación tecnológica de la solución.
- **Diseño del equipamiento:** Iniciar el diseño del equipamiento basados en los criterios descritos.
- **Conclusiones:** Aprendizaje y conocimiento obtenido de la investigación realizada.

4. Resultados

4.1 Objetivo 1

DEFINIR EL PERFIL POBLACIONAL Y EL PROGRAMA ARQUITECTÓNICO PARA EL CASO DE ESTUDIO, CON BASE EN DINÁMICAS DE ARQUITECTURA PARTICIPATIVA IDENTIFICANDO NECESIDADES DE EQUIPAMIENTO DE LA POBLACIÓN RURAL DE PUERTO SANTANDER.

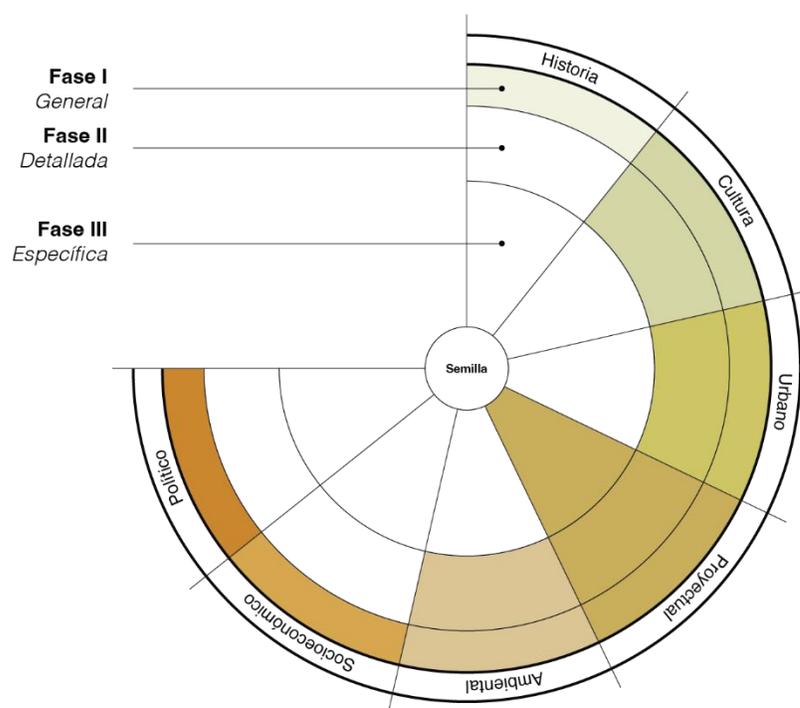
4.1.1 Identificar características y necesidades de la población de Puerto Santander

Al definir el perfil poblacional se referencia uno de los ejemplos más representativos de la arquitectura participativa en la región y con ella parte de la obra de “planos vivos” en el barrio Pescaito de Santa Marta realizada por el Arquitecto Colombiano Simón Hosie, el cual destaca la lectura del territorio desde una perspectiva inmaterial, encontrando la real esencia de un lugar con el fin de desarrollar intervenciones arquitectónicas que consigan una solución integral a la comunidad consecuente a necesidades y opiniones genuinas de sus habitantes, evitando tener que capacitar y/o transformar la realidad de las personas llevándolas a vivir de otra manera, ya que, según Hosie no se logra implementar proyectos que estén distanciados de los hábitos y las costumbres de quienes viven el territorio, de lo contrario estos terminarían siendo espacios sin uso (Hosie, 2009).

De esta forma Hosie plantea que para crear proyectos sostenibles consecuentes con la diversidad ambiental y cultural de cada lugar debe existir la *alteridad* en medio de todo e invita en su estudio a echar raíces desde el territorio antes de proyectar cualquier respuesta. Semilla metodológica así lo define, dónde se compone de seis raíces fundamentales (raíz histórica, raíz cultural, raíz urbana, raíz proyectual, raíz ambiental, raíz socioeconómica, raíz política) que ayudan a plasmar y trazar el camino del conocimiento a la realidad local y sus lógicas. Para efectos

del caso de estudio se toman algunas raíces en las cuales se profundiza según el alcance y conocimiento dado por nuestra disciplina de la siguiente forma: raíz histórica y ambiental con un alcance general; urbano y cultural con un alcance detallado; y proyectual con un alcance específico, como se evidencia en la siguiente gráfica (Hosie, Planos vivos Pescaíto: Investigación participativa y diseño sostenible, 2017) (Figura 4).

Figura 4 Reinterpretación metodología planos vivos de Simón Hosie



Nota. Gráfico inspirado en la metodología de trabajo de planos vivos utilizado por Simón Hosie (Fuente propia)

Consecuente al planteamiento de Hosie se implementan diferentes estrategias acordes al escenario actual de contingencia debido a la pandemia del COVID-19, lo que tornaba algo difícil desarrollar actividades específicas en campo para la recolección de datos. Así que los primeros acercamientos del lugar escogido para la implantación en Puerto Santander se realizaron por medio

de video llamadas con Leidy Leguizamón psicóloga y líder social juvenil del territorio, en las cuales se manifiestan las intenciones que se tienen según los objetivos del proyecto y cómo ella podría ser el puente comunicativo con diferentes actores de la comunidad. (Figura 5)

Figura 5 Recocimiento cartográfico con niños



Nota. Fuente propia

Al iniciar una nueva fase de la emergencia sanitaria declarada el 8 de junio por el estado colombiano, la progresiva reactivación económica, social y cultural amparada en el Decreto 580 y la Resolución 777 de 2021, representó un avance en la actual pandemia. Y consigo la oportunidad en el segundo semestre del presente año, realizar una visita al municipio con las medidas de bioseguridad necesarias y el cuadro de vacunación completo, lo que permitió desarrollar una actividad más cerca a la comunidad relacionada a “planos vivos”, donde se escucharon experiencias, opiniones, ideas entre otra información que sirvió como instrumento para entender más sus dinámicas socio-espaciales, a través de la recreación de planos en el cual los habitantes referencian espacios a partir de una imagen satelital base.

Como actividad complementaria se realizó un formulario de carácter *estructural* pues el medio a recopilar datos sería virtual, buscando que esta fuese lo más clara posible, pero con respuestas contundentes que permitieran conocer el estilo de vida de la comunidad (Figura 6).

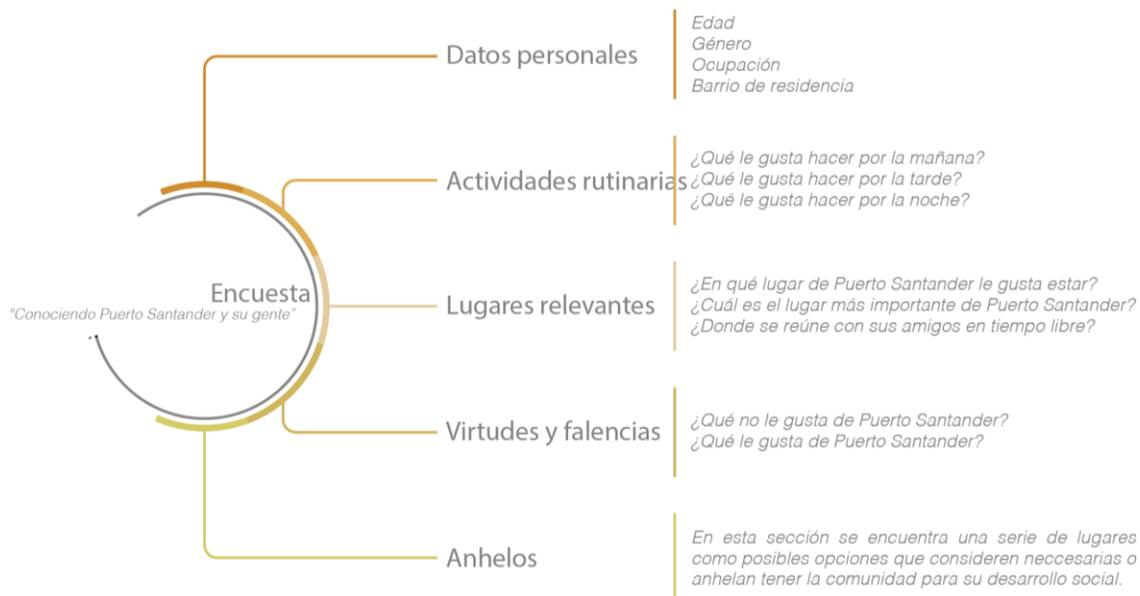
Figura 6 Portada de encuesta de Puerto Santander



Nota. Fuente propia (Google Forms)

Al ser la entrevista estructurada esta posibilita obtener precisión en los datos, tener una gran muestra, ejecución rápida y con la posibilidad de incluir preguntas cerradas y abiertas, organizadas en cinco momentos: el primer dato personales, el segundo actividades rutinarias, el tercer lugar relevantes del municipio, cuarto virtudes y falencias del municipio y por último anhelos de sus habitantes. Lo breve descrito se ejecutó por medio de un formulario al que se denominó "Conociendo Puerto Santander y su gente" a través de la plataforma de Google Forms, difundida por la líder juvenil Leguizamón de la mano de Yaneth Uribe, profesora de la única institución educativa de media académica en Puerto Santander, por medios virtuales se logró un alcance de 111 respuestas, en el primer semestre de 2022 (Figura 7).

Figura 7 Estructura encuesta "Conociendo Puerto Santander y su gente"



Nota. Fuente propia

4.1.2 Análisis y comparación de información compilada

Los datos obtenidos se analizan cruzando la información, jerarquizando e identificando particularidades de lo inmaterial buscando la esencia de Puerto Santander. La media de la muestra tomada, hace gran parte de una población estudiantil y de trabajadores independientes de edades tempranas entre los 12 a 18 años hasta adultos entre los 27 a 59 años donde la mayoría con una diferencia estrecha se aprecia en el género femenino (Figura 8).

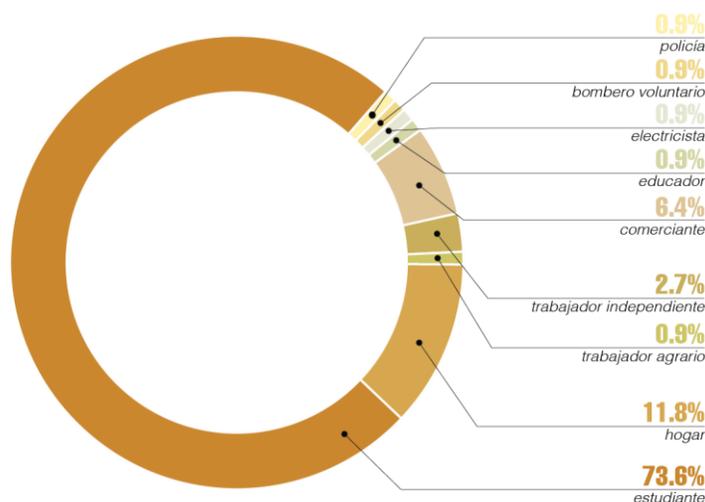
Figura 8 Edades de los encuestados



Nota. Fuente propia

Así es como entre la ocupación de estos un 73,6% son estudiantes, seguido de personas que se dedican al hogar siendo un 11,8%, mientras que los comerciantes en efecto de esta encuesta tienen una participación menor, aunque significativa del 6,4% teniendo en cuenta que esta es una de las actividades económicas por excelencia en el municipio por el flujo y abastecimiento de víveres y mercancía de ambos países vecinos. Agricultores, trabajadores, electricistas, bomberos y policía representan una minoría en esta dinámica, pero bastante valorada pues sus respuestas sirven como aporte representando a otros actores de la comunidad en la construcción del perfil poblacional Porteño (Figura 9).

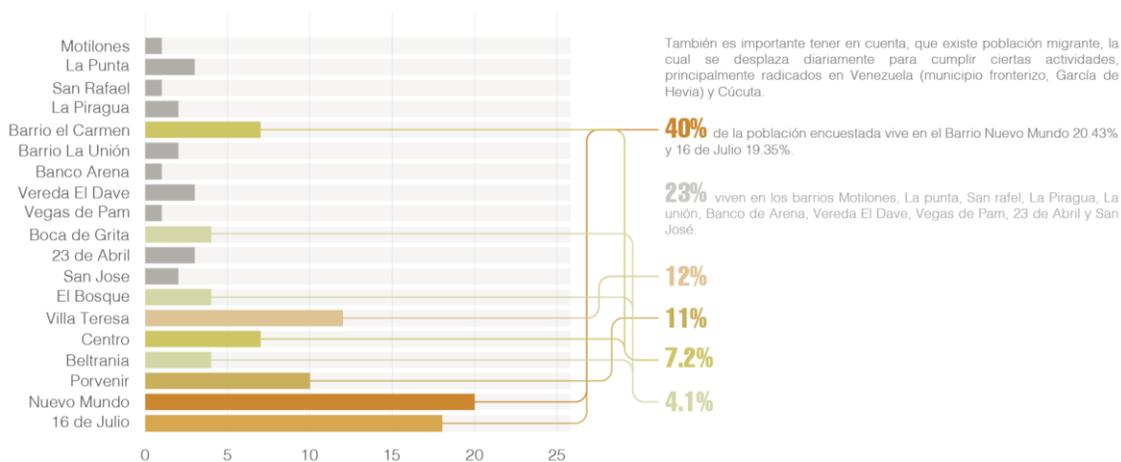
Figura 9 Ocupación de los encuestados



Nota. Fuente propia

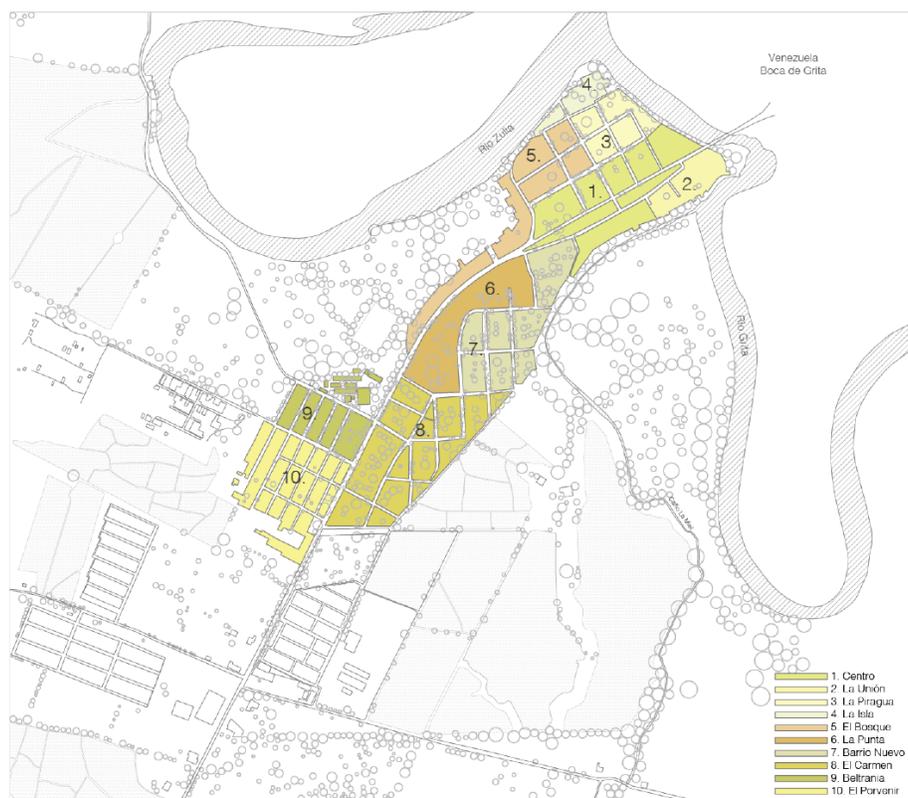
Por otro lado, la gran mayoría de los encuestados afirman que viven en los barrios de 16 de Julio, Barrio Nuevo, Villa Teresa y Nuevo Mundo respectivamente (Figura 10).

Figura 10 Barrios que habitan los encuestados



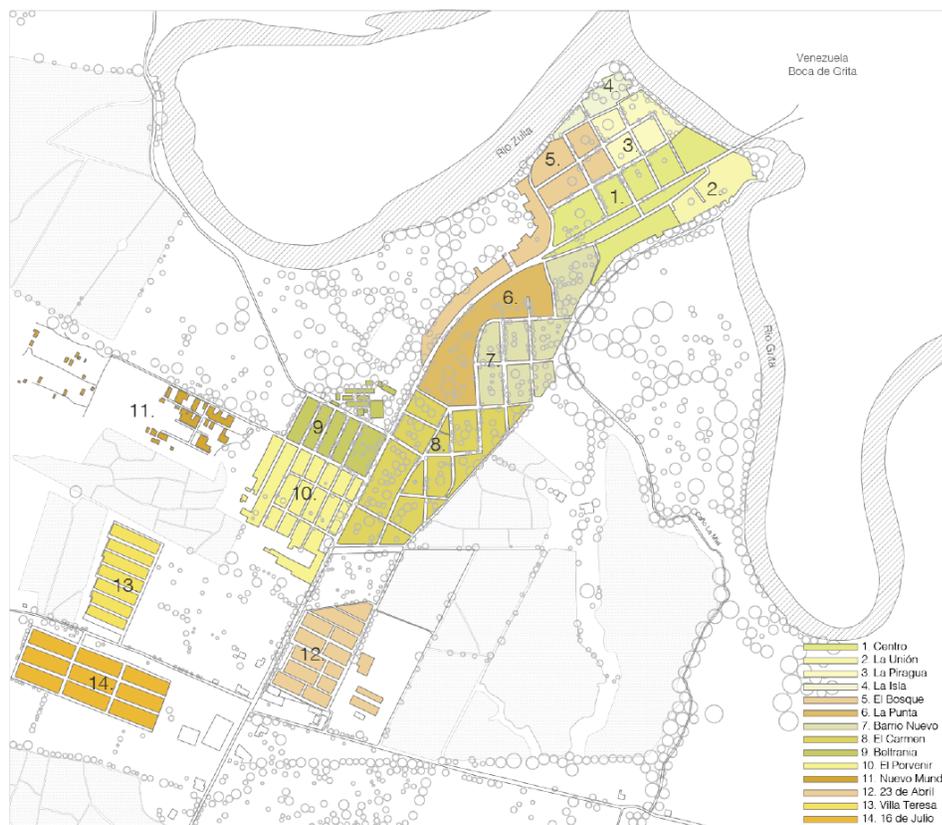
Nota. Fuente propia

Se puede identificar que los sectores más poblados son los que se están expandiéndose al sur del municipio respecto a fuentes previas de la cartografía. Por varias razones: la primera por su ubicación geográfica que lo ubica en frontera con Venezuela, entre otras como riesgo de inundación y desbordamiento de los ríos o canales rodantes, que según la percepción de los habitantes estos son los riesgos naturales más habituales de la zona (figura 11/12).

Figura 11 Cartografía/barrios 2005

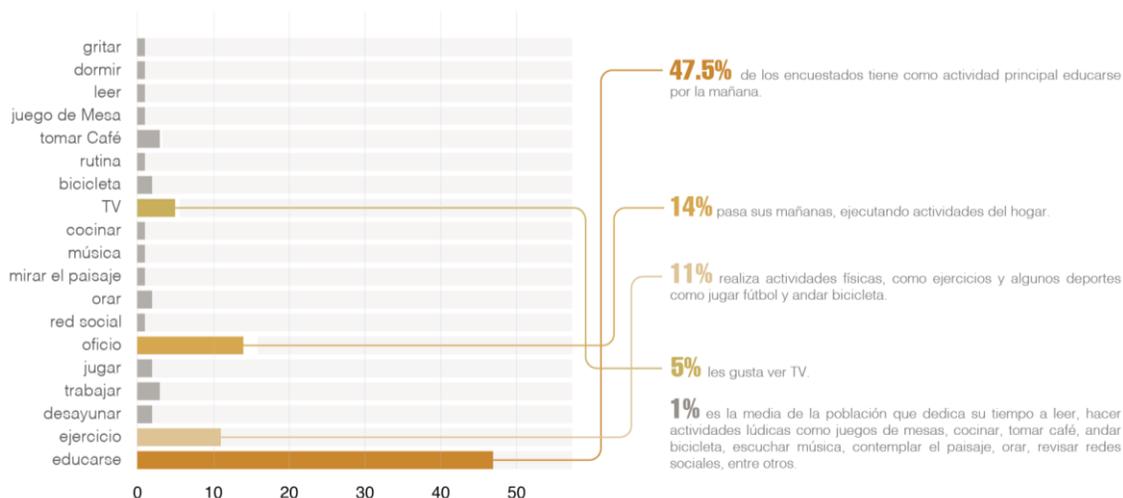
Nota. Información AMC. Gráfico elaboración propia.

Figura 12 Cartografía barrios 2022



Nota. Elaboración propia

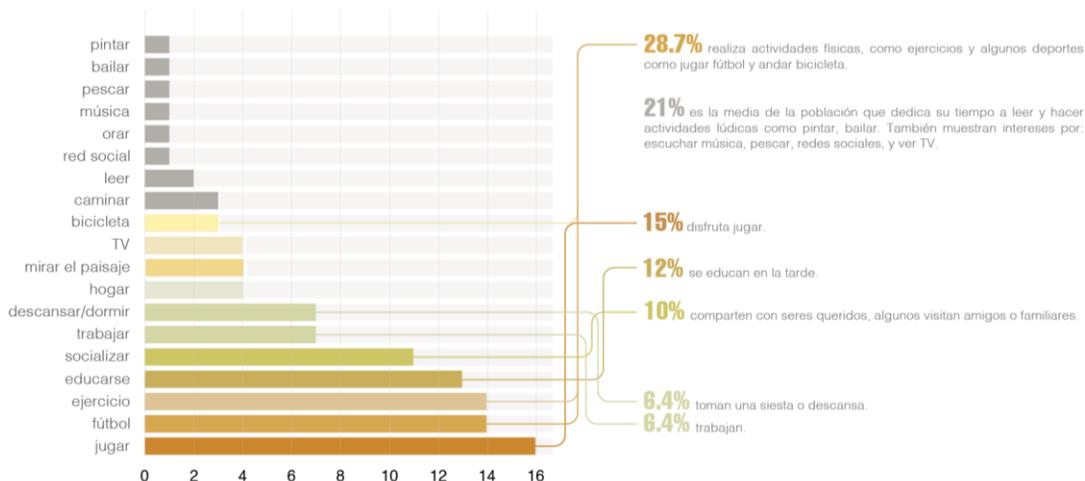
Desde la perspectiva cualitativa, los habitantes respondieron a preguntas abiertas relacionadas a su estilo de vida, con el fin de conocer, entender la rutina o quehaceres diarios. De esta manera, se formularon preguntas como las siguientes: ¿Qué nos gusta hacer por la mañana?, donde la mayoría dedica su tiempo a educarse, resultado del alto número de estudiantes encuestados, estar en el hogar y practicar actividades relacionadas al deporte (Figura 13).

Figura 13 ¿Qué nos gusta hacer por la mañana?

Nota. Fuente propia

Respecto a, ¿Qué nos gusta hacer por la tarde? Los porteños prefieren pasar su tiempo ejercitándose y practicando deportes, recurriendo a hacer uso de los diferentes equipamientos existentes como los parques, coliseos, y el estadio. Sin embargo, ellos expresan que no se encuentran en condiciones óptimas para el correcto uso. Seguido de educarse, socializar con amigos y familiares ya sea en las casas, en la cuadra o en los parques. También, descansar y llevar a cabo actividades lúdicas como la danza, la pintura y la música predomina, donde aquellos que dicen practicarlas expresan inconformismo al no existir o contar con espacios adecuados, por lo cual recurren a adaptar y rentar espacios para ejecutarlas. Es importante, mencionar la casa de la cultura como único espacio para las actividades mencionadas, aun así, afirman que el espacio es reducido, lo cual contribuye a la interferencia en el poder realizar varias actividades simultáneamente (figura 14).

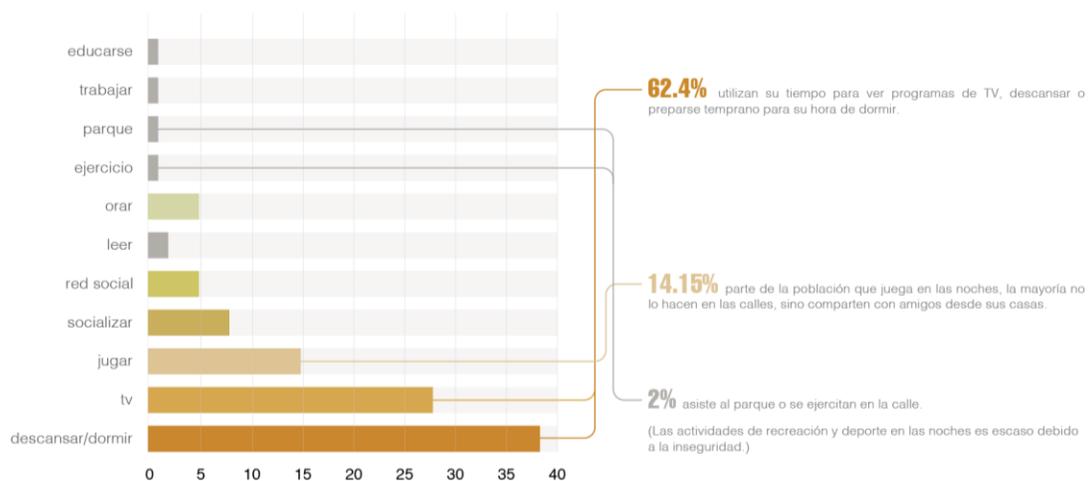
Figura 14 ¿Que nos gusta hacer por la tarde?



Nota. Fuente propia

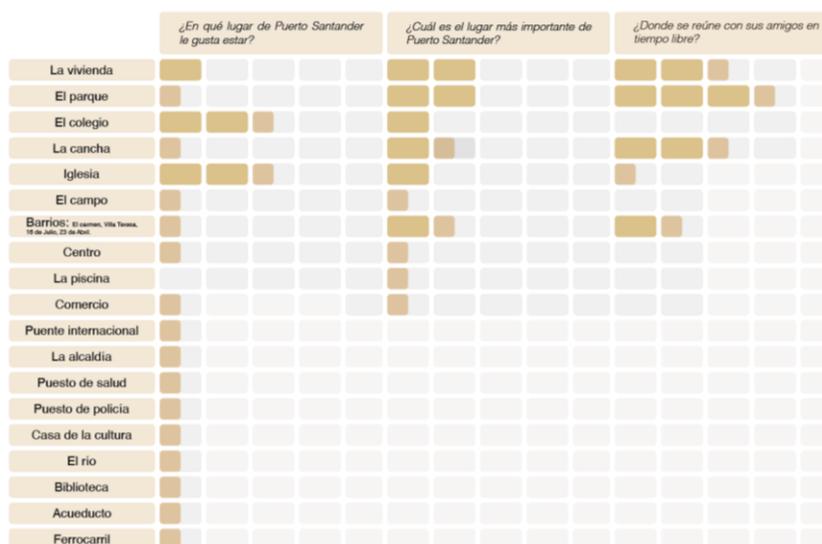
Relacionado a, ¿Qué nos gusta hacer por la noche?, gran porcentaje están en casa, dialogando, compartiendo, viendo televisión en familia, y descansando. Esta vez, se identifica la poca actividad social y deportiva nocturna, consecuencia de la delincuencia e inseguridad del Pueblo, cohibiendo el poder compartir más en familia y amigos. También, el uso de tecnología como medios de entrenamiento es reducido, dado a la poca accesibilidad, respecto a señal y estado socioeconómico, lo cual los lleva a mantener costumbres tradicionales previamente mencionadas, diferente al estilo de vida de una urbe donde la incidencia de la tecnología ha afectado el que hacer y la manera de relacionarse socialmente (Figura 15).

Figura 15 ¿Qué nos gusta hacer por la noche?



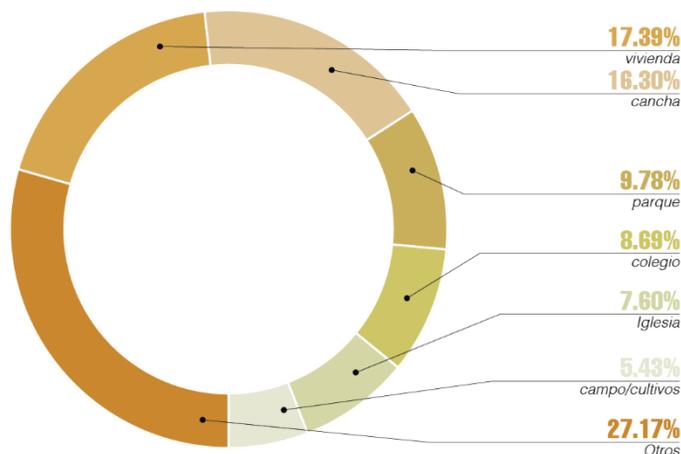
Nota. Fuente propia

Para conocer la percepción espacial que tienen del municipio los porteños parte de un paralelo conformado por tres preguntas puntuales. ¿Cuál es el lugar más importante de Puerto Santander? ¿En qué lugar de Puerto Santander le gusta estar? ¿Dónde se reúne con sus amigos en tiempo libre? Estas respuestas se traducen en lugares específicos y similares, pero si bien se distancian respecto a su uso por la perspectiva del usuario, llegando así a conocer atributos desconocidos del municipio (Figura 16).

Figura 16 Comparativo de percepción espacial

Nota. Fuente propia

Sucesivamente, sobre los lugares que les gusta estar. Estas opiniones se ven influenciadas por la edad y el equipamiento existente en el contexto. Por un lado, el 17.39% consideran la vivienda como el lugar más a gusto, dado a la percepción de seguridad que les brinda ya que la violencia los limita y la falta de espacios de esparcimiento. 16.30% escogen la cancha para jugar fútbol, lo cual determina nuevamente la influencia de gente joven en el pueblo, inspirados por el deporte como una de las maneras donde se puede integrar la población. De la misma manera, 9.78% frecuentan los parques, oportunidad de interacción social para compartir entre amigos y familiares. 8.69% en el colegio, 7.60% en la iglesia, 5,43% en el campo. El porcentaje restante dicen disfrutar pasar el tiempo en sitios icónicos de la ciudad como el río, la alcaldía, la estación de policía, entre otros (Figura 17).

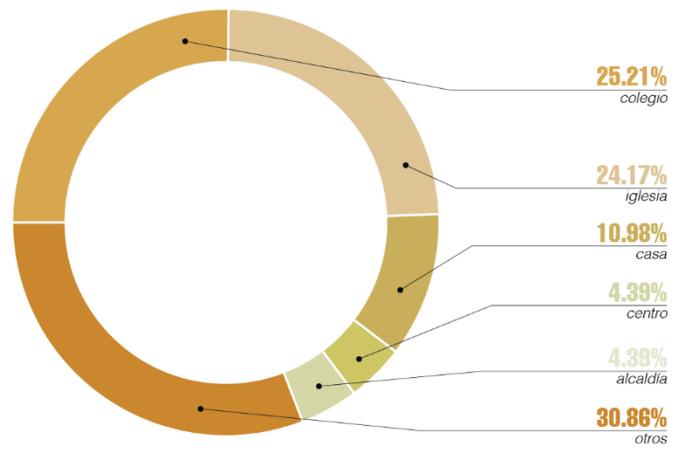
Figura 17 Lugares donde les gusta estar en Puerto Santander

Nota. Fuente propia

De acuerdo, a qué lugares considera importante, 25.21% referencia el colegio, siendo la única institución de educación media existente de Puerto Santander. Además, de no contar con alguna institución de educación superior lo cual obliga a habitantes con anhelos de prepararse más, el tener que movilizarse a la ciudad de Cúcuta. 24.17% ven la iglesia Nuestra Señora del Carmen como otro hito del municipio. 10.98% la vivienda, el restante destacan el Puente Internacional la Unión, la alcaldía, el puesto de salud, la estación de ferrocarril, el hospital, la cancha, el campo, el comercio, el centro, la estación de bomberos y el acueducto.

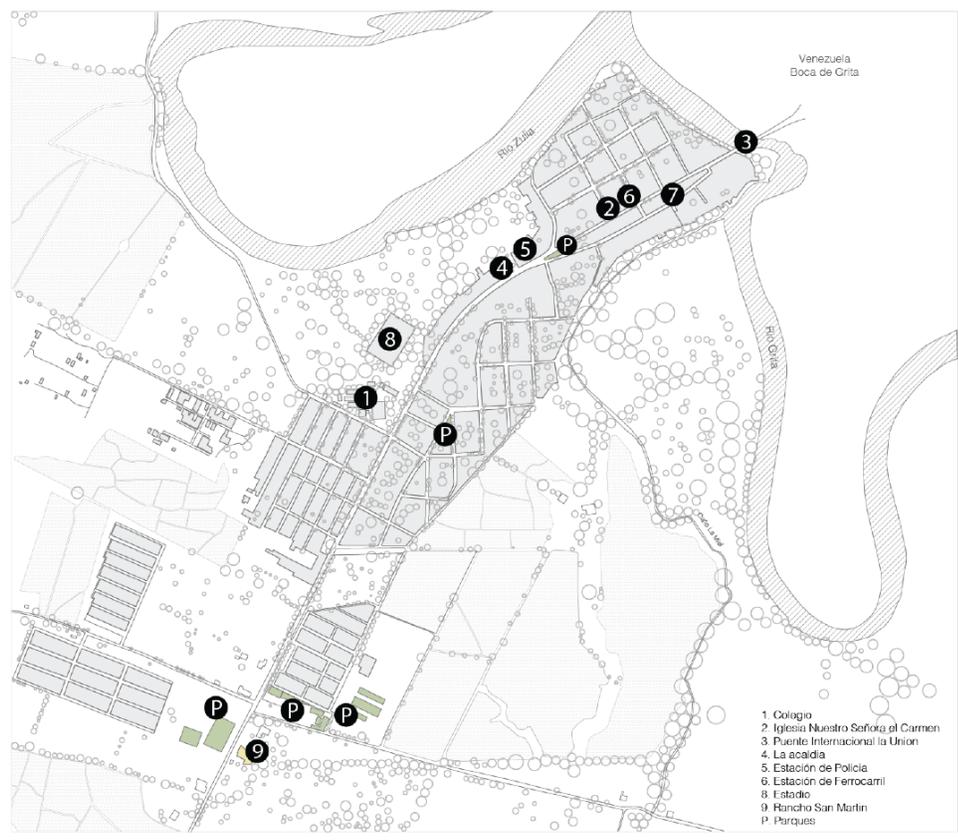
Adicionalmente, la biblioteca y la casa de la cultura son mencionadas, pero con un bajo porcentaje respecto a la perspectiva de importancia, esto se debe especialmente al estado físico en que están, como también la espacialidad no acorde para que pueda ser un espacio multifuncional y de integración, alejando a la comunidad de poder hacer uso de estos espacios que tienen como fin mejorar la accesibilidad al desarrollo, conocimiento e interacción social (Figura 18/19).

Figura 18 Comparativo de percepción espacial



Nota. Fuente propia

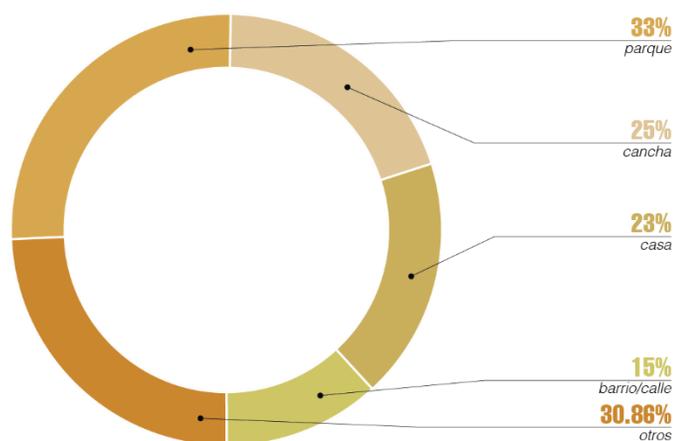
Figura 19 Hitos/Lugares que consideran importante los Porteños



Nota. Fuente propia

Igualmente, es importante destacar los lugares más frecuentados para socializar con amigos y familiares, donde un 33% referenciaron los parques, 25% canchas, 23% casa y el 15% en el barrio o en la cuadra (Figura 20). Por otro lado, se identificaron los lugares más concurridos de Puerto Santander como consecuencia del comercio. Con los datos recopilados la figura 21 representa un mapeo de la ubicación de dicho lugares.

Figura 20 Lugares que frecuentan o se reúnen con sus amigos en Puerto Santander



Nota. Fuente propia

Figura 21 Nodos/Lugares que frecuentan los Porteños

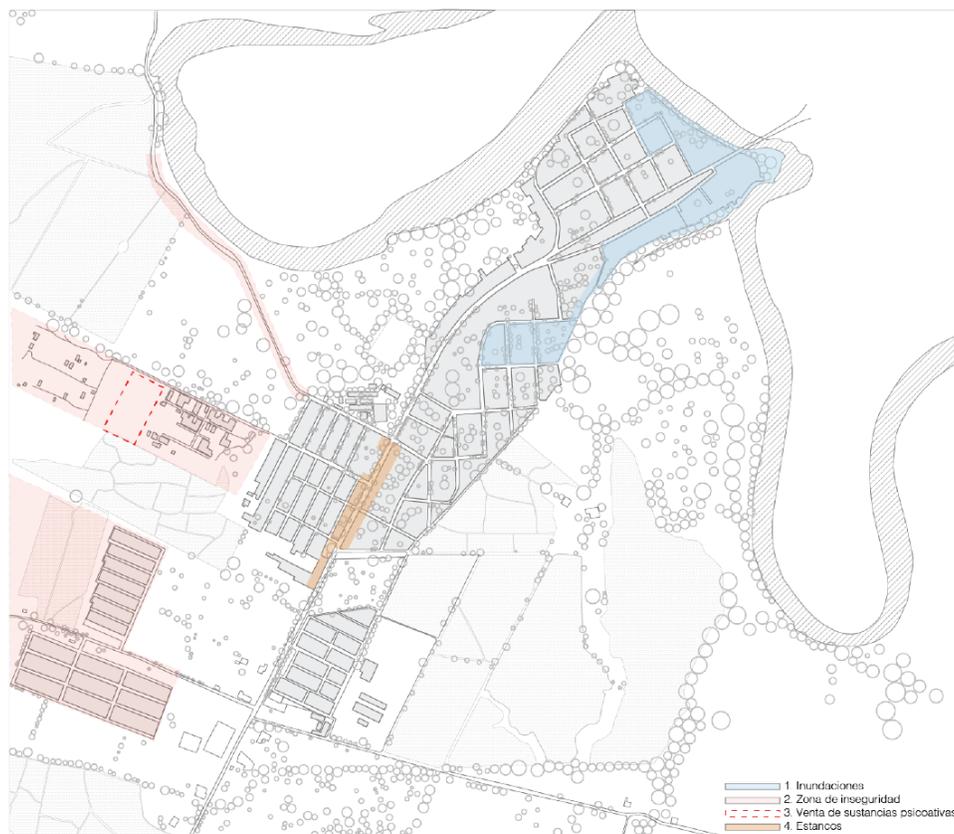


Nota. Fuente propia

Respecto a lo que no les gusta de Puerto Santander, tanto la comunidad encuestada, como la información recopilada por planos vivos, expresaron sus inconformidades por el orden público del municipio que genera un ambiente de inseguridad e ilegalidad en toda la zona en general, pero en específico en ciertos barrios señalados (planos vivos) como los barrios 16 de Julio, villa Teresa, Nuevo Mundo, y la vía que dirige al río por el barrio Beltrania, ya que genera situaciones de terrorismo a la comunidad, amenazando con toques de queda después de ciertas horas de la noche, privando así a la comunidad de realizar actividades fuera de sus casas. Señalando también, la venta de sustancias psicoactivas, zonas de tolerancia y cantinas que entromete en el habitar de

familias y niños en calles principales. Por otro lado, las inundaciones causadas en tiempos de lluvia en algunos barrios, mayormente en la periferia que rodea el río Zulia y el Grita (figura 22).

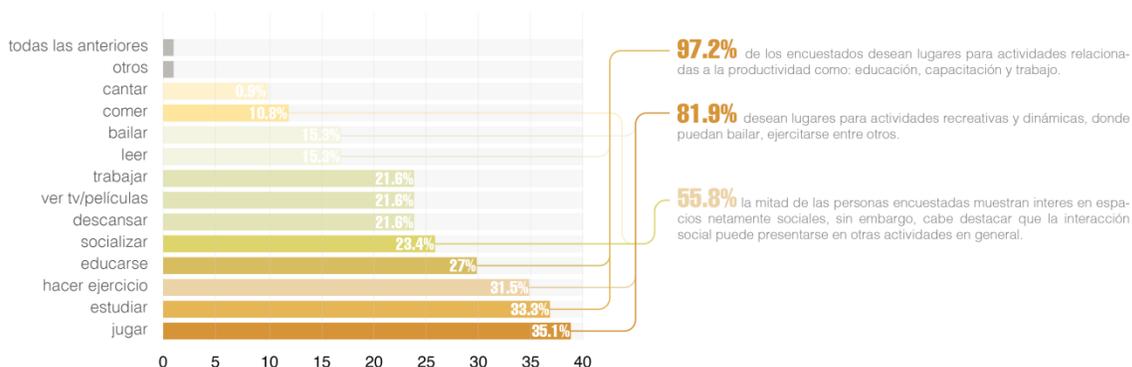
Figura 22 Riesgos/Inseguridad (Lo que no le gusta de Puerto Santander)



Nota. Fuente propia

Por último, al querer saber más sobre las necesidades de la población que puedan mejorar la calidad de vida, se preguntó acerca de los espacios que ellos anhelan tener en Puerto Santander. Como resultado, 35% afirman querer espacios para jugar, 33% estudiar, 33% lugares para realizar actividad física, 23% socializar o hablar, 22% descansar, 21% trabajar y ver televisión, 15% leer y bailar, 10% comer y 9% cantar (Figura 23).

Figura 23 Gráfico de espacios que anhelan tener en Puerto Santander



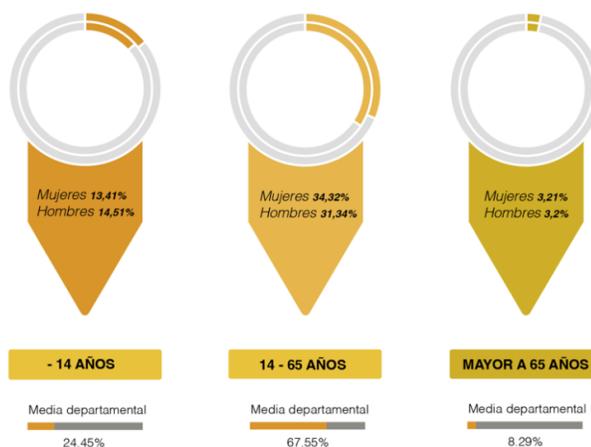
Nota. Fuente propia

4.1.2.1 Definición del perfil poblacional y programa arquitectónico

Conociendo un poco más de cómo viven los habitantes de Puerto Santander, se realiza un perfil poblacional más específico para el caso de estudio respaldado por el DANE, entidad encargada de recopilar datos sociodemográficos de la población colombiana, y así determinar el perfil poblacional final que nos acercará a definir el programa arquitectónico adecuado para el municipio.

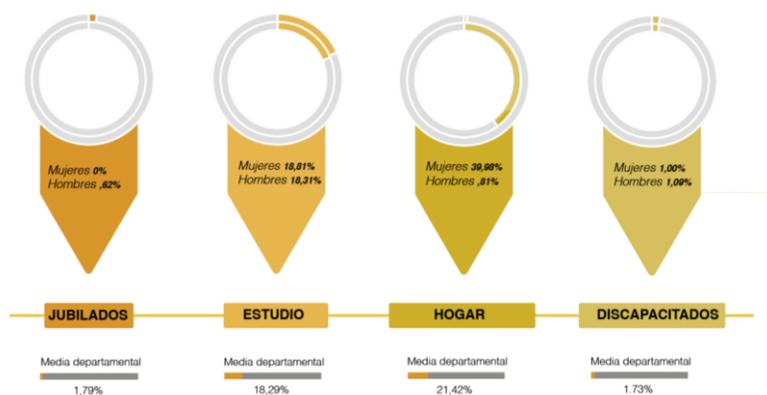
De esta manera, se acudió a recopilar características de la población en general del municipio respecto a la edad, ocupación, nivel de estudio (rezago escolar, analfabetismo, inasistencia) e incapacidad física.

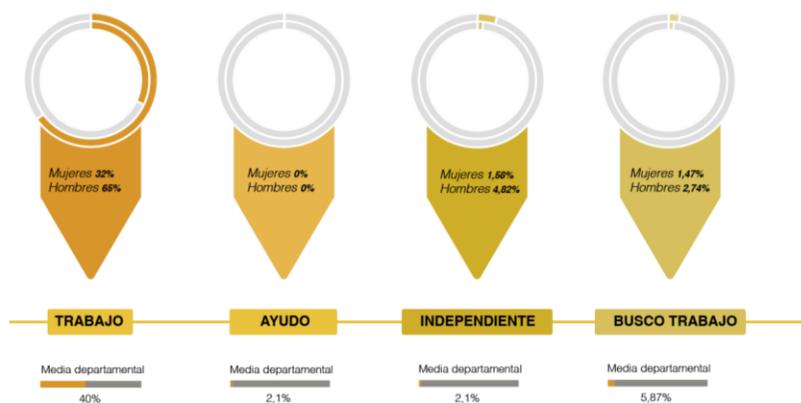
La población de Puerto Santander (Figura 24). Se caracteriza por ser joven con casi 27% de sus habitantes menor a los 14 años, 65.6% entre los 14 y 65 años y un 7.3% mayor a los 65 años, porcentajes parecidos a la media departamental (DANE, Población, 2018)

Figura 24 Gráfico de edad

Nota. Información recopilada a través del DANE. Gráfico Fuente propia

Relacionado a la ocupación (Figura 25). El 65% de los hombres y el 32% de las mujeres trabajan, el 4,82% de los hombres y el 1,68% trabajan independientemente. Es importante mencionar que menos del 1% de la población apta esta jubilada y más del 39% de las mujeres se dedican a realizar actividades domésticas, comparado al 0.81% de los hombres y media departamental del 21,42%, demostrando así la responsabilidad de la mujer en el hogar y la falta de participación laboral e igualdad de las mujeres en la comunidad. Por otro lado, el 18,57 % restante de la población estudia (DANE, Ocupación, 2018).

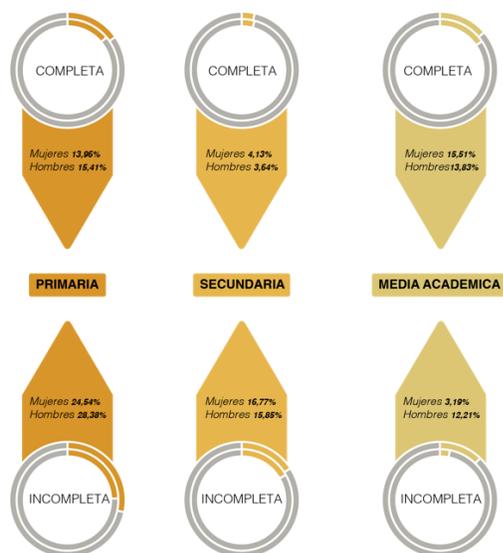
Figura 25 Gráfico de ocupación



Nota. Información recopilada a través del DANE. Gráfico (Fuente propia)

El nivel educativo de Puerto Santander (Figura 26), cabe destacar que el porcentaje del analfabetismo en personas de más de 15 años es alta con un 10,64%, lo anterior puede estar asociado a dos factores, la condición de lejanía del nuevo dinamizador de esta economía “Cúcuta”, lo cual dificulta la capacidad de acceder a servicios básicos. Segundo, el nivel de ruralidad y la vocación del municipio esta más relacionado con el sector agrícola y no necesariamente concibe la educación como un activo (Findeter, 2019) y consigo los niveles educativos básicos por lo general no son concluidos por los habitantes, mientras solo el 14,67% completaron la primaria, 3,89% la secundaria y 14,68% la media, lo cual imposibilita la presencia de población con educación superior en el municipio, esto se percibe en el municipio con el nulo acceso a educación técnica o universitaria, lo cual evita que exista el crecimiento o desarrollo socio-educativo en la comunidad, ya que las personas buscan educarse por fuera de Puerto Santander sin retornar (DANE, Educación, 2018).

Figura 26 Gráfico de educación



Nota. Información recopilada a través del DANE. Gráfico fuente propia

A pesar de que el 3,76 % de la población presenta alguna dificultad funcional en su cuerpo estos no representan una mayoría, pero se debe tener en cuenta la fácil accesibilidad de estas personas a todos los escenarios posibles para que el municipio sea mas incluyente, dando oportunidades de participar por igual a toda la comunidad (DANE, Funcionamiento humano, 2018) (Figura 27).

Figura 27 Gráfico de limitaciones funcionales

Nota. Información recopilada a través del DANE. Gráfico (Fuente propia)

Perfil poblacional

Se concluye que el perfil poblacional al que va dirigido el proyecto es a la población vulnerable percibida por medio de la encuesta “Conociendo Puerto Santander y su gente” y la información recopilada por el DANE, lo cual nos señala un interés entre la infancia, adolescencia y mujeres. Los dos primeros relacionado al nivel educativo, situación que se debe por ser una zona rural con un bajo ratio estudiante - docente, por variables como la existencia de un solo colegio en el municipio y el incremento de estudiantes venezolanos (Findeter, 2019). Esto genera desestabilidad entre niños, niñas y adolescentes donde los grupos armados toman ventaja sobre ellos para vincularlos en actividades ilícitas, como el comercio de narcóticos y “mandados” a

cambio de un apoyo económico que resulta en muchos casos ser el único ingreso familiar (ONU Mujeres, 2016).

Por otro lado, las mujeres madres quienes enfoca su mayoría de tiempo en el hogar y a sus hijos, se privan de la oportunidad de participar y educarse en la comunidad, ya que hay pocas oportunidades laborales y aquellas que deciden rebuscarse terminan en la informalidad. De ahí deriva las llamadas “Bachaqueras” quienes según el documento “Mujeres tras el telón de la guerra” son mujeres que se rebuscan contrabandeando cosas o productos del vecino país, para así obtener un ingreso extra que ayude a los gastos de la casa y/o a sacar a sus hijos adelante en caso de madres cabeza de hogar. Esta actividad se ha vuelto mas difícil después del cierre la frontera en el 2015, dado que grupos al margen de la ley han tomado control sobre las trochas por las cuales pasan contrabando, complicando así a las personas su paso, cobrándoles dinero y cometiendo abusos contra ellas, sin contar también los sobornos que deben propiciar a las autoridades oficiales de ambos países.

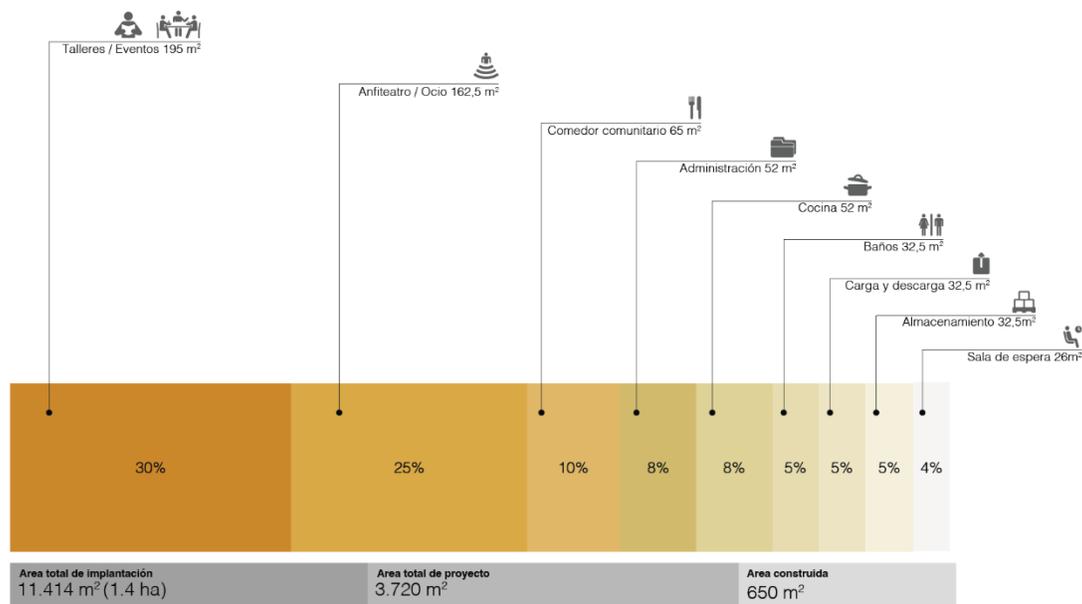
4.1.2.2 Definición del programa arquitectónico

Entendiendo algunas dinámicas, gustos y anhelos de los habitantes de Puerto Santander por medio de la encuesta “Conociendo a Puerto Santander y su gente”, y acorde al perfil poblacional seleccionado se coincide en buscar espacios donde la cultura y la educación complementaria se fomente. Identificando iniciativas privadas y comunitarias existentes que llevan procesos de formación cultural y artística que benefician a la población, que hasta el momento la casa de la cultural de Puerto Santander ha albergado con mucha dificultad pues no cuenta con la infraestructura adecuada para realizar dichas actividades, por lo cual el área metropolitana de Cúcuta tiene como objetivo la adecuación de espacios públicos y equipamientos para el despliegue de estas industrias culturales y recreativas surgidas a partir de los mismos habitantes, ya que por

el momento no cuenta con una secretaria de cultura, ni el personal suficiente e idóneo para encargarse de administrar este ámbito, debido a la falta de EOT (Esquema de ordenamiento territorial) actualizado (Findeter, 2019). Adicionalmente, el equipamiento cultural se acoge al plan del área metropolitana de Cúcuta llamado “Nuestra área, nuestro compromiso” 2017 - 2028 incentivando, investigando y desarrollando un proyecto con miras a la visión de una ciudad agrícola. Por esta razón, parte de esa educación complementaria se busca implementar espacios de capacitación para la exploración agrícola (Findeter, 2019).

De esta manera, el programa arquitectónico está conformado por diferentes espacios (Figura 28), como talleres/eventos siendo este el espacio de mayor proporción con un 30% del área total construida para albergar charlas, capacitación y otras actividades grupales de interés cultural y académico; anfiteatro/esparcimiento 25% como una oportunidad de socializar y tener un escenario para llevar a cabo eventos; comedor comunitario 10% donde programas de entes gubernamentales y no gubernamentales presentes en la zona puedan suplir alimentación a la población necesitada; administración 8%; sala de espera 4%; cocina 8%; baños 5%; almacenamiento 5%; carga y descarga 5%.

Figura 28 Gráfico de programa arquitectónico



Nota. Fuente propia

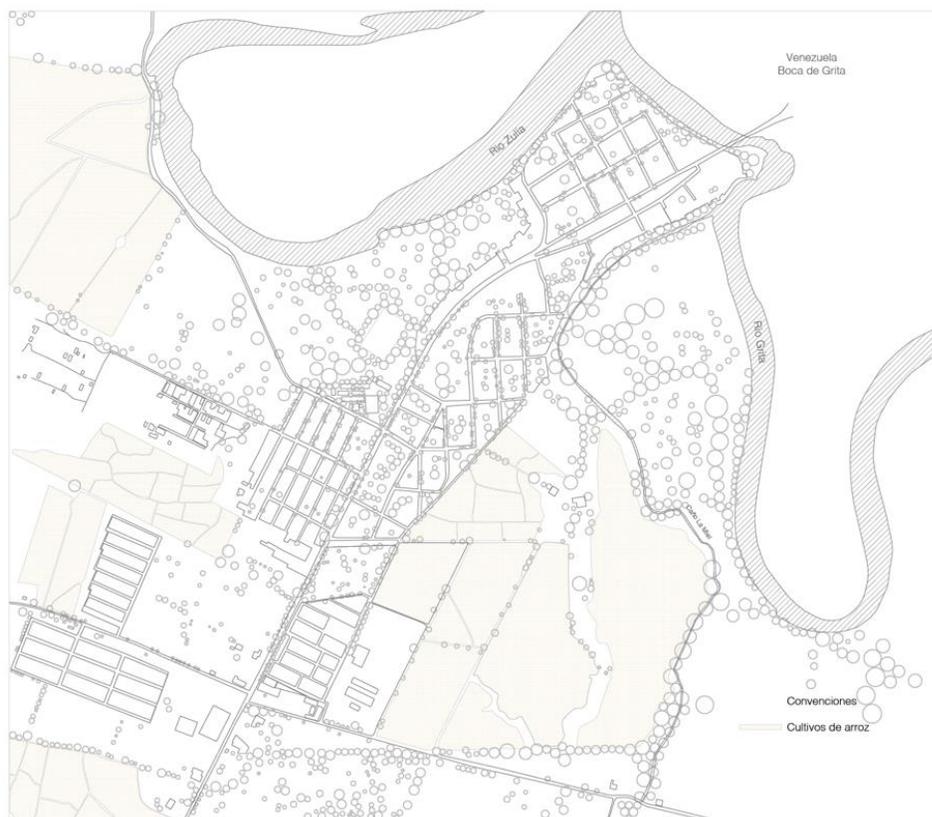
4.2 Objetivo 2

IDENTIFICAR LAS PROPIEDADES DE LA PAJA Y SU APLICACIÓN EN LA ARQUITECTURA.

En este objetivo se realiza un recorrido desde el reconocimiento de cultivos en el municipio de Puerto Santander, la historia de la paja en la construcción y sus características, hasta los múltiples ejemplos donde la paja como material ha sido implementada en edificaciones con diferentes soluciones constructivas, lo cual lleva a seleccionar la paja como material principal en el equipamiento “Refugio del pueblo”.

4.2.1 Reconocimiento de residuos de paja en Puerto Santander

Figura 29 Ubicación de cultivos de Puerto Santander



Nota. Fuente propia

El cultivo de arroz no es de las actividades económicas más fuertes de Puerto Santander, sin embargo, cumple un papel fundamental y significativo por la gran extensión de tierra fértil para esta actividad agrícola (Findeter, 2019). Razón por la cual la paja es potencial para emplearse en la construcción del equipamiento en esta zona de implantación. Dichos cultivos se ubican a la entrada del municipio por la carretera principal (ruta nacional 55) y a sus alrededores (Figuras 29).

En la visita que se realizó a los campos de cultivos de arroz el sr Regulo Ortiz (Figura 30), agricultor de la región ilustra parte del proceso de siembra, cosecha y residuo que proviene del arroz, conociendo más de cerca la técnica y las características que se emplean en este municipio.

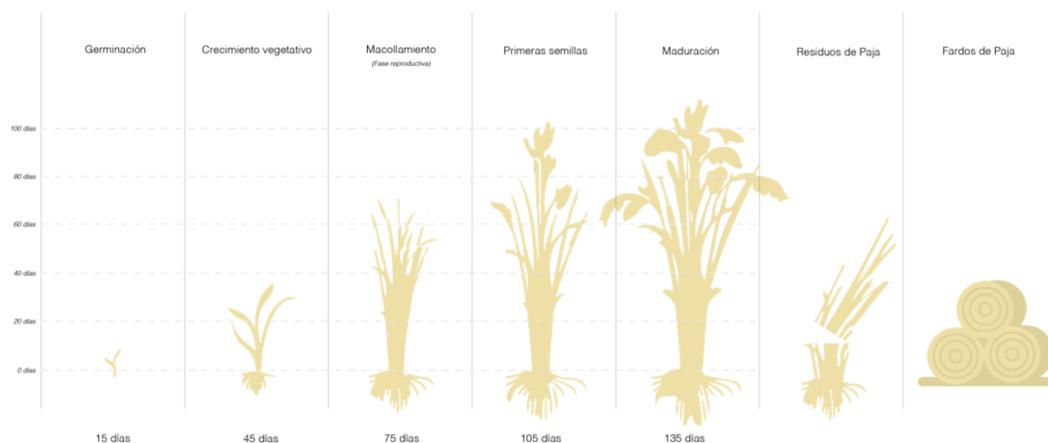
Iniciando el proceso con la siembra de las semillas, existiendo dos practicas que utilizan, trasplante o el tradicional “chispeo” dependiendo de las condiciones del terreno; seguido de esto empieza la germinación y el crecimiento vegetativo que dado los cincuenta días posteriores empieza la fase reproductiva donde las primeras semillas empiezan a germinar hasta completar su ciclo a los 105 a 120 días en adelante, haciendo énfasis que existen cultivos que pueden durar hasta 140 días (Figura 31).

Figura 30 Señor Regulo Ortiz (Agricultor)



Nota. Fuente propia

Figura 31 Germinación de arroz



Nota. Fuente propia

Así mismo cuenta que los cultivos necesitan tener un cierto nivel de agua o mantenerlos humectados para evitar germinación de maleza y que esta contamine la cosecha. Destaca a su vez la región geográficamente favorecida para una producción constante ya que en cualquier época del año se puede cultivar arroz, solo cuando hay épocas de mucho viento o lluvia se complejiza la etapa de recolección pues la brisa hace volcar y se cae lo que se recoge, significando para los agricultores pérdidas (Figura 31).

Figura 32 Cultivos de arroz en Puerto Santander





Nota. Fuente propia

Por otro lado menciona que la paja como elemento residual del ejercicio agrícola que se obtiene mediante la cosecha del arroz, tiene múltiples usos aunque generalmente en zona la reincorporarla al suelo con ayuda de maquinaria que prepara el terreno para un nuevo cultivo; otras veces si ganaderos lo solicitan, les proveen la paja para sus animales y/o si hay grandes cantidades terminan quemándola, practica que Ortiz es consciente del daño que puede hacer al medio ambiente contaminando por esta razón hacen lo posible por no llegar a esas instancias (Figura 32).

Figura 33 Cultivos de arroz en Puerto Santander





Nota. Fuente propia

4.2.2 Caracterización de la paja

El uso de materiales orgánicos en la construcción son una gran oportunidad para minimizar problemas relacionados a la emisión de dióxido de carbono que materiales convencionales producen desde el proceso de extracción, manufactura, instalación y demolición. El bajo impacto ambiental de la paja y la alta actividad agrícola (maíz, arroz, avena, etc.) genera grandes cantidades de desperdicio lo cual ha logrado ser implementado como material en la construcción, dado a sus características sostenibles (Díaz Fuentes, Pérez Rojas, & Mancilla Grimaldo, 2020)

4.2.2.1 Historia, sistemas constructivos tradicionales y prefabricados

Desde inicios de la humanidad no solo la paja sino las fibras naturales se han implementado para diferentes propósitos como cama para animales, techos, aislamientos, artesanías entre otros (Atkinson, 2010). Solo hasta 1800s la construcción con balas de paja surgió a partir de la invención de la maquina enfardadora en Sand Hills, Nebraska. En aquella época llegaron los colonos y utilizaban la madera como material fundamental para la construcción, para ese entonces el hecho de la demanda y su escasez hizo que este material elevara sus costos llevando a los habitantes de la región explorar otras formas para edificar casas, hasta que vieron que la paja apilada podía suplir sus necesidades. De esta forma construyeron casas destinadas a ser hogares temporales, pero con

el tiempo estas edificaciones mostraban firmeza y estabilidad, además de un gran confort pasando por inviernos cálidos y veranos frescos, lo cual llevo a que estas viviendas dejaran de ser temporales para convertirse en asentamientos permanentes. A los constructores de la época les tomo un tiempo aceptar que las balas de paja y el yeso podían llegar a ser muros de una vivienda, pero no tanto comparado a los cientos de años que tomo el llegar estas ideas al mundo (Lacinski & Bergeron, 2000). Entre las primeras viviendas que se realizaron en aquella época aun siguen en pie algunas, como “Rancho Fawn Lake” (Figura 33) que se mantiene en Hyannis, Nebraska y data entre los años 1900-1914, mientras que la “Burke-House” (Figura 34) construida en 1903 en Alliance, Nebraska se mantiene, pero abandonada desde los 50s. Por otro lado, la vivienda más atractiva y de dos plantas construida en Europa es la “Mansion Feuillette” (Figura 35) edificada en 1921 en Montargis, Francia. Vivienda más antigua con fardos de paja en Holanda es la Casa de campo en Heeze, Holanda 1944 (Minke & Mahlke, 2006) (Figura 36).

Figura 34 “Rancho Fawn Lake”. Hyannis, Nebraska.



Fuente. Manual de construcción con fardos de paja

Figura 35 "Burke-House". Alliance, Nebraska.



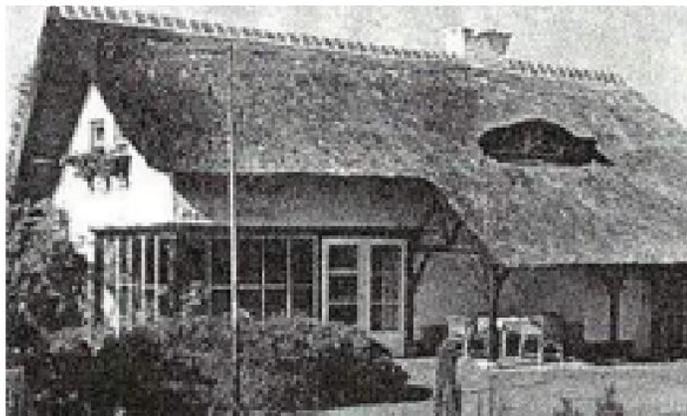
Fuente. Manual de construcción con fardos de paja

Figura 36 "Mansion Feuillette". Motargis, Francia.



Fuente. Manual de construcción con fardos de paja

Figura 37 Casa de campo en Heeze, Holanda



Fuente. Manual de construcción con fardos de paja

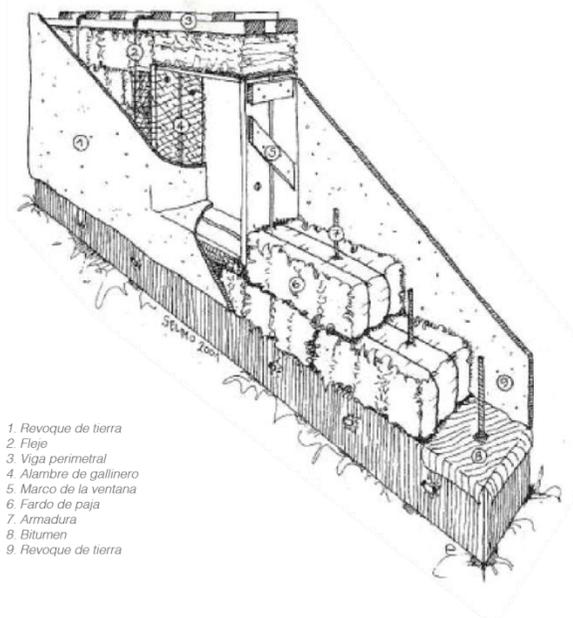
Nota. Fuente de (Minke & Mahlke, 2006).

Durante las guerras y la emergente época del cemento Portland el conocimiento generado de la construcción en paja se perdió un tanto. Pero, gracias a un grupo de pioneros y creyentes de estas técnicas redescubrieron este tipo de construcción, explorando y compartiendo aún más estas ideas, las cuales conocemos hoy en día (Lacinski & Bergeron, 2000). Con el paso del tiempo se ha comprendido más el funcionamiento y el comportamiento físico-térmico de la paja llevando a publicar en cientos de libros, artículos, videos y demás, lo cual ha ayudado a la evolución e implementación de sistemas tradicionales y prefabricados como:

Nebraska: Esta técnica conocida en inglés como “load bearing” y llamada Nebraska porque se utilizó por primera vez en Nebraska, Estados Unidos a finales del siglo XIX. Se denomina auto-portante, ya que es un sistema constructivo caracterizado por su versatilidad y firmeza, pues soporta las cargas de la cubierta y sus propios muros (Figura 37). Para su uso debe tenerse en cuenta la compresión, humedad y forma fundamentalmente, de este modo, los muros se van formando por hileras de balas de paja y termina con una viga que contiene el muro a partir de

amarres de viga superior a la cimentación, todo esto previamente a la instalación de la cubierta (Sandmer & Sjoberg, 2015).

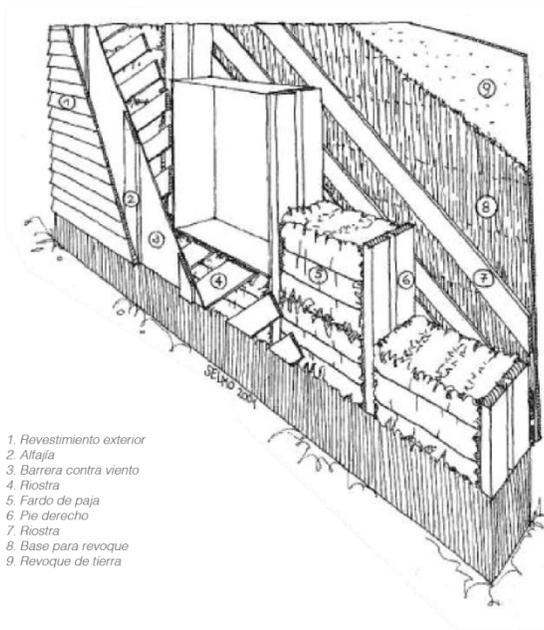
Figura 38 Sistema constructivo Nebraska



Fuente. Manual de construcción con fardos de paja

Greb: También conocida en inglés como “non load bearing” o “in-fill bale walls” (Figura 38). Esta técnica se conoce por ser no portante, es decir consta de una estructura adicional que recibe las cargas de cubierta y muros bien sea en madera, hormigón o acero, convirtiendo la función de los muros de paja solo en cerramiento y aislante térmico (Minke & Mahlke, 2006).

Figura 39 Sistema constructivo Greb



Fuente. Manual de construcción con fardos de paja

Gagné: Esta técnica toma el apellido de su creador Louis Gané, convirtiéndolo en la técnica “Gagné” (figura 39), menos conocida que las anteriores pero interesante ya que el desarrolla “morta-red-bale matrix system” un sistema de muros portantes, en el que las balas de paja se disponen mediante mortero de cemento como ladrillos, generando una red con juntas en cruz (horizontales y verticales) cumpliendo la función de estabilizar el muro. Lo que lo convierte en un sistema híbrido donde las juntas y las balas de paja soportan cargas. Por otra parte, este sistema se recomienda emplearse solo en climas cálidos ya que en climas fríos los puentes térmicos pueden generar más incomodidad para alcanzar un confort térmico en el interior de una edificación (Minke & Mahlke, 2006).

Figura 40 Sistema constructivo Gagne

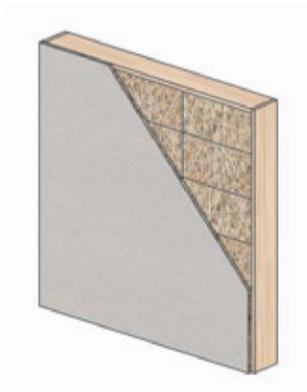


Fuente. Manual de construcción con fardos de paja

Prefabricados: Este tipo de sistemas se han desarrollado a través de los años con el fin de mejorar y optimizar el uso de la paja. Esta preocupación ha llevado a diferentes compañías a crear prototipos con características que guardan la esencia de los sistemas tradicionales como:

ModCell: Este tipo de paneles pesan aproximadamente 1.7 toneladas y mantienen un estándar de 300 cm de ancho x 320 cm de alto, el transporte de este panel es complejo, sin embargo, desarrollan paneles que se ajustan a proyectos específicos (Figura 40). En una colaboración con la universidad de Bath se logra analizar el valor U o transmitancia térmica arrojando valores que oscilan entre 0.11 a 0.19 w/mK dependiendo del tipo de panel (Sandmer & Sjoberg, 2015).

Figura 41 Panel prefabricado MODCELL



Fuente. Exploring industrialization of straw bale building in Sweden

Ecococon: Esta compañía también tienen la posibilidad de ajustar sus paneles a proyectos en específico, pero por lo general emplean solo formas rectangulares. Las dimensiones de estos paneles pueden variar entre 40 a 120 cm de ancho x 40 a 300 cm de alto (Figura 41). Los diferentes vanos necesarios en la edificación se fabrican por separado, no están integrados en sus paneles. La transmitancia térmica es aproximadamente de 0.11 w/mK (Sandmer & Sjoberg, 2015).

Figura 42 Panel prefabricado ECOCOCON

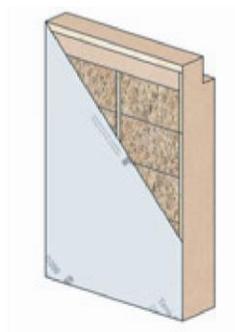


Fuente. Exploring industrialization of straw bale building in Sweden.

Isopaille: Estos paneles de paja se ajustan a cada proyecto, teniendo en cuenta 1000 cm de ancho x 360 cm de alto como dimensiones máximas y 3 toneladas respecto a su peso (Figura 42).

Este módulo es construido con vigas I de madera verticales y horizontales cubriendo cuatro caras de la bala de paja creando un marco en el (Sandmer & Sjoberg, 2015)

Figura 43 Panel prefabricado ISOPAILLE



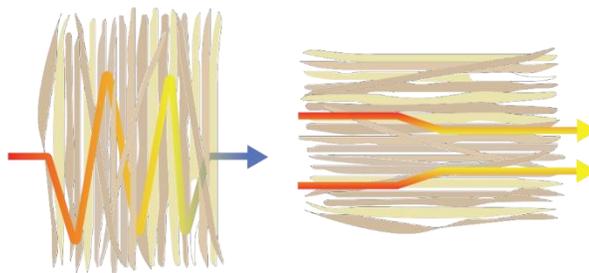
Fuente. Exploring industrialization of straw bale building in Sweden.

4.2.2.2 Aislamiento térmico

Una de las ventajas que tiene la paja en la construcción es ser un material aislante por excelencia, aunque existen variables que afectan y no permiten que dicho atributo sea una constante; principalmente la densidad que juega un papel importante (peso específico) y/o en menor proporción el tipo de paja utilizado en las balas.

Teniendo en cuenta el comportamiento de la conductividad térmica como la capacidad de un material transferir calor por conducción, sin intercambiar materia. Es decir el material que esta mas caliente cederá calor al más frio, se puede entender que las balas de paja gracias a su porosidad por las fibras compactadas es un aislante térmico eficaz por naturaleza, por esta razón la orientación no solo de las balas sino también de las briznas son de suma importancia; perpendicular al flujo de calor logra maximizar la trayectoria, al contrario de lo que sucede al estar ubicados en paralelo al flujo térmico, favoreciendo el paso del calor por el interior de las cavidades tubulares (Pérez Rojas, Mancilla Grimaldo, & Díaz Fuentes, 2020).

Figura 44 Flujo de aire en briznas internas de una bala de paja



Nota. Elaboración propia

El efecto que tiene la humedad respecto a la transmisión térmica, es mucho menor en una bala de paja que en materiales minerales. Es decir, si un muro de balas de paja y un muro de ladrillo presenta el mismo grado de humedad el primero puede tener una variación del coeficiente de conductividad entre 1% al 7%, mientras que el segundo tendría un porcentaje mucho mayor (Minke & Mahlke, 2006).

Sin embargo, puede ser variable la conductividad térmica de una bala de paja ya que estos valores oscilan dependiendo del espesor, humedad y orientación de sus briznas, por esta razón el valor U para un estudio se establece con un factor de riesgo del 20% de humedad.

Por otro lado, el Instituto de Protección del Calor de Munich estableció que con una densidad en una bala de paja de 90 a 110 kg/m³ seco es de $\lambda=0.0379$ W/mK mientras que con el factor de riesgo antes mencionado esa conductividad térmica se eleva a un valor de $\lambda=0.045$ W/mK. Así mismo la investigación MA 39 de Viena bajo las mismas condiciones de humedad, pero con una densidad distinta del 73 a 83.8 kg/m³, muestra resultados de valores que oscilan entre 0.0443 a 0.0404 W/mK acercándose a la densidad de los valores de la norma EU $\lambda=0.045$ W/mK, teniendo en cuenta que estas pruebas se realizaron con las briznas perpendiculares al flujo del calor. En otro orden, Canadá y Estados Unidos los estudios se realizaron con las briznas paralelas al flujo del calor arrojando valores mayores de 0.054 a 0.065 W/mK (Minke & Mahlke, 2006). Por

lo tanto, si en un muro de balas de paja finalizado considerando un valor $\lambda=0.045$ W/mK con un espesor de 42 cm (35 cm de paja y 7 cm de revoque) y una estructura de madera, presenta como resultado un valor U de 0.14 W/m²K, correspondiendo a los estándares internacionales de Passivhaus para el confort térmico que oscila entre 0.15 y 0.3 W/m²K (Fenercom, 2011)

Puentes térmicos

Se le denomina puentes térmicos al fenómeno de baja retención de calor a otras superficies adyacentes de la paja comprimida como marcos de puertas, ventanas y la estructura de madera de los fardos de paja, lo cual puede reducir la resistencia térmica del material y afectar el confort térmico de la edificación. También, puede causar problemas de condensación y humedad en caso de que no haya una buena barrera de vapor o mala transpirabilidad.

4.2.2.3 Humedad

La humedad es el principal riesgo al momento de construir con paja, y puede llegar a ser un problema en la vida útil de la edificación si no se controla, degradándose dicho material por el paso del tiempo. Por lo tanto, es importante mantenerla seca durante el transporte y construcción. Sin embargo, existen estrategias que se han aplicado para protegerla de la humedad y del agua. Cubiertas prolongadas (grandes sombreros) y elevación de la paja del suelo (grandes botas), aproximadamente mayor a 20 cm sobre el nivel del suelo como recomendación mínima para materiales biodegradables (Lacinski & Bergeron, 2000). La protección atmosférica es otro factor a considerar, ya que los muros de paja deben estar protegidos con el contacto de la lluvia, el viento y el granizo, esto se logra con un revoque sin fisuras o revestimiento con cámara de aire (Minke & Mahlke, 2006).

4.2.2.4 Emisiones y energía

La paja es un material sostenible de la construcción que no requiere la extracción de materia prima del suelo y no produce agentes tóxicos durante su producción y puede ser regresado a la biosfera en caso de que hayan quedado sobrantes o ser reutilizados como abono en jardines o cultivos. La paja cuenta con baja energía embebida comparado a otros materiales tradicionales desde la extracción, producción, transporte, entre otros. De esta manera, el impacto ambiental es mínimo, llegando a ser menor su impacto comparado a la madera, ya que este material requiere mayor energía para su producción. Adicional, este material tiene la habilidad de absorber CO₂ durante su fotosíntesis o crecimiento; 10 kg de paja absorbe casi 15kg de dióxido de carbono, reteniéndolo durante su ciclo de vida (Atkinson, 2010).

4.2.2.5 Revestimientos

La manera más sencilla de finalizar las superficies exteriores es el barro dado a su elasticidad y capacidad para balancear la humedad del aire. Teniendo una ventaja respecto a otros materiales de revestimiento. Durante la aplicación del revoque la primera capa permite alisar los tallos de paja con la superficie exterior, esta capa usualmente sufrirá fisuras, por eso es importante aplicar una segunda capa de revoque adicional para nivelar la superficie. Por último, aplicar una tercera capa, teniendo en cuenta que es necesario humedecer la segunda, dejarla secar y raspar para que haya una adhesión del revoque final que puede tener un grosor entre 5 mm y 10 mm.

4.2.2.6 Economía

La accesibilidad de conseguir bala de paja a un buen precio es mejor comparada a un material ya fabricado y el costo general del sistema constructivo depende de varios factores. Por un lado, si existe mano de obra voluntaria o profesional, el grado de complejidad, detalles, técnica y otros materiales empleados. Por esto mismo la construcción en paja debe ser versátil y de fácil

aprendizaje para que sea construido por los propios dueños y así lograr ahorrar durante su ejecución. Igualmente, es importante dar a conocer las ventajas y características de este material respecto a otros, para familiarizarse y dejar prejuicios acerca de su viabilidad comparado a otros materiales, recordando que los verdaderos ahorros se ven reflejados a largo plazo respecto a energía y refrigeración, lo cual puede ser el argumento para que este sistema sea mas atractivo en el mercado (Sandmer & Sjoberg, 2015).

4.2.2.7 Resistencia al fuego

La paja se encuentra clasificado según la norma DIN 4102 en la categoría B2 como un material normalmente inflamable (Tabla 1), existiendo estudios que lo comprueban. En Austria se realizó una investigación oficial a unos fardos de paja no tratados, es decir, sin revestimiento y con una densidad de 120kg/m³, logrando una clasificación B2. La alta resistencia de las balas de paja se debe a los atributos inflamables de revoque como también a la compresión de la paja que reduce la cantidad de oxígeno para la combustión del mismo. También, Las balas de paja sin revestimiento significa mayor riesgo a que sea inflamable dado los tallos o fibras de paja sueltas, por esta razón, se recomienda aplicar una capa de revoque después de la terminación de la estructura y así cubrir las fibras (Minke & Mahlke, 2006).

Tabla 1 Categoría de resistencia al fuego

Categoría	Descripción
A	Material no inflamable
B1	Material poco inflambale
B2	Material normalmente inflamable
B3	Material fácilmente inflamable

Nota. Fuente de (Minke & Mahlke, 2006)

4.2.2.8 Control de rodantes e insectos

La paja es un material muerto y pobre en nutrientes, por lo tanto, no es atractivo para los insectos. Sin embargo, para evadir la invasión de estos animales en el material es necesario aplicar estrategias utilizadas para evadir la humedad en la paja como una compresión mayor a 90 kg/m³ lo cual hace al material fuerte para poder resistir los ataques de cualquier rodante y no dejar cavidades dentro de los fardos, ya que sería un riesgo. Adicional, la ventaja de utilizar un revoque como revestimiento la protegerá de que tengan la oportunidad de entrar. Incluso si llegan a perforar la superficie, la movilidad dentro del fardo sería muy limitada dado a la densidad comparado a materiales tradicionales con cavidades (Lacinski & Bergeron, 2000). En caso de que lleguen a ver fachadas ventiladas, puede ser una oportunidad para la entrada de rodantes, utilizando el uso de mallas para evadir (Sandmer & Sjoberg, 2015).

4.2.3 Uso de la paja en el campo de la construcción

En esta etapa se sintetiza toda la información o estado del arte explorada para profundizar en diferentes ejemplos donde la paja ha sido de gran aporte en proyectos a nivel global clasificados en cuatro tipos de proyectos implementados, proyectos académicos/artículos científicos y patentes, para mayor claridad y proceso de la información.

IMAGEN	UBICACIÓN	AÑO	DESCRIPCIÓN	SOLUCION CONSTRUCTIVA	APORTES
PROYECTOS IMPLEMENTADOS					
Aire de Repos Shelter/Atelier Craft					
	París, Francia	2021	<p>Es una construcción temporal y móvil basado en un espacio multifuncional para jóvenes inmigrantes durante el día. La forma del equipamiento es simple y su estructura principal es prefabricada.</p> <p>Su diseño esta basado en principios bioclimáticos pasivos para regular temperatura y fachadas translúcidas para entender la lectura del ecosistema del edificio.</p>	<p>Se diseñó una estructura modular de forma triangular, que de acuerdo a las necesidades del espacio se puede expandir a futuro. La fachada sur esta compuesta de policarbonato, adyacente a un muro de tierra (muro trombe); posee una cámara de aire en el medio con abertura en la parte superior para la evacuación del calor. Su cubierta esta hecha en tierra compuesta con paja y heno, con revestimiento de policarbonato, que permite mantener la temperatura.</p>	<p>Concepto bioclimático de fachada o muro trombe para el aislamiento del calor, y concepto de fachada translúcida para entender el sistema constructivo y esencia del proyecto.</p>
Straw bale Café/Hewitt Studios					
	Hereford, Reino Unido	2010	<p>Este proyecto consiste de un café y una terraza. Considerado un diseño de bajo impacto ambiental donde la estructura del edificio es prefabricada para así reducir tiempo de construcción. Destacando las ventajas del edificio de ser desmontado y que sus materiales sean reciclados después de una demolición.</p>	<p>Se utilizaron paneles prefabricados de estructura portante de ModCell hechos de paja y prefabricados fuera del lugar de construcción por estudiantes de arquitectura. Los paneles son de 3 x 3.2m los cuales absorben 1400kg de CO2. Por otro lado, la estructura de madera de los paneles son retazos de la industria y la estructura del proyecto esta conformada de madera, como también sus revestimientos internos y exteriores.</p>	<p>La flexibilidad de la construcción de los paneles respecto a sus dimensiones y forma del proyecto. Uso de la madera como revestimiento exterior e interior del panel. Y por último, el uso de materiales locales.</p>
Casa de Paja/Sarah Wigglesworth Architect's					
	Londres, Reino Unido	2010	<p>Considerado el primer edificio moderno en paja de Inglaterra, implantado en un lugar donde antes era quemadero de gas y tiradero de basura. Se incorpora las balas de paja como muro de revestimiento a la zona privada o dormitorios con el fin de lograr propiedades de aislamiento acústico y térmico.</p>	<p>550 balas de paja fueron usadas, incrustándolas en medio de una estructura tipo cercha de madera localizadas verticalmente y con listones horizontales, usando acero galvanizado corrugado como revestimiento exterior con el objetivo de aislar la paja de rodantes, insectos y de la lluvia. Para mayor estabilidad se incrustaron varillas entre las balas de paja, ubicadas en cruz en las superficies.</p>	<p>La estructura de listones de madera implementada en cercha, diferente a las tablas de madera para el soporte o el confinamiento de las balas.</p> <p>El conocimiento del correcto comportamiento de la solución constructiva con el revestimiento usado (Policarbonato y acero galvanizado)</p>

Universidad de Nottingham, Edificio Gateway/Make Architects					
	Nottingham, Reino Unido	2011	Edificio de la facultad de biología, veterinaria y ciencias médicas, edificado paneles de paja en sus muros exteriores, con una altura máxima de 14 metros. La materia prima proviene de una finca de la universidad, y la manufactura de los módulos fue realizada en la misma localidad como también la mano de obra y quienes intervinieron en el diseño del proyecto, disminuyendo la huella de carbono. Se dejaron espacios entre paneles para lograr ventanas esbeltas.	Cada panel se expande en 4 bloques hacia arriba, convirtiéndose luego en una sola pieza longitudinal. Este mismo consiste en un marco rectangular hecho de madera laminada y rellena con paja comprimida, revistiéndose la cara exterior con un tablero de cemento y revistiendo su cara interior de igual manera. Este mismo revestimiento está incrustado al panel con refuerzo adicional de madera. Adicionalmente, el panel cuenta con cuerdas tensadas de esquina a esquina para mayor estabilidad de las balas de paja.	Uso de revestimiento de cemento prefabricado y el sistema utilizado para sostenerlo con el panel, el cual es un sistema modular con ensambles macho/hembra. Adicionalmente, es un gran aporte conocer la altura máxima alcanzada en este tipo de sistema constructivo en paja.
SCL casa de paja/Jimmi Pianezzola Architecto					
	Vicenza, Italia	2016	Una cubierta y un muro definen los espacios domésticos de esta vivienda. El principal objetivo fue lograr una casa privada basada en las necesidades del usuario, y lograr una vivienda sostenible, creativa respecto a materiales, espacialidad, forma y economía. Cuenta con una cubierta a dos aguas, que provee sombra a sus lados laterales y genera un ático como segunda planta, construido con muros de balas paja en su perímetro exterior e interior para lograr aislamiento térmico.	La estructura principal de cubierta y muros está llena de balas de paja para garantizar un buen nivel de aislamiento térmico. Como revestimiento se aplica a los muros una capa de pasta de cal en la superficie exterior de 30 mm para permitir transpirar la paja. Posteriormente se aplica pintura de silicato la cual es altamente permeable y repelente al agua, protegiendo de esta forma la paja de posibles filtraciones.	Resaltar el empleo de balas de paja no solo en muros sino también en cubierta y la importancia que le dan al escoger el revestimiento apropiado, siendo este transpirable para conservar y prolongar la vida útil de la paja.
Nuevo Centro Comunitario Ratho/Gergana Negovanska. Edinburgh School of Architecture and Landscape Architecture (ESALA)					
	Edimburgo, Reino Unido	2021	Este proyecto reutiliza al máximo los materiales existentes de una librería a ser demolida. Interviene poco en su estructura, y mejoran la relación del edificio con la comunidad y el contexto. Así mismo emplea materiales locales, como la fabricación de módulos de fardos de paja para la rehabilitación de muros y revestimiento en barro. Enfocándose en el reusó del ciclo de vida de la edificación.	Primero, se reutilizó la estructura existente, manteniendo la modulación del edificio para un ciclo de vida de reuso y movimiento del sitio. De esta manera, se hizo una evaluación de materiales existentes que pudieran ser utilizados. Seguido, nueva cimentación y piso de madera instalado. Módulos ensamblados en la extensión y prolongación de cubierta en el nuevo vestíbulo. Por último, instalación de paneles de fardos de paja en caras exteriores. Por otro lado, se consideraron medidas de logística, como la obtención de materiales y las distancias, para acertar una construcción lo más sostenible posible. Respecto a los criterios de diseño del panel. En sitio la edificación se encuentra sobre pilotes de concreto para proteger el material, listones de	Concepto constructivo de pensar en el reusó de los materiales ante alguna eventualidad de demolición. Uso de revestimientos no convencionales pero que funcionan igualmente con la paja como lana de oveja para el aislamiento térmico.

				madera para generar la cuadrícula, ubicando una capa impermeable sobre los pilotes, luego lana de oveja entre las riostras de madera como material aislante, y fibra de vidrio entre la lana y superficie interior del recinto. Las balas de paja son revestidas en lana aislante y el revestimiento exterior adherido a listones de madera.	
VIVIENDA Casa Old Holloway/Juraj Mikurcik					
	Herefordshire Reino Unido	2017	Casa Old Holloway, es una casa de un piso, diseñada para una familia pequeña de 95 m ² . Construida con materiales de bajo impacto ambiental, como la madera, la paja, celulosa reciclada como material aislante y revestimiento de tierra. La modulación de los paneles son marcos de madera ecocon y fardos de paja.	El volumen de la vivienda se ubicó de norte a sur, y esta parcialmente en el suelo para minimizar impacto. 1. La fachada sur es retraída de la cubierta para proveer sombra en fuertes veranos. Relacionado al sistema constructivo, los paneles de paja están volados ½ parte de la placa de cemento para minimizar puentes térmicos en uniones. 2. Un sistema de cimentación prefabricado Isoquick ESP, el cual envuelve toda la cimentación de cemento y sosteniente parte de los paneles con el fin de evitar puentes térmicos en la estructura, muros y evitar la humedad. 3. Los paneles son de 400mm de grosor, internamente esta revestido con barro (sin pintura). Externamente, se adhiere a los listones de madera que sujetan a la paja comprimida, este tiene una membrana hermética para proteger la paja de la humedad o el agua. Después, se cubre con unos tableros de fibra de madera el panel y se ubican listones de madera verticales para adherir el revestimiento.	El revestimiento en barro en la fachada interior, los listones de madera ubicados verticalmente en el marco del panel para generar mejor estabilidad de la paja comprimida. El uso del manto hermético para prevenir la entrada de agua y humedad al panel. Por último, la madera como revestimiento exterior final.
					
OFICINA Staw Bale Meeting Room/OutPost London					
	Londres, Reino Unido	2019	Una sala de reuniones nueva para la firma de arquitectura OutPost, considerando la idea del uso de materiales naturales para estar comprometidos al desarrollo de una arquitectura sostenible y apostar a una construcción con cero emisiones de gases contaminantes.	Los materiales usados son la paja, lana de oveja, revestimiento de cal y madera. La cimentación es de madera, elevándose del suelo para proteger los muros. Los fardos de paja están encofrados en un marco de madera, utilizándose laminas OSB (tablero de virutas orientadas) diagonalmente para proteger estructuralmente mejor los muros. Los fardos están incrustados verticalmente con riostras de madera para mayor estabilidad. En la parte interior, se anexa una lamina de lana para mejorar el aislamiento térmico y es revestido en cal.	El uso de lámina de OSB (Tablero de virutas orientadas) diagonalmente, como soporte estructural de los fardos de paja. El OSB son virutas de madera encoladas orientadas en diferentes direcciones para mayor resistencia y comprimidas a calor, siendo un producto con excelente conductividad térmica. Adicional el uso de cal como revestimiento.
					
VIVIENDA Temporal para Nepal, Tibet/Magdalena Gorska					

	Nepal	2015	<p>La construcción una casa temporal, considerando las condiciones climáticas, necesidades y modulación. Fácil de adaptarse a diferentes necesidades y de construir por la comunidad.</p>	<p>Se construyó un volumen de 6 x 6 m, junto a una terraza privada. Cimentación en piedra elevada y el uso de palos de bambú como grilla de refuerzo de la estructura del piso o deck la cual protege a la casa de la humedad, animales y permite el flujo del aire. La parte privada está dividida por muros de cargas de fardos de paja 60x60x40 cm. La cubierta se dilata de los muros y utiliza la misma grilla de bambú como estructura, permitiendo el paso de ventilación dentro del recinto, adicionalmente la ubicación de fardos de paja brinda mejor aislamiento térmico durante el verano. Finalmente, es revestido en tierra por las ambas superficies.</p>	<p>Dilatación de la cimentación y la cubierta de los muros para mejor la circulación del viento y así la sensación térmica del espacio. Uso de terrazas con cobijo para ser usado en épocas de lluvia. Cimentación en pilotes de piedra, sin necesidad de recurrir al uso de madera o concreto.</p>
<p>Vivienda unifamiliar living on the edge/Arjen Reas Architects</p>					
	Zoermeer (Países Bajos)	2010	<p>Vivienda unifamiliar inspirada en una tradicional cabaña temporal de la zona; reinterpretada para ser una vivienda permanente con un programa arquitectónico básico. Fue diseñada con la intención de un lugar para buscar la paz cerca de la ciudad, logrando una interacción con el paisaje interior y exterior con materiales nobles, pero con un diseño contemporáneo.</p>	<p>Combinan una estructura y cimientos de ladrillos revocados en cal (algo que normalmente no tenían las chozas o las cabañas de esta zona) con una cubierta de paja que abraza los ladrillos y desciende a lo largo de la mayor parte de la altura del edificio para aislarlo y cobijarlo. La estructura de la paja permite una protección constante de la intemperie, proporcionando aislamiento térmico y acústico para ahorrar energía.</p>	<p>Concepto bioclimático y acústico para ahorrar energía basado en una solución constructiva respetando el paisaje y los materiales de la zona pero reinterpretando estos y empleándolos en un diseño contemporáneo, con la oportunidad de diseñar no solo cuatro fachadas sino una quinta fachada que busca iluminar y tener una conexión directa entre el interior y el exterior.</p>
<p>Pabellón Ecológico En Alsace /Studio 1984</p>					
	Francia	2012	<p>Vivienda unifamiliar que toma como referencia las construcciones agrícolas y hace homenaje a las granjas tradicionales, utilizando materiales locales como la paja y la madera. Su diseño parte de la idea de la integración del paisaje, la referencia rural se aleja de la apariencia arcaica, siendo una base para la innovación en términos de confort térmico, sostenibilidad y eficiencia energética.</p>	<p>Se combina la utilización de marcos de madera, la paja y el zinc en una construcción cubita sobre pilotes suspendidos lo cual permite la protección contra la húmeda de los muros de paja. A su vez la cubierta a dos aguas se proyecta y soporta sobre una estructura exterior de marcos de madera que van de piso a techo dando mayor cobijo a los muros y teniendo como beneficio el confort térmico y la eficacia energética.</p>	<p>Concepto bioclimático basado en Arquitectura de mínimo impacto, Muros que propician el confort térmico, la eficiencia energética; y que son protegidos contra la humedad al separarlos del suelo mediante pilotes de madera y la estructura exterior de marcos de madera que le brindan estabilidad.</p>
<p>Villa Benthuizen /Arjen Reas Architects</p>					

	Benthuizen, Países bajos	2021	Vivienda unifamiliar de dos niveles diseñada con un carácter introvertido y con conexión al jardín. La paja se utiliza como material principal para la forma, que recubre las caras laterales de la casa desde la azotea hasta la primera planta dando cobijo y aislamiento; también se utiliza la madera negra con una estructura abierta y ventilada, ambos materiales proporcionar una perfecta integración y contraste natural.	Utiliza la paja como recubrimiento simulando una manta, siendo que dicho recubrimiento va desde la cubierta hasta la primera planta, del mismo modo implementa la madera negra con una estructura abierta y ventilada.	Conceptos bioclimáticos de confort, visuales abiertas, ventiladas y la implementación de la paja en cubierta y muros, generando un elemento constructivo visualmente homogéneo. Reinterpretación de la paja en la construcción aparte de su función térmica y se destaca como elemento estético.
Refugio II/Wim Goes Architectuur					
	Belgica	2014	Ampliación realizada en la cochera de la vivienda teniendo en cuenta el estado de salud del cliente, las necesidades de tener el programa arquitectónico sin limitaciones y la accesibilidad mental. Partiendo de esto se utilizaron materiales que le recordara al cliente su infancia, como la paja y la arena haciendo referencia al patio de recreo asociándolo con su color y olor.	Muro de paja con estructura de columnas en madera y recubrimiento exterior en vidrio y el interior de los muros esta recubierto en cal.	Conceptos bioclimáticos y de confort térmico. Utilización de la paja como elemento sensorial y de ayuda emocional ya que se buscaba evocar la infancia del cliente mediante las propiedades dicho elemento. Participación de la comunidad en el desarrollo de la obra. Versatilidad que tiene la construcción en paja con la posibilidad de tener diferentes revestimientos como el vidrio.
Refugio en Paja /Gettliffe Architecture					
	Crestone, Colorado, Estados Unidos	2016	La casa busca la integración entre el disfrute del aire libre y sentirse protegido en un santuario, se mimetiza con el entorno y ofrece un refugio acogedor para sus ocupantes. Esta construida con balas de paja, revestidas con cal y estructura en madera, lo que permite una buena difusión de humedad.	La casa está construida con balas de paja confinadas entre una viga de madera y una estructura de columnas. Las balas se recubren con mortero de cal, lo que permite una adecuada transpirabilidad.	Recubrimiento adecuado en muros para una buena transpirabilidad. Conceptos bioclimáticos de confort.
Casa rural en Lana/Werner Schmidt + Margareta Schwarz					
	Bolzano, Italia	2006	Pequeño alojamiento turístico y familiar que utiliza las balas de paja. Los muros curvos de paja revestidos de cal protegen los dormitorios y la estructura de madera permite abrir grandes ventanales hacia el paisaje.	Sistema de muros portantes a base de balas de paja de grandes dimensiones, sobre los que se apoyan la madera de rellenos de paja donde se realizan los forjados sanitarios y la cubierta. La estructura de madera permite abrir grandes ventanales. Y los marcos de madera exterior permiten la ubicación de enredaderas de kiwi los cual permite sombra en verano.	La capacidad que tienen las Balas de paja de gran dimensión como elementos estructurales y la posibilidad de incorporar formas no convencionales a un sistema constructivo en paja, este caso curvo.

Yusuhara Marche/Kengo Kuma & Asociados					
	Yusuhara, Japón	2012	Mercado de productos locales y hotel. En un intento de respetar la historia los arquitectos buscan evocar los “Chad Do” los cuales eran una especie de salones de reposo, usando la paja como material ya que estos están profundamente relacionados. Fue implementado en la fachada del proyecto unidades de módulos de paja de 20 x 9.80cm, en una forma sin precedentes para un muro cortina.	Los módulos de paja de 20x9.80cm se unen horizontalmente a la fundición, el extremo del corte no queda expuesto a las lluvias para conservar la paja mucho más, además cuenta con un dispositivo de pivotes independientes que pueden girarse y abrirse al aire fresco desde el interior, lo que hacen que el mantenimiento de la paja sea más fácil. En su interior se usan troncos de madera y cedro como estructura.	Rescata la identidad cultural a partir del material. Plantea una nueva forma de emplear la paja en fachada. Uso de la paja como material noble y elemento estético de carácter urbano.
La Casa de las Dunas/ARCHISPEKTRAS					
	Papé, Letonia	2015	Casa unifamiliar que fue pensada para vacacionar, el interior está lleno de madera y calidez, con una fachada de paja lineal afilada la cual se relaciona elegantemente con el entorno, la paja se seleccionó por su color y el parecido que tiene con edificaciones típicas de la zona.	Estructura totalmente metálica revestida en paja con una geometría particular, la cual se abre al exterior para obtener una visual e iluminación, dicho revestimiento esta suspendido del suelo con la finalidad de proteger la paja contra la humedad.	El uso de la paja como material envolvente sin tener que recurrir a muros o cubiertas tradicionales, es decir la capa de paja se convierte en el único elemento protector y aislante de la edificación además de cumplir una función térmica también complementa la parte estética que busca mimetizarse con el entorno.
Teatro de Paja NO99/Salto AB					
	Tallin, Estonia	2011	El teatro de paja fue una construcción temporal que podía ser un contenedor funcional por un lado y una instalación de arte por el otro, el atractivo dramático del edificio proviene de su ubicación contextual en el sitio y su volumen principalmente negro, la materialidad de sus muros es la paja dispuesta al descubierto y pigmentada en negro. Al ser un edificio temporal no ha sido aislado como se requiere la construcción sino se mantuvo al descubierto para experimentar las cualidades táctiles del material y acentuar la simbología de la construcción sostenible.	Muros de paja al descubierto reforzados con cerchas como estructura. La paja es pigmentada en un tono negro.	El valor histórico del lugar. La interacción del material al descubierto y las cualidades táctiles de mismo como experiencia en el espacio.

Harvest Moon Pavilion/Pablo Saiz Sánchez					
	Berocalo, Cáceres, España	2018	El Pabellón nace de la observación sobre el interés paisajístico de los campos agrícolas y la relación con los fenómenos astronómicos, en contraste con el exterior en la que se percibe el apilamiento de las capas de paja, el interior es blanco y abstracto, lo cual crea un conjunto poético para la observación del paisaje circundante y rinde homenaje a su posición con los astros. La materialidad es la paja, madera maciza y tableros OSB.	El Pabellón es un cubo de 5x5x5 metros, esta compuesto por balas de paja de gran tamaño (2,4x1,2x0,7 metros), estas se apilan de la misma manera en la que se disponen las balas de paja en el campo mediante el uso de tractores. El espacio útil tiene un área de 2,5x2,5x2,5 metros.. Y su estructura esta compuesta por marcos de madera maciza y se reviste internamente con tableros OSB pintados de blanco.	Integración del proyecto con el contexto. Alternativa de construcción temporal donde las balas de paja pueden volver a utilizarse sin afectar la integridad del material.
					
Casa Feuillet/Émile Feuillet					
	Montargis, Francia	1920	La casa de paja es un símbolo de la durabilidad de la construcción en paja y madera, es una casa de dos plantas que ostenta el título de la casa construida en paja más antigua. Los acabados de los muros internos son en yeso y mortero de cal-arena recubierto con un ligero enlucido de cemento natural en el exterior.	Sistema constructivo Nebraska. Estructura de marcos de madera de roble y álamo que soportan las vigas de celosía con un relleno de balas de pajas, los fardos se fabrican en el lugar mediante prensas. Los marcos de madera están formados por cerchas ligeras que sostienen un techo de tejas y la base está construida con ladrillos de terracota.	Se destaca que la casa lleva en pie más de 100 años lo que hace viable la construcción en paja con muros portantes de este material. Primera construcción de casa de dos plantas utilizando la paja como material.
					
Pabellón Strotherme/Christoph Hesse Architects					
	Medebach, Alemania	2019	Pabellón temporal construido con motivo de celebración del 750 aniversario del pueblo de Referinghausen en Hochsauerland celebrando la independencia del mercado energético global. Utilizan la paja como metáfora la cual representa la biomasa. La historia de la producción de energía y la recuperación de la autodeterminación se celebra en este pabellón.	El sistema constructivo consiste en la colocación de fardos de paja de gran dimensión de manera tal que al yuxtaponerlos uno sobre otros y dejando espacios entre los mismos, se generan aberturas tipo calados en el muro curvo.	Se destaca la disposición de las balas de paja de tal manera que se generan vacíos entre los mismo creando aberturas en el muro.
					
Prototipo de vivienda en Bloques de bala-box/ aAfonso Zavala- Paloma Folache					
	Madrid España	2015	Prototipo de bloque prefabricado compuesto por elementos naturales de paja y madera, lo que permite una construcción sana y limpia, la paja pasa por un proceso de prensado lo que la dota de aislamiento y la madera se convierte en su estructura dándole resistencia.	El sistema constructivo del bloque consiste en la compactación de paja con una prensa a gran presión mejorando sus características estructurales y de aislamiento, a su vez permite la reducción del tamaño del bloque, posteriormente se apilan de manera contrapeada como si fueran ladrillos para formar muros. Posteriormente se unen con tornillos o clavos y por último, se puede revestir con mortero de arcilla o cal.	La compactación del bloque y el refuerzo con madera del mismo permite que los bloques sean mas resistentes y permite hacer los muros mas delgados.
					

Una tienda de cosméticos hecha en balas de paja/Hornowski Diseño					
	Cracovia, Polonia	2013	Boutique de cosméticos con fardos de paja, se diseñó pensando en el enfoque ecológico que conlleva la utilización de la paja y su bajo costo, cada unidad de 80x40x40 cm se usaron para crear dos muros adyacentes dejando vacíos para la ubicación de estantes.	La solución constructiva se compone por la yuxtaposición de las balas de paja, creando dos muros adyacentes con vacíos dispuestos para la ubicación de estantes y reforzados con tableros de madera, además se usaron se 100 balas de paja de 80x40x40 cm, y por último se agregó el líquido de protección contra incendios.	Implementación de líquidos especiales que brindan protección a la paja contra incendios. Utilización de la disposición de los vacíos en muros de paja para ubicación de estanterías lo que permite una mayor interacción con el material. Implementación de la paja en el diseño de interiores como uso estético.
					
HEDGE Gallery/Bridgette Meinhold					
	San Francisco, Estados Unidos	2011	Galería temporal el cual se usó como estand y espacio de exhibición. Las balas de paja se apilan cuidadosamente en una habitación cuadrada, donde se colocan divisiones de acero personalizadas para crear las aberturas de las ventanas además de nichos y estantes, las balas de paja de los muros en su mayoría se agrupan en dos hileras para aislar el ruido dentro del espacio. Después del evento las balas de paja se devolvieron a la tienda de alimentos donde se compraron y la estructura de acero se recicla para la creación de muebles.	Estructura de acero ennegrecido refuerzan los muros, esto permite crear nichos, vacíos para las ventanas; las balas de paja se apilan una sobre otra y los muros resultantes se agrupan para generar un aislamiento acústico.	Se destaca que al utilizar las balas de paja al natural sin revestimientos y al ser una construcción efímera se puede reutilizar los materiales posteriormente al desmontaje del pabellón. Implementación de aislamiento acústico al crear muros de mayor grosor en ciertas zonas.
					
Domo de Balas de Paja/Zverejnil createrra					
	Eslovaquia	2010	Vivienda unifamiliar construida con balas de paja y estructura de madera en forma de cúpula, la paja cumple la función de aislante térmico.	Estructura de cerchas y marcos de madera que soporta la forma de cúpula de la casa, se recubre la estructura con balas de paja y posteriormente se reviste con barro y arcilla.	Versatilidad formal de las construcciones con balas de paja determinada por la estructura.
					

Las casas de barro y paja/Kibbutz Lotan					
	Nepal	2015	Casa unifamiliar que nace como respuesta a la necesidad de crear una vivienda a prueba de terremotos y con una huella ambiental extremadamente baja, encontrado solución al mezclar la antigua construcción hebrea-egipcia de barro y paja con la construcción de balas de paja, siendo la paja un desperdicio agrícola generado por los cultivo de trigo de la región lo cual lo convierte en producto renovable y un excelente aislante.	Su estructura está compuesta por perfiles de acero que forman un domo geodésicas. Sus paredes semiesféricas están compuestas con balas de paja y barro conformando un solo elemento sólido, este revestimiento mantiene las capas unidas y las hace resistente al fuego.	Reinterpretación de la de los muros de paja y barro como elemento sísmo resistente. Integración de estructuras metálicas y elementos naturales para la creación de formas.
Renovación de un Granero en Bolberg / arend groenewegen architect					
	Bavel, Países Bajos	2009	Edificio de oficinas el cual se remodela a partir de un antiguo granero histórico con la finalidad de mejorar la calidad y el carácter del paisaje en un lugar donde se planea la expansión urbana. Como desafío se planteó atraer la luz natural y el aire al interior, y desde el exterior conservar las características de una granja típica flamenca con el cerramiento de madera en la fachada y un gran techo de paja.	Estructura a partir de marcos de madera los cuales soportan la cubierta de paja que arropa y cubre varias partes de la fachada, esto se complementa con listones de madera que componen las fachadas con separación entre ellas permitiendo paso de luz.	Se destaca la función de cubierta y envolvente que cumple la paja y su relación con las fachadas de madera las cuales están dispuesta de tal manera que permiten entrar la luz sin perder su función de cobijo.
La casa de pacas de paja/Joanne Calkin					
	Albuquerque, Estados Unidos	2011	Remodelación y ampliación de vivienda unifamiliar a dos niveles, construida con balas de paja. El proyecto surge del deseo de mejorar la casa por parte del cliente y reducir los costos de calefacción y refrigeración, obteniendo como resultado el desplome de las facturas mensuales de calefacción y aire acondicionado.	Se vierte una base de hormigón alrededor del perímetro de la casa y se aísla, luego se apilan las balas de paja, se unen a los marcos de madera existentes, se quitan todas las ventanas y se llevan al exterior de la nueva pared de paja. Adicionalmente, se crea una nueva estructura para la segunda planta.	Los habitantes de la cada reconocen las ventajas de la construcción con balas de paja para bajar costos referentes al consumo energético.

 PROYECTOS ACADÉMICOS/ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

 Centro Cultural Konaki Averof/Arquitectos Georges Batzio



Larisa, Grecia 2016

Propuesta de proyecto de centro cultural pensado en la regeneración del sitio, el esfuerzo de la convivencia continua entre la historia y el lugar, además de la funcionalidad y sostenibilidad de un edificio contemporáneo, utilizando las excepcionales capacidades de aislamiento térmico de la paja convirtiéndola en una construcción pasiva.

El edificio se divide en dos plantas, la planta baja y el ático, la planta baja contiene todo el programa básico y el ático es un espacio libre y abierto a los visitantes.

Estructura en cerchas de madera y muros con paneles de paja comprimida.

Se destaca la implementación de los muros de paja comprimido como elemento constructivo el cual permite también alcanzar un confort térmico.

Difusión en el ámbito académico de las ventajas del estudio de la construcción en paja.

El diseño contempla la relación de la construcción con el entorno al estar implantado en una zona de cultivo.

 Straw Bale School/Nuru Karim – Nudes



Malawi, África Oriental 2019

Concurso de arquitectura organizado por Archstorming en 2019. La escuela secundaria nace a partir de la necesidad de una solución modular que pudiera construirse en fase a lo largo de los años. El diseño se basa en soluciones modulares de madera y fardos de paja, el despliegue y la tecnología sostenible. Se implementa un componente de "escalera" para crear un sistema estructural que alberga la intención educativa de la escuela.

Estructura modular a base de marcos de madera en "A", los cuales forman escaleras resistentes al fuego y muros de terracota y balas de paja. Los marcos se disponen linealmente para crear formas que varían en ancho y altura a medida que la base de los componentes se abre hacia afuera. Los largueros transfieren cargas estructurales y se disponen de manera que se crean espacios donde se desarrolla las diversas funciones programáticas.

La capacidad de la paja para adaptarse morfológicamente a diferentes formas sin perder sus propiedades físicas de aislamiento y confort térmico.

Las diferentes formas espaciales que se pueden lograr a partir de los módulos de paja y madera.

 Construcción de Balas de Paja prefabricadas, la guía completa del paso a paso. Capítulo 8: Proceso de Construcción (Proceso húmedo)/Chris Magwood



Estados Unidos 2016

Un tipo de panel que utiliza revestimiento de yeso húmedo aplicado sobre la superficie de las balas de paja por cada lado, similar al sistema utilizado de paredes de balas de paja construida en sitio. Este revestimiento contribuye a dar un mayor soporte estructural de cargas junto a la estructura de madera que encierra los fardos de paja.

1. Ensamble los elementos del marco utilizando el sistema de fijación especificado, aplicando un adhesivo a cada unión.
2. Fije cualquier arriostamiento interno para la cara inferior del panel. Se debe verificar que el marco esté a escuadra y a plomo. La riostra cruzada se instala en el marco para mantener los lados restringidos y proporcionar estabilidad al revestimiento seco.
3. Adherir un espaldar temporal al marco, para que sea apoyo de la fundida del revestimiento en yeso, debe ser fácil de removerse y puede tener una superficie rugosa para generar fricción en caso de que se aplique otro acabado al panel.

Las propiedades del revestimiento de yeso, puede reducir la necesidad de tener que reforzar el marco de madera.

Excelente sellado y estanqueidad al aire, lo cual evita el paso de mayor calor por convección dentro de las balas de paja.

Esta técnica se convierte en una opción para evadir la humedad.

4. Voltear el marco, y poner una malla a la superficie donde ira el revestimiento fundido, con el fin de adherirlo y mejorar la barrera de aire. Una vez este el yeso, vibrarlo para no dejar vacíos.
5. Insertar los fardos, con revestimiento de yeso en sus caras laterales, para una mejor adhesión de los fardos y evadir posibles vacíos.
6. Una vez encofrados, aplicar yeso en toda la cara posterior del marco y aplomar para dejar una superficie plana, dejar secar y después llevar al sitio de instalación.

Construcción de Balas de Paja prefabricadas, la guía completa del paso a paso. Capítulo 8: Proceso de Construcción (Proceso seco)/Chris Magwood



Estados Unidos 2016

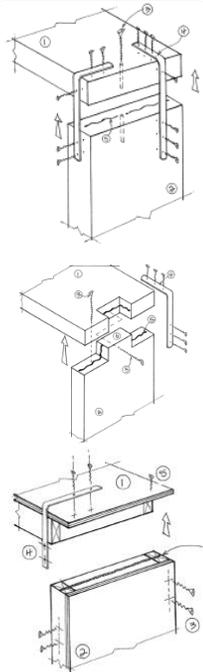
Este tipo de panel no usa yeso en las balas de paja, sino que contiene las balas dentro de un marco usando un revestimiento estructural permeable sobre las balas en la cara interior y exterior de la pared. En este panel, el marco de madera cubre la funcional estructural de cargas y las balas de paja soportan su propio peso sin cumplir ninguna función estructural.

Asegurarse de que la superficie donde se trabaje el ensamble del panel este aplomado.

1. Fije el revestimiento sobre o dentro del marco. Usar sujetadores y masilla/adhesivo.
2. Fije cualquier arriostamiento interno para la cara inferior del panel. Se debe verificar que el marco esté a escuadra y a plomo. La riostra cruzada se instala en el marco para mantener los lados restringidos y proporcionar sujeción para el revestimiento seco.
3. Ensamblar el revestimiento.
4. Voltear el marco. Puede ser beneficioso sujetar temporalmente los lados para mantener el marco cuadrado.
5. Inserte las balas en el marco. A medida que se instala cada hilera, golpee los fardos firmemente uno contra el otro. Rellene los huecos o vacíos con paja. Algunos constructores cortan las cuerdas para que las balas puedan expandirse horizontalmente para llenar los vacíos.
6. Coloque la última bala o fila de balas y una lámina de plástico sobre la penúltima.

Es un panel liviano, el tiempo de ensamblaje es más corto ya que no necesita tiempo para el secado del revestimiento. Mayor confort térmico si se utiliza un revestimiento aislado. Ensamble más simple entre paneles. Los productos de revestimiento más comunes en la construcción convencional pueden ser más atractivos para el mercado.

Construcción de Balas de Paja prefabricadas, la guía completa del paso a paso. Capítulo 6: Opciones de diseño para paneles aislantes estructurales de fardos de paja (Conexiones de marcos)/Chris Magwood



Estados Unidos 2016

Los componentes del marco crean una variedad de conexiones y sujetadores, estas deben seleccionarse para manejar cargas estructurales y cumplir con los objetivos de producción. Las conexiones entre los componentes de la estructura se dividen en tres categorías básicas: juntas con tornillos, juntas de macho hembra y juntas traslapadas.

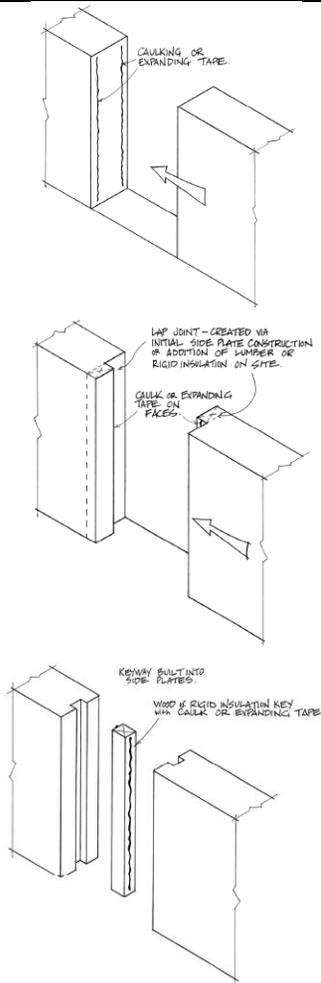
Asegurarse de que la superficie donde se trabaje el ensamble del panel este aplomado.

1. Usar tornillos que van incrustados en las esquinas del marco para unir las caras del panel. También, se puede utilizar correas metálicas o perfil metálico en L para generar mayor soporte estructural.
2. Ensamblaje de macho hembra, donde las cuatro caras del marco de madera se unen por las intercesiones o perforaciones realizadas en las esquinas, con el fin de dar mayor estabilidad, se puede reforzar con solo tornillos o perfiles metálicos en L.
3. Caras del marco superior e inferior con forma de L en sus esquinas para descansar y ser traslapadas en las caras laterales. Se pueden utilizar tornillos o perfiles metálicos en L para sujetarlas.

Se rescata el uso de tornillos estructurales de tamaño adecuado es el medio de conexión más rápido y menos costoso, pero no es estructuralmente tan robusto como las correas de metal o los soportes de perfil en L. Se requiere más tiempo de planificación y fabricación, pero son más resistentes y/o permiten una mejor fijación.

La junta traslapada es aplicable más para armazones de madera y elementos de revestimiento, donde una pieza de revestimiento puede ser más larga que el armazón y crear una superposición positiva con el elemento.

Construcción de Balas de Paja prefabricadas, la guía completa del paso a paso. Capítulo 6: Opciones de diseño para Paneles aislantes estructurales de fardos de paja (Uniones de panel a panel)/Chris Magwood



Estados Unidos 2016

Para maximizar el desempeño térmico de las paredes, las uniones entre paneles deben diseñarse y construirse para minimizar los puentes térmicos y las fugas de aire. El diseño de las juntas debe garantizar que el instalador pueda completar con precisión el trabajo requerido en el sitio y que tenga en cuenta las condiciones, como el clima y el tiempo durante la instalación.

Tener en cuenta las variaciones en las uniones de panel a panel que se pueden emplear. Todos estos implican el uso de algún tipo de sellador, adhesivo o cinta expansiva para no dejar puentes térmicos o vacíos en las uniones. La selección y aplicación de estos productos tendrá un impacto importante en el desempeño de las paredes por lo que se debe tener cuidado al tomar una decisión.

1. Los extremos laterales del panel se le aplica sellador o pegan con cinta adhesiva y luego se presionan entre sí. Esto puede funcionar con la mayoría de los estilos de marcos y es la unión más sencilla de ejecutar durante la instalación.
2. La unión superpuesta se puede crear en la fabricación de la placa lateral, o se puede fijar la estructura de madera o el aislamiento rígido durante la instalación. Si la costura superpuesta se crea cuando se construye el panel, se deberá tener cuidado para garantizar el orden de superposición adecuado.
3. Unión por medio de ranura, la cual requiere el diseño de un canal en el medio de la cara lateral del marco de madera. Encastrando una riostra de madera en la perforación del panel con pegamento o cinta expansiva, conectándose los paneles lateralmente.

Se destaca el uso de tornillos estructurales y selladores para las uniones de los módulos. Entendiendo, que al ensamblar no se deben dejar vacíos que generan puentes térmicos que puede afectar el comportamiento del módulo como aislante.

Aspectos de Reversibilidad y Eficiencia Energética de Estructuras Prefabricadas de Paja – Pautas para el Diseño Sostenible de Intervenciones Arquitectónicas del Siglo XXI/Amina Mihmić, Amira Salihbegović

Sarajevo, Bosnia and Herzegovina 2016

Con el objetivo de dar a destacar las propiedades la paja, este artículo menciona como este material tiene tres niveles de reversibilidad, término que hace referencia a la economía circular y a materiales sostenibles que

En el diseño reversible, los edificios se conciben como "bancos de materiales", sistemas hechos de partes separadas a través de más niveles de materiales y apoyando las necesidades cambiantes de los usuarios y los edificios para el "crecimiento. hay tres dimensiones de diseño reversible:

La construcción en paja como arquitectura reversible, económicamente sostenible, que minimiza el impacto ambiental, es sumamente importante en casos de recurrencia periódica de desastres naturales. El uso de la

			<p>pueden ser reutilizados una vez hayan cumplido su ciclo en la construcción, analizando los límites de una vieja-nueva forma de construir con balas de paja comprimida. Enfatizando la idea que Los productos (convencionales) de las intervenciones arquitectónicas son tratados como creaciones finales en el tiempo y el espacio, sin posibilidad de cambio o deconstrucción y no destrucción.</p>	<p>1. la capacidad del edificio para adaptarse a nuevas configuraciones espaciales (modulación). 2. La habilidad y facilidad de deconstrucción de los materiales, comprendiendo que el detalle de las uniones juega un rol importante. Para la deconstrucción, es necesario la independencia de materiales para así evitar que se vean afectados en el momento de reemplazo o reparación. Es necesario crear un ensamblaje híbrido donde los materiales orgánicos a base de celulosa, paja y madera, constituyan del 90% al 95% del volumen total de la envolvente. 3. El uso de paneles híbridos prefabricados combinados con enlaces mecánicos y enlaces químicos de origen orgánico facilita el proceso de deconstrucción si es necesario deconstruir. Cuando la paja está ubicada como elemento portante, es decir fardos de paja comprimida, el grado de compresión es mejor comparado a paneles rellenos de paja. Mayor compresión significa menor número de vacíos o huecos, evadiendo así puentes térmicos. La densidad seca de la paja no puede ser mayor a 104 kg/m3.</p>	<p>madera, celulosa y paja como un volumen total de la envolvente para llegar a ser reutilizados.</p>
Comportamiento higrotérmico de un edificio con fardos de paja: in situ y en laboratorio investigaciones/ Omar Douzane, Geoffrey Promis, Jean-Marc Roucoult, Anh-Dung Tran Le, Thierry Langlet,					
	Amiens, Francia	2016	<p>Análisis hidrotermal de diseño de un módulo de fardos de paja para una casa localizada en la región de Picardía, Francia. Recopilándose información respecto a las estrategias y solución constructiva de diseño, dimensiones y revestimientos utilizados.</p>	<p>Para el análisis respecto al comportamiento térmico, se analizó como la ubicación de las brinzas de la paja en sentido perpendicular o paralelo al flujo de calor puede afectar las propiedades del panel fabricado y analizado en laboratorio, utilizando el método de la caja caliente donde el panel es comprimido o encontrado por dos caras, una fría (interior) y otra caliente (exterior) donde se genera la conductividad térmica. El primer paso consistió en el ensamblaje del marco de madera de 250mm x 250mm, con un grosor de 520mm, reforzándose en el medio con listones de madera de 345mm x 45mm en manera vertical para encontrar los fardos y generar mayor soporte. Después ubicándose los fardos de paja de 440 mm de grosor dentro del marco, dejando un espacio de 800mm entre cada uno y usando</p>	<p>Se demostró que las brinzas de paja localizadas perpendicularmente al flujo de calor tienen mejor comportamiento térmico, confirmándose la importancia de su ubicación. Comportamiento respecto a la humedad con las simulaciones realizadas, demostraron la resistencia del panel.</p>

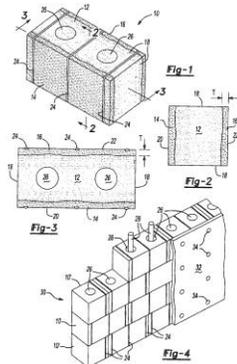
una motosierra para alinear las caras. Luego, se adhiere listones delgados en la cara interior para soportar el grosor del cartón de yeso. En la cara exterior se aplica cal y yeso directamente a la paja, con un grosor de 35mm.

PATENTES

METHOD FOR FORMING ACULM BLOCK/ Benjamin Zvi Korman., John Anthony Ruskey, Douglas Clinton Priest

U.S. Patent May 4, 2010 US 7,797,784 B2

Goleta, CA (US) 2010



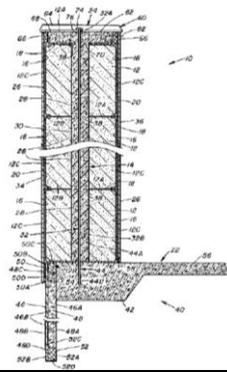
La patente describe el método de fabricación de un bloque de caña y la variedad de tallos de paja que forman una primera pared rígida la cual se integra con la caña como resultado de la aplicación de calor y presión se obtiene un bloque homogéneo además posee dos orificios por los cuales suele pasar el refuerzo.

El ladrillo se apila uno sobre otro y mediante los orificios que posee se pasa un refuerzo que le da mayor rigidez posteriormente se reviste el muro con cal.

Se destaca la posibilidad de modular la construcción en paja sin perder la función de los bloques de paja como elemento portante.

Panel de estuco reforzado y ensamblaje de pared aislante de paja/ Larry Canada,

Estados Unidos 2000



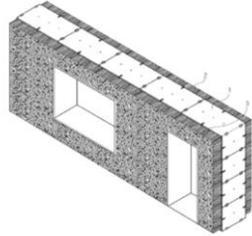
Patente de mampostería confinada que usa las balas de paja como material principal para de cerramiento y el concreto con estructura portante el cual se esconde dentro del muro ocultando su función en el muro.

Estructura central de concreto reforzado empotrada a la viga de cimentación y el cual dispone a ambos lados dicho eje central las balas de pajas apiladas y un revestimiento de pantallas estuco compuesto de agua, cal, lima, cemento y arena lo que agrega mayor adherencia y maleabilidad al entrar en contacto con las balas de paja.

La importancia del mortero propuesto en la patente es la plasticidad que promete ya que dice no agrietarse con los cambios bruscos de temperatura

 Bloque de pared para una casa de paja,y construcción de casas de paja/ Young Fan Lim

Estados Unidos 2012



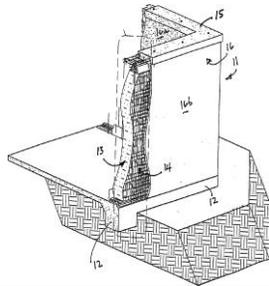
Patente enfocada en el desarrollo de un bloque para pared con balas de paja tableros de madera, la madera se dispone como marco el cual revista casi la totalidad de la bala de baja dejando libre solo dos caras, siendo un ladrillo prefabricado permite la que las casas se construyan fácilmente y a bajo costo además de las ventajas bioclimáticas en términos de uso ecológico de materiales, reducción de residuos de construcción y ahorro energético.

Se reviste una bala de paja con tableros de madera y una estructura poliédrica, cuyas superficies laterales están unidas entre si mediante abrazaderas, teniendo además el muro una variedad de orificios que, con un conector, conectan los bloques de pared adyacentes entre sí.

Modulación de bloque portantes a bajo con estructura de madera que se conectan entre si, lo que permite construir en seco a un menor tiempo y bajo costo.

 Pared de pacas de paja con arriostramiento interno y método de elaboración del mismo/ Roy Gary Black

Emeryville 2004



Patente enfocada en los métodos para construir muros de núcleos de balas de paja con refuerzo estructural interno que pueden arriostrar el muro durante la construcción esto con la finalidad de mantenerlos en su lugar y aplomados mientras se erigen y antes de que revoquen, lo que permite que se construyan muros de 24 pies de altura sin prácticamente ningún refuerzo externo.

Se apilan las balas de paja y se robustece con un refuerzo interno el cual se arriostra a la viga de cimentación y por último se aplica el revoque.

Se destaca la utilización del refuerzo interno en el la construcción del muro de paja lo que permite plantear muros de hasta 24 ft de altura.

4.3 Objetivo 3

ESTABLECER LOS CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA DE PAJA Y EL EQUIPAMIENTO RURAL.

En este objetivo se plantean los criterios a tener en cuenta en el diseño y configuración del módulo Eco-Paja, así como en el equipamiento rural “Refugio del pueblo”. Como resultado se concluyen lineamientos específicos para el desarrollo del proyecto.

Definición de Módulo Eco-Paja

Se define como módulo de paja a la composición de una bala de paja comprimida y embebida en una estructura de madera, (800mm x 600mm x 300mm). Este posibilita la configuración final de muros divisorios, con gran capacidad de generar beneficios térmicos, además de ser de fácil fabricación, montaje y desmontaje.

Definición Refugio del Pueblo

Se define como un lugar de paz, es un proyecto que genera una oportunidad para integrar a la comunidad de Puerto Santander, a partir de espacios para la cultura y la educación; generando identidad propia entre sus habitantes, con una arquitectura sustentada en la sostenibilidad, la cual permite implementar materiales locales y alternativos.

4.3.1 Criterios específicos de diseño para la solución constructiva en paja

4.3.1.1 Criterios específicos ambientales

Materiales Sostenibles: Implementación de recursos en su mayoría del sitio, teniendo en cuenta la relación costo beneficio para conseguir bajo mantenimiento durante su vida útil. Además de la implementación de materiales que tengan propiedades térmicas, que sean biodegradables, renovables y reciclables.

Termicidad: Capacidad de un material de ser aislante por excelencia, que tenga una baja y/o lenta transferencia del calor de exterior al interior de una superficie, contribuyendo al ahorro energético.

Renovable: Recursos extraídos de la naturaleza, para ser transformados e implementados en la construcción, los cuales pueden ser producidos nuevamente por la naturaleza o por el ser humano.

Reciclable: Potencial de un recurso utilizado o desechado que permita transformar su materia prima para la elaboración de un producto nuevo, con la posibilidad de seguir siendo reutilizado.

Biodegradable: Materiales que pueden descomponerse a partir de factores biológicos como los microorganismos, la temperatura, la radiación solar y las condiciones abióticas.

Baja huella de carbono: Materiales que durante su producción, vida útil y descomposición generan pocas emisiones de gases de efecto invernadero al medio ambiente.

4.3.1.2 Criterios tecnológicos/funcionales

Modular: Fabricación de un producto pensado en partes constantes que pasarán a configurarse como un estándar. Simplificando o haciendo más fácil su manufactura con medidas establecidas para reducir desperdicios.

Fácil implementación: Se refiere a la facilidad de maniobrar, transportar e implementar un material sin recurrir a la utilización de equipos o maquinaria pesada.

Instalaciones: Consiste en la posibilidad de hacer modificaciones y adaptaciones al módulo. En este caso, que considere las instalaciones internas de un lugar (eléctricas, hidráulicas, telecomunicaciones, entre otras).

Revestimiento: Cubrimiento de la superficie exterior del módulo, tiene la capacidad de generar las condiciones para poder adaptar diferentes tipos de materiales, con el objetivo de proteger y proponer una apariencia estética según las necesidades y condiciones del espacio.

4.3.1.3 Criterios dimensionales

Morfología: Geometrización, dimensionamiento y modulación para optimizar la configuración del proyecto. Posibilita el uso de diferentes dimensiones según el proyecto de diseño, contempla la altura y el ancho de los muros. Se tiene en cuenta la capacidad de maniobra de las personas para poder manipularlo.

Optimización del espacio: Reducción de la proporción de los módulos respecto a los sistemas de construcción tradicionales con paja: Nebraska y Greb.

4.3.1.4 Criterios Sociales

Participación de la comunidad: Oportunidad y vinculación de los habitantes de Puerto Santander a la elaboración del módulo de paja. Generando así apropiación y sentido de pertenencia con la elaboración de la solución constructiva.

Generación de conocimiento: Lograr compartir conocimiento y generar aprendizaje en la comunidad, respecto a la paja como material alternativo para la construcción, promoviendo así la identidad como municipio agrícola.

4.3.1.5 Criterios relacionados a los lineamientos de construcción

Selección del material: Para la construcción en paja se recomienda principalmente cultivos derivados de trigo, escanda, arroz y centeno. Importante reconocer su textura y forma ya que esta misma es un tallo de materia seca.

Cimentación: De gran importancia debido a su injerencia en la preservación y vida útil del módulo, esta permite evitar la humedad y otros agentes que se encuentre en el territorio y

pueden llegar a afectar internamente el material, tal como se recomienda en la construcción en tierra (buenas botas).

Resistencia al fuego: Para que el módulo sea menos inflamable, se recomienda una compresión no menor a 120kg/m³ en balas de paja sin revestimiento, ya que lo anterior no permite que se almacene oxígeno suficiente para que la paja entre en combustión (Minke & Mahlke, 2006).

Transpirabilidad: El revestimiento del módulo debe ser construido sin ninguna barrera de membrana entre la paja y el revestimiento para facilitar la transpirabilidad de la paja comprimida, y así permitir la unión del revestimiento con el material, tal como lo sugiere el código internacional residencial de construcción con balas de paja versión agosto 2017 (International Code Council, 2017)

Control térmico: Se deben evitar puentes térmicos generados por fugas en las balas que no estén bien compactadas, pero también en la estructura que se contemple para la solución constructiva ya que el coeficiente de transmisión de otros materiales puede llegar a ser desde tres o más veces que la de los fardos de paja.

Revestimiento: La función principal del revestimiento exterior es proteger la paja, para así evitar la entrada de humedad, este debe ser permeable a la condensación del agua, de esta manera la humedad puede salir. Se recomienda revoques en tierra o cal aproximadamente de 25mm de grosor, ya que estos tienen los principios de transpirabilidad necesarios para este tipo de soluciones constructivas.

Compactación de la paja: Las compresiones que comúnmente desarrollan las enfardadoras es de una presión entre los 80 y 120kg/m³, que es lo recomendado para su uso en la construcción, de lo contrario fardos sometidos a presiones menores no serían adecuados (Minke & Mahlke, 2006).

4.3.2 Criterios específicos de diseño para el equipamiento

4.3.2.1 Criterios específicos ambientales

Eficiencia energética: El proyecto debe de tener la capacidad de reducir el gasto energético, todo esto está posibilitado y potenciado por la estrategia de diseño y los materiales utilizados en el equipamiento.

Confort térmico: Capacidad de generar sensaciones positivas respecto a las condiciones de humedad y temperatura; a partir de la selección de materiales con una baja y/o lenta transferencia de calor del exterior al interior, reduciendo significativamente la temperatura y evitando malestar térmico.

Ventilación: Utilizar estrategias para la entrada y salida del aire del equipamiento, logrando así optimizar el confort térmico al interior del proyecto, evitando la intensidad de la radiación solar presente en las superficies de la edificación.

Iluminación natural: Importancia de la entrada de luz en los espacios donde se lleven a cabo las diferentes actividades del equipamiento.

4.3.2.2 Criterios tecnológicos/funcionales

Durabilidad: Empleo de materiales de bajo mantenimiento a lo largo de su vida útil, ahorrando así costos por manutención.

Accesibilidad Universal: Posibilidad del ingreso y participación de toda la comunidad, especialmente personas con movilidad reducida o alguna preexistencia o incapacidad médica.

Relación entorno exterior e interior: Respetando la implantación rural, se considera importante la coherencia entre la edificación y el contexto.

Sistema constructivo: un sistema constructivo que se module por medio de ejes facilitando la configuración entre la solución constructiva de los módulos y la estructura del

equipamiento. De esta manera, es importante emplear materiales compatibles para el empalme del sistema constructivo.

4.3.2.3 Criterios específicos dimensionales

Espacios flexibles/multifuncionales: Desde el diseño posibilitar la configuración y adaptación de diferentes espacios de acuerdo a las actividades para las cuales está proyectado. Teniendo en cuenta las dimensiones y el programa para que se puedan adaptar.

Tamaño compacto: Relación de espacios planteadas por las actividades del programa arquitectónico en una prima planta.

4.3.2.4 Criterios específicos sociales

Arquitectura participativa: Participación por parte de la comunidad en el diseño y la ejecución del equipamiento. Por medio de actividades sociales previas para conocer las necesidades o anhelos de la comunidad.

Identidad: Lograr sentido de pertenencia por medio del equipamiento a los habitantes de puerto Santander, destacando valores y experiencias que comparten como habitantes.

Espacio de paz: Generar espacios dirigidos a eventos para la comunidad: actividades culturales, el arte y la educación; fomentando la cohesión y reconciliación necesaria del municipio.

4.3.2.5 Criterios específicos de implantación

Centralidad: Es importante considerar un lugar de implantación equidistante entre los habitantes que viven en ambos extremos del municipio para evitar largos recorridos, además de incentivar a la comunidad a movilizarse peatonalmente o en bicicletas.

Ruralidad: Sin perder la centralidad del lugar, implementar el equipamiento en un espacio que envuelva todo el concepto del campo, los cultivos y demás atributos de Puerto Santander.

Orientación: Tener presente la asolación para la correcta orientación de la edificación garantizando que los espacios estarán correctamente iluminados; sin llevar a la materialidad de la edificación a sus máximas capacidades, soportando altas radiaciones solares.

4.4 Objetivo 4

DISEÑAR Y VALIDAR TECNOLÓGICAMENTE LA SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA PARA SER IMPLEMENTADA EN EL EQUIPAMIENTO RURAL

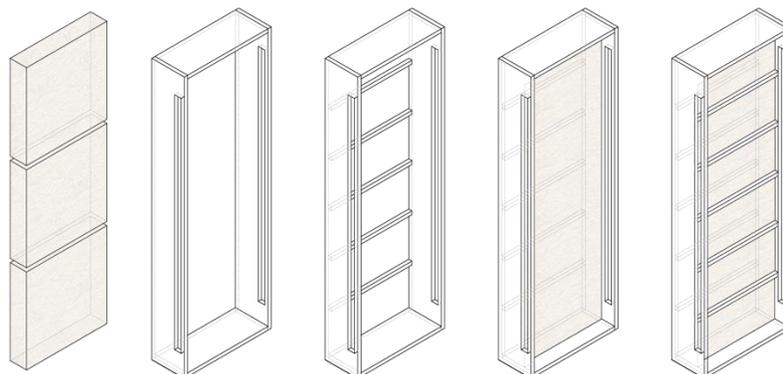
A partir del estudio del estado del arte, la caracterización de la paja y los criterios establecidos, se desarrolla el módulo de paja (MEP), el cual pasa por una fase de diseño exploratoria por medio de prototipos con el fin de lograr un resultado consecuente a los criterios, hasta llegar al modelo final.

4.4.1 Desarrollo de la solución constructiva.

4.4.1.1 MEP 1 (Módulo EcoPaja)

En este primer prototipo se buscó optimizar el tiempo total de obra, condiciones de espacialidad para la instalación y mantenimiento de redes internas, además de minimizar los metros cuadrados que ocupan los métodos constructivos tradicionales con balas de paja como el Nebraska o Greb. Utilizando tablas de madera como marco contenedor de la paja, el cartón como revestimiento interior y la paja como material principal, aislante y divisorio (Figura 44).

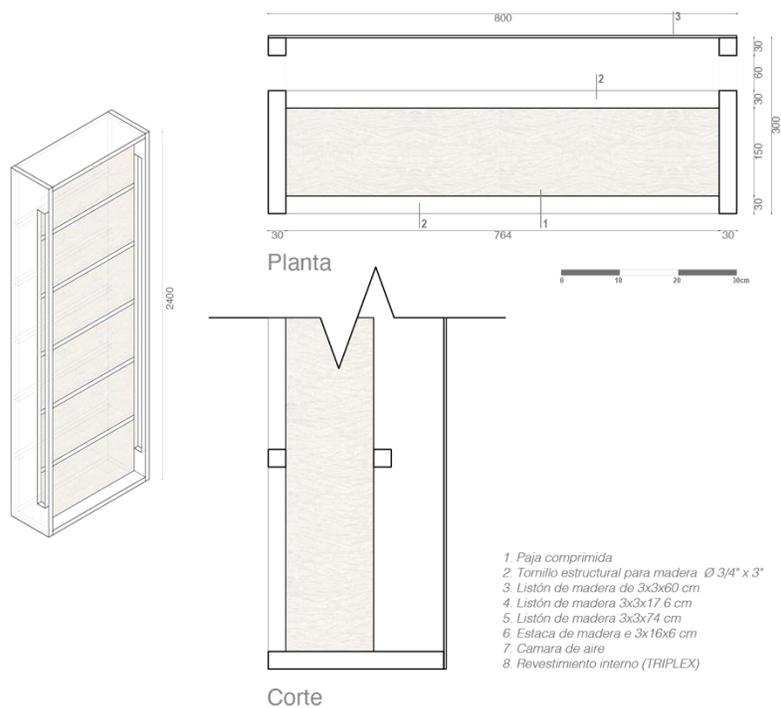
Figura 45 Ensamblaje módulo MEP 1



Nota. Paso a paso de la configuración del módulo (Fuente propia)

Ensamblaje del módulo

Comprimir la paja en una prensa embaladora de paja o una prensa artesanal ajustándola a las medidas necesarias de la paja que irá en el volumen interno de la estructura de madera. Se debe tener en cuenta la cantidad de paja, 11,23 kg por cada bala para un total de 33,7 kg aprox. para obtener la densidad deseada de 120 kg/m^3 y así el módulo cumpla con todas las funciones y bondades que anteriormente se mencionaron en la caracterización de la paja. Seguido de esto se fabrica la estructura del módulo en madera, teniendo en cuenta el espacio para el lugar de la paja y las redes internas. Una vez la estructura lista, se inserta la paja y se termina de compactar, acomodándola con los listones que la mantienen. Para finalizar, en el sitio después de instalar redes internas, poner el cartón como revestimiento interno y con una mezcla de cal-tierra como pañete en la superficie exterior del módulo (Figura 45).

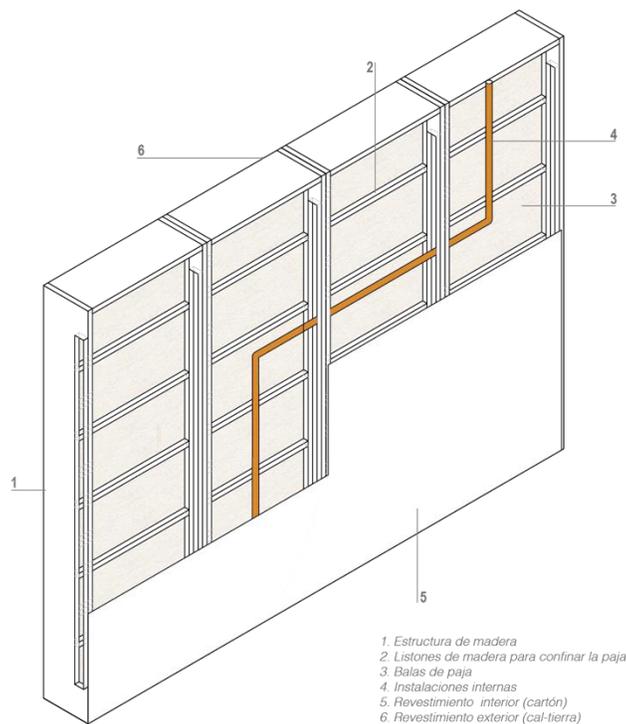
Figura 46 Módulo MEP 1

Nota. Dimensiones módulo (Fuente propia)

Conclusiones MEP 1

Los resultados de diseño muestran una gran versatilidad en cuanto a su fácil instalación y aprovechamiento del espacio, debido a que su marco de madera tipo panel lo hace más compacto con la posibilidad de reducir sus dimensiones comparado a los sistemas tradicionales, los cuales utilizan balas de paja con formato 240 cm x 120cm x 70cm mientras que esta propuesta solo llega a tener 80cm x 30cm x 240cm, de esta manera se está maximizando hasta un 75% de espacio que puede ser utilizado tanto para el uso del recinto como para la creación de una cámara de instalaciones internas. (Figura 46)

Figura 47 Configuración final con módulos MEP1



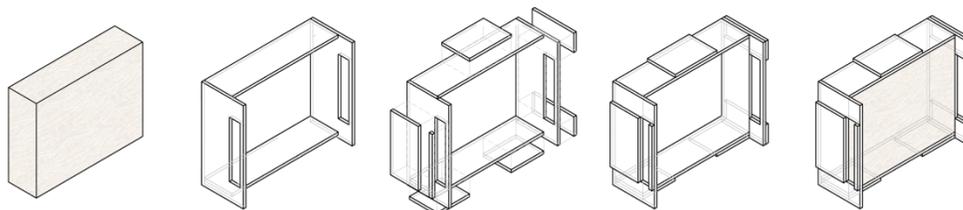
Nota. (Fuente propia)

4.4.1.2 MEP 2 (Módulo EcoPaja)

Este prototipo minimiza las dimensiones previamente establecidas en el primer prototipo MEP 1 (240 cm x 120 cm x 70 cm), transformándolo a un prototipo de menor dimensión de 80 cm x 30 cm x 60 cm con la oportunidad de configurarse verticalmente u horizontalmente por medio de encastrados, logrando diferentes escalas dependiendo de la necesidad espacial del proyecto.

La fabricación de este elemento comprende de cuatro momentos que va desde la compresión de la paja hasta la elaboración del marco de madera para el resultado final. (Figura 47).

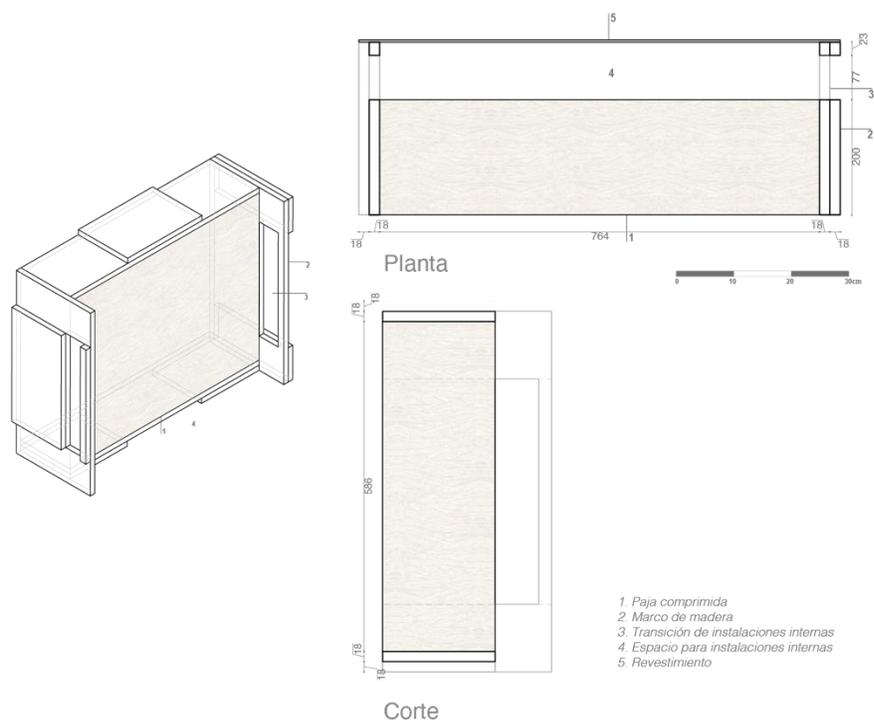
Figura 48 Ensamblaje módulo MEP 2



Nota. (Fuente propia)

Ensamblaje del módulo

Inicialmente comprimir la paja con las recomendaciones necesarias que se realizaron en el MEP 1, en este caso la prensa embaladora se ajusta a las medidas establecidas para el marco de madera del MEP 2. La fabricación del marco se realiza con tablas de madera dispuestas perimetralmente por el lado más angosto de la bala de paja a confinar, dos caras laterales se perforan para el paso de instalaciones. Después de ensamblar el marco, se instalan 4 piezas más de madera sobre las tablas, diseñadas para generar encastres que unirán un módulo con otro. Por último, insertar la paja en el marco asegurándose que se ajuste. Luego de configurar un muro con módulos, instalar redes internas y al finalizar el cartón como revestimiento interno y con una mezcla de cal-tierra como pañete en la superficie exterior del módulo. Durante el desarrollo del diseño de los módulos de paja, se concluyó que la mejor forma de modular esta pieza era por medio de encastres para que su instalación sea más sencilla dando solución a las problemáticas actuales de algunas técnicas prefabricadas y brindando otras posibilidades como un recinto en casos de emergencia para desarmar/armar o disponer de muros según las necesidades, conservando las medidas de 86.3 cm x 30 cm x 65.8 cm (Figura 48).

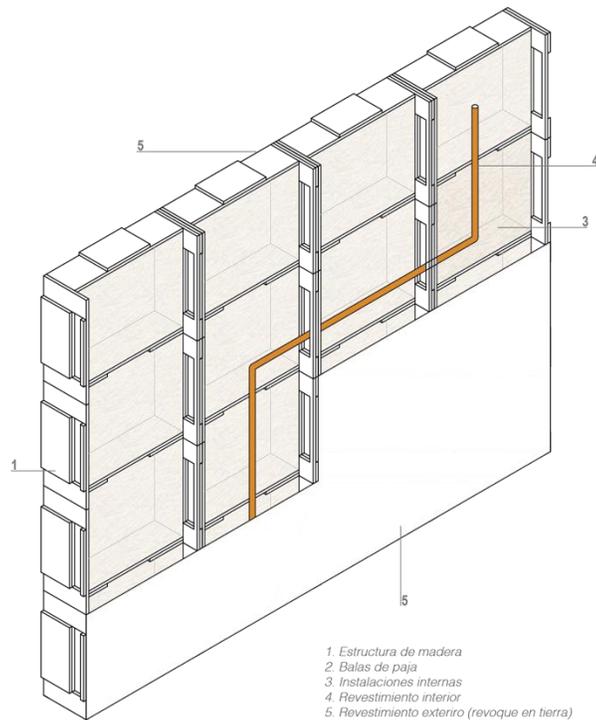
Figura 49 Módulo MEP 2

Nota. Dimensiones módulo MEP 2 (Fuente propia)

Conclusiones MEP 2

A partir del análisis previo y el diseño propuesto se concluye que este elemento constructivo modular soluciona algunas desventajas que presentan sistemas constructivos tradicionales y prefabricados, como la necesidad de no intervenir las balas de paja para llevar a cabo la instalación y fácil mantenimiento de instalaciones internas lo que a su vez favorece a la no afectación a la resistencia térmica del material, debido a que la cámara de instalaciones es ventilada. Este modelo presenta también la posibilidad de cambios futuros y ajustes en un diseño ya implantado pues su modulación, sus dimensiones, su forma de ensamblarse la configuración de muros y la creación de vanos, como también su rendimiento en tiempo de instalación y la reducción de mano de obra calificada (Figura 49).

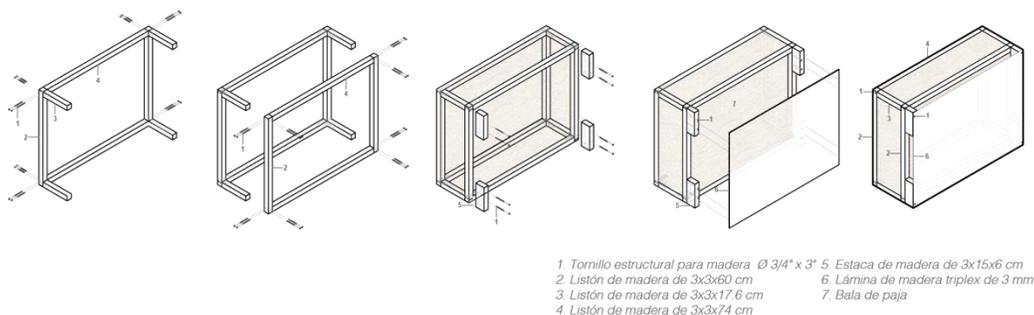
Figura 50 Configuración final con módulos MEP 2



Nota. (Fuente propia)

4.4.1.3 MEP 3 (Módulo EcoPaja)

Este prototipo es el resultado de la evolución de la solución constructiva. Mejorando en el módulo la morfología del marco de madera, volumen de compresión de la paja y tipo de revestimiento exterior e interior, manteniendo las mismas dimensiones del módulo del prototipo MEP2 (80 cm x 30 cm x 60 cm). De este modo se enfatiza especificaciones relacionadas a los detalles de ensamblaje del módulo, ensamblaje entre módulos y composición del módulo (Figura 50).

Figura 51 Ensamblaje módulo MEP 3

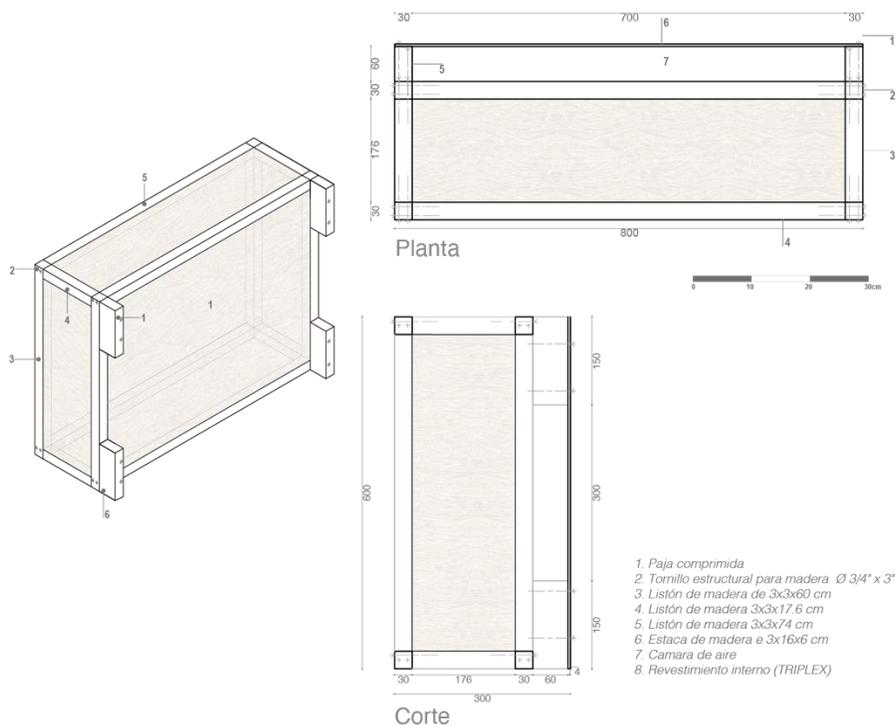
Nota. (Fuente propia)

Ensamblaje del módulo

Esta sección muestra los detalles de la configuración de un solo módulo, con un paso a paso que empieza con su marco y termina con el revestimiento final.

El MEP3 está construido con listones de madera con un grosor de 30 mm x 30 mm, creando un marco de 80 cm (ancho) x 30 cm (profundidad) x 60 cm (alto) donde las balas de paja comprimida son insertadas en él (Figura 51). El ensamble de dichos listones de madera se realiza por medio de tornillos para madera con diámetro de 3/4 x 3" incrustados en las intersecciones del marco. Una vez ensamblado el marco se inserta en la prensa junto a la paja para ser comprimida. Luego, cuatro estacas de madera de 3 cm (ancho) x 6 cm (profundidad) x 15 cm (alto) son ensambladas en cada esquina de la cara más amplia del marco para generar la cámara de aire, la cual permite la implementación de instalaciones eléctricas, hidráulicas e instalaciones que sean necesarias, así mismo la instalación del revestimiento interno.

Figura 52 Módulo MEP 3



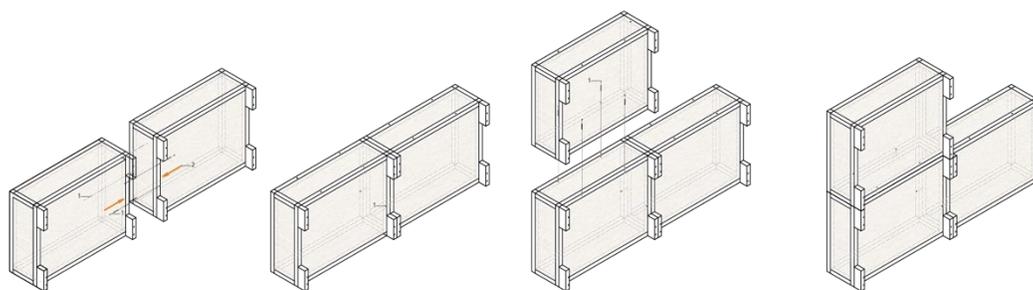
Nota. Dimensiones módulo MEP 3 (Fuente propia)

Ensamblaje entre módulos

El ensamblaje entre módulos es la unión los listones en sus caras laterales y superiores por medio de tornillos de diámetro de 3/4 x 2". Esto posibilita que se pueda realizar un montaje rápido y flexible como también desmontaje en caso de que sea necesario.

Es importante utilizar una prensa en "C" manual de apoyo al momento de atornillar dos módulos ya que al tener la paja comprimida dentro del marco esta tiende a rebotarse cuando es comprimida artesanalmente, lo que impide juntar listón con listón. (Figura 52/53)

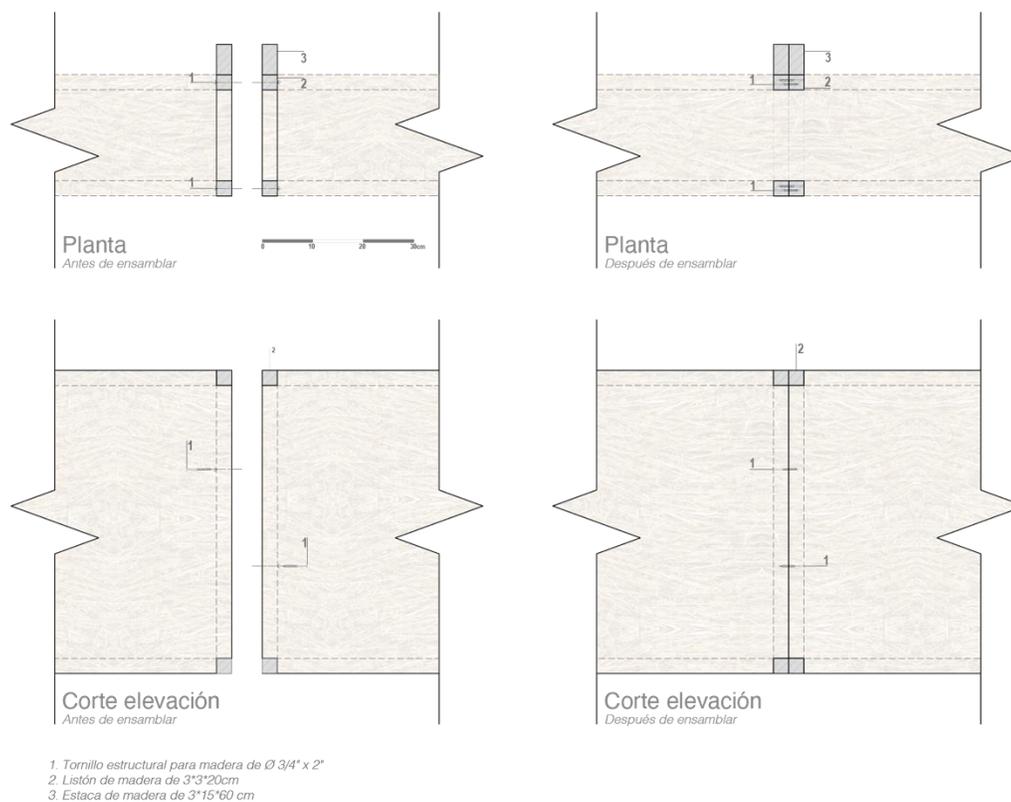
Figura 53 Ensamblaje entre módulos MEP 3



1. Tornillo estructural para madera Ø 3/4" x 2"
2. Prensa en "C" manual

Nota. (Fuente propia)

Figura 54 Plano entre ensamblajes de módulos MEP 3

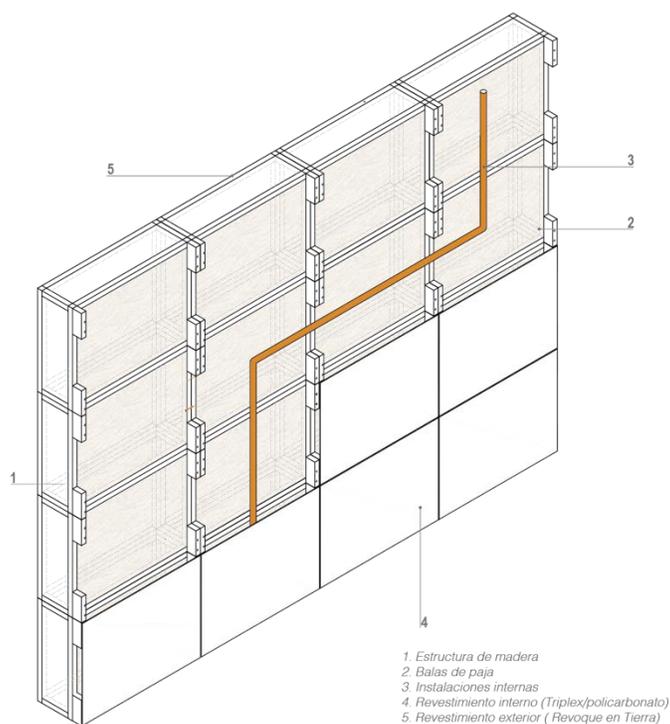


Nota. (Fuente propia)

El apilamiento vertical y horizontal de los módulos ofrece la oportunidad de crear muros divisorios dependiendo del diseño del proyecto arquitectónico. De este modo, las dimensiones y versatilidad del módulo hacen fácil que se pueda adaptar a diferentes soluciones espaciales.

Una vez estén configurados los módulos, el resultado final además de ser un elemento divisorio aislante, incluye un espacio para instalaciones revestido modularmente para un fácil mantenimiento. Adicionalmente la evolución de los marcos de madera que confinan la paja se redujo a simplemente listones no solo por mejorar condiciones térmicas del MEP 2 reduciendo los puentes térmicos, sino también para simplificar la unión entre módulos y posibles ensambles entre sistemas constructivos al que esta solución constructiva se quiera adaptar. (Figura 54)

Figura 55 Configuración final con módulos MEP 3

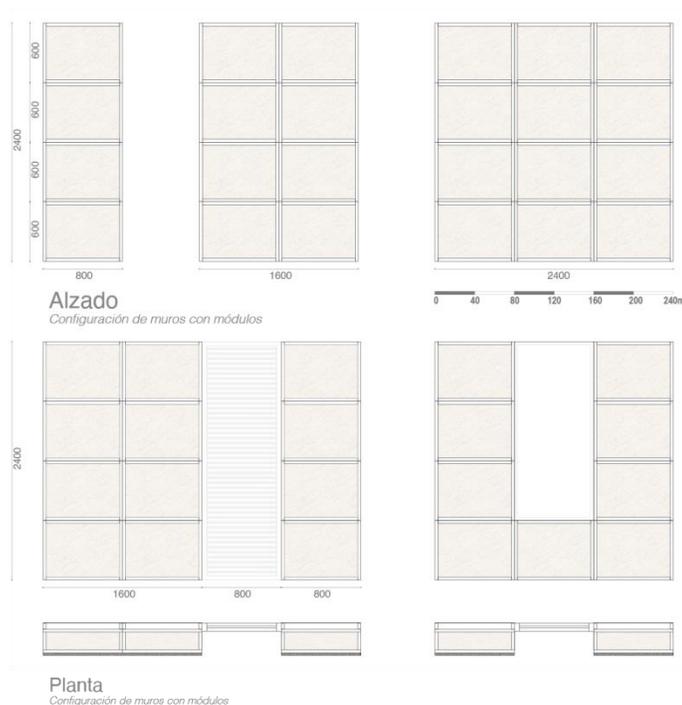


Nota. (Fuente propia)

La configuración de muros a partir del MEP 3 presenta diferentes posibilidades respecto a la altura de estos, ya que el apilamiento de los módulos a partir de múltiplos de 60 puede llegar a tener entre 2,40 m a 3 m, medidas estándares en muros divisorios. Cabe destacar que este apilamiento no es apto para superar, ni soportar más de dos niveles en una edificación.

Por otro lado, los vanos en un muro de estos pueden hacer parte bien sea de piso a techo o una sección del muro. Por ejemplo, de un muro de cuatro módulos dejando dos o tres vacíos horizontal o verticalmente para ese fin, mientras que los módulos de su alrededor enviarán las fuerzas al resto del muro confinado, igualmente es importante hacer uso de un marco apropiado para la instalación de vanos. (Figura 55)

Figura 56 Configuración para vanos con módulos MEP 3



Nota. (Fuente propia)

Composición del módulo

La selección de materiales se basa en diferentes aspectos. Inicialmente materiales que consumen una baja cantidad de energía durante su ciclo de vida, con el objetivo de reducir el consumo de energía, emisiones y costo de transporte, por otro lado, materiales para el ensamblaje del módulo. A continuación, en la tabla 2 se presenta una recopilación acerca de las características y/o especificaciones técnicas de los materiales usados en el módulo:

Tabla 2 Materiales Específicos De Módulo

Materiales MEP	
Material	Ficha Técnica
<p>Paja</p> 	<p>Tipo: Subproducto del arroz Origen: Local Usos: cama para animales, alimento para rumiantes, bioconstrucción, entre otros. Color: Amarillo/Beige/Marrón Formato: Balas de paja Dimensiones comerciales: No aplica Dimensiones MEP: 60 x 80 x 23,6 cm Peso: 11.32 kg Densidad: 100kg/m³ Valor U: 0.060 w/mK</p>
<p>Tierra</p> 	<p>Tipo: Arcillosa Origen: Local Usos: Bioconstrucción, producción industrial cerámica y gres. Color: Amarillo/Naranja/Marrón Formato: Revoque Dimensiones comerciales: No aplica Dimensiones MEP: 60 x 80 x 2,5 cm Peso: 15kg Densidad: 1330 kg/m³ Valor U: 0.80 w/mK</p>

Triplex	<p>Tipo: Pino radiata Origen: Nacional Usos: Carpintería, construcción Color: Amarillo/Beige Formato: Lamina Dimensiones comerciales: 122 x 244 cm Dimensiones MEP: 60 x 80 cm Espesor: 4mm Densidad: 480-550 kg/m³ Valor U: 0,29 – 0,13 w/mK</p>
	
Liston de Madera	<p>Listón bastidor 3 x 3 cm 2,5 metros cedro blanco Dimensiones comerciales: 3 x 3cm x 2,5m Dimensiones módulo: 3 x 3cm Listón resistente, fácil de usar y liviano. Uso: Complemento de bastidor de puertas o cuadros. Producto ecológico: Si, su procedencia es lo mas cercano a la obra, impermeables al agua, permeables al vapor, conductores, no alteran el campo magnético natural son fácilmente recuperados, reciclados o reutilizados en otras aplicaciones. Origen: Nacional Color: Natural</p>
	
Tornillos de diámetro de 3/4" x 3"	<p>Tipo de tornillo: Auto portante Forma de la cabeza: Plana Sistema de apriete: Estrella Unidades por pack: 500 Largo: 76mm Diámetro: 4mm</p>
	

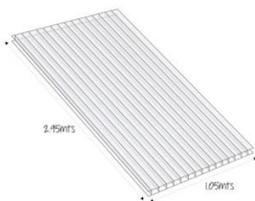
Policarbonato


Gráfico: Lámina alveolar 4mm 2.95x1.05mt Cristal.

Ficha Técnica:

Espesor: 4mm

Garantía: 10 años

Resistencia: Alta resistencia al impacto y el fuego. Con resistencia y capacidad para curvar. 16 veces mas liviano que el vidrio.

Termoacústica: Ayuda a aislar la temperatura

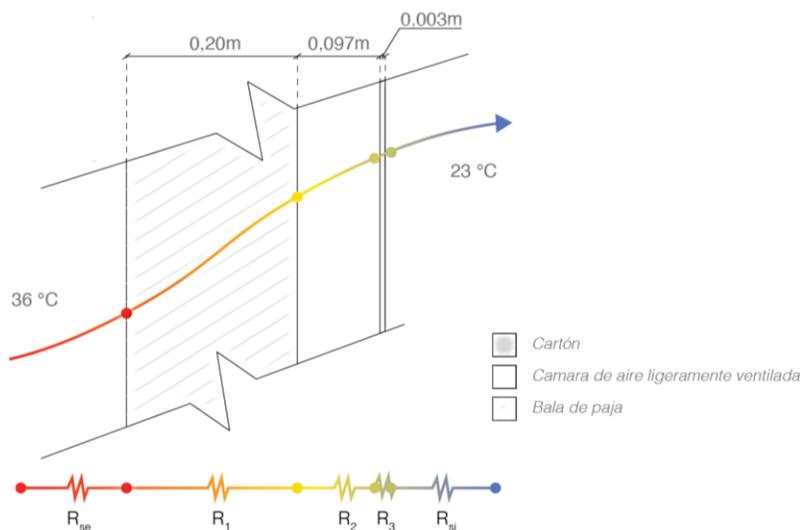
Uso: Ideal para interiores

Características: Lámina alveolar de policarbonato celular provista de protección contra rayos UV en su cara exterior, fácil de manipular e instalar. Ofrece un buen aislamiento térmico, una gran rigidez estructural y peso ligero. No se amarilla ni se cristaliza.

4.4.2 Validación de la solución constructiva.

4.4.2.1 Análisis de transmitancia térmica (valor U)

El diagrama de transmitancia térmica se analiza en el MEP 2 a partir de la sección representada (Figura 44), este se compone de tres momentos que relacionan las dimensiones de diseño (ancho) ya que el espesor en cada capa del módulo propuesto versus las propiedades como la conductividad térmica del material tiene un impacto directo en la resistencia térmica y por tanto en la disminución de temperatura, pasando de 36 °C en el exterior a la temperatura media de confort de 23 °C en el interior. Modificando las dimensiones (ancho) e incluyendo una cámara de aire ligeramente ventilada dentro de la sección del módulo, se logra un conjunto de variables a partir del diseño arquitectónico que permiten retrasar la transferencia de calor por conducción (Díaz Fuentes, Pérez Rojas, & Mancilla Grimaldo, 2020).

Figura 57 Diagrama de transmitancia térmica en MEP 2

Para determinar la incidencia del diseño arquitectónico a partir de la transmitancia térmica o valor U , se inició analizando e identificando las propiedades térmicas de los materiales y el entorno cerca del módulo, seguido del cálculo que expresa la Ecuación (Figura).

$$U = 1/R_t$$

Donde, U es la transmitancia térmica. R_t es la resistencia térmica total del módulo, el cual se calcula por la siguiente ecuación.

$$R_t = R_{se} + R_1 + R_2 + R_{si}$$

R_{se} y R_{si} son las resistencias térmicas de las superficies exterior de $0.2 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ y la superficie interior de $0.04 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ (Colmenares Uribe, Sanchez Molina, & Díaz Fuentes, 2019). R_1 , R_2 y R_3 hacen referencia a la resistencia de los materiales que compone el MEP 2: la bala de paja, cámara de aire ligeramente ventilada y el cartón respectivamente, los cuales se obtienen del resultado de la ecuación (3).

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Donde, R es la resistencia térmica de cada material; e es el espesor del material (m) y λ es la conductividad térmica según el material ($W/K \cdot m$). Se toman los valores de la Tabla 4, teniendo en cuenta dos variables: la conductividad del aire en condiciones regulares es diferente al estar dentro de una cámara de aire ligeramente ventilada (Ministerio de Transporte (España), 2020) y según la densidad/espesor de la bala de paja varia su conductividad. (Minke & Mahlke, 2006).

Tabla 3 Materiales que componen el MEP 2 y características físico-térmicas

Material	Espesor (m)	Conductividad λ (W/mK)
Bala de paja	0.200	0.024
Cámara de aire ligeramente ventilada	0.097	0.075
Cartón	0.003	0.065

Sustituyendo los valores respectivamente de la ecuación (3), ecuación (2) y ecuación (1), se obtiene como Valor $U = 0,01142 W/m^2 \cdot K$. Los resultados obtenidos en las ecuaciones son el resultado del diseño del MEP 2. Donde el valor U (Transmitancia térmica) es bajo comparado a algunas soluciones constructivas en paja y se muestra competitivo frente a otras que son prefabricadas, dando el ejemplo que el MEP 2 siendo un módulo artesanal sigue conservando características térmicas y logrando estándares internacionales de Passivhaus para el confort térmico de una edificación que oscila entre 0.15 y $0.3 W/m^2K$ (Fenercom, 2011).

Tabla 4 Comparación de valores U en soluciones constructivas en paja

Material	U (W/m^2K)
ModCell	0.190
MEP 2	0.1142
Ecococon	0.11
Isopaille	0.11

4.4.2.2 Análisis de distribución de temperatura y flujos de calor

Se realizó análisis térmicos por medio del software ANSYS R16, con el objetivo de validar si la configuración de una cámara de aire es contraproducente o beneficia la distribución de temperatura y flujo de calor del módulo, y así contemplar la incidencia del diseño en la eficiencia energética del elemento. De esta forma, se analiza la transmisión térmica de tres variables del MEP 2 con el fin de comparar sus niveles de eficiencia (Tabla 5). El MEP 2 (A) muestra el primer diseño, que es un patrón básico de este módulo. En consecuencia, las variaciones se dan en los modelos MEP 2 (B) y MEP 3 (C), que cuentan con una cámara de aire que separa la bala de paja del revestimiento exterior, generando también un espacio para la instalación de redes internas donde el MEP 2 (B) permite ventilación natural a esta cámara de aire, mientras el MEP 2 (C) mantiene este espacio totalmente hermético.

Tabla 5 . Variables de diseño del MEP 2

Variables de diseño del MEP 2		
MEP 2 (A)	MEP 2 (B)	MEP 2 (C)
		

La validación térmica por transferencia de calor y flujos de calor describe el comportamiento energético a nivel de temperaturas utilizando el método de elementos finitos en el software ANSYS R16 (Bai, Du, Xu, & Qin, 2017). Para la realización de las simulaciones se suministraron datos de los materiales tales como la conductividad térmica para la madera, la paja el aire confinado y el cartón (Bustamante Crespo, y otros, 2018) (Goodhew & Griffiths, 2005) (Cengel & Ghajar, 2007) (Gutierrez & González, 2012). Adicionalmente se emplearon los datos

del entorno específico como la temperatura máxima promedio, radiación solar máxima promedio, periodo de tiempo y la velocidad promedio del viento del entorno específico de la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander (Table 6).

Tabla 6 Datos para validación térmica: distribución de temperatura y flujos de calor

Datos para validación térmica: distribución de temperatura y flujos de calor

Materiales	Ambiente
k Madera = 0.115 W/mK	Max T°. promedio = 33°C
k Paja = 0.067 W/mK	Max radiación solar promedio = 796.8 Wh.m ²
k Aire confinado = 0.026 W/mK	
k Revestimiento interno = 0.065 W/mK	t = 12:00 - 13:00
	Q _{solar} = 796.8 Wm ²
	Velocidad de viento promedio = 4 m/s

Adicionalmente, se tienen en cuenta otros valores para la convección del aire. En la cara frontal se aplica el coeficiente de transferencia de calor por convección según las condiciones del entorno de la ciudad de Cúcuta, el flujo de calor por radiación y en la cara trasera se aplica las condiciones interiores de convección natural Tabla 7.

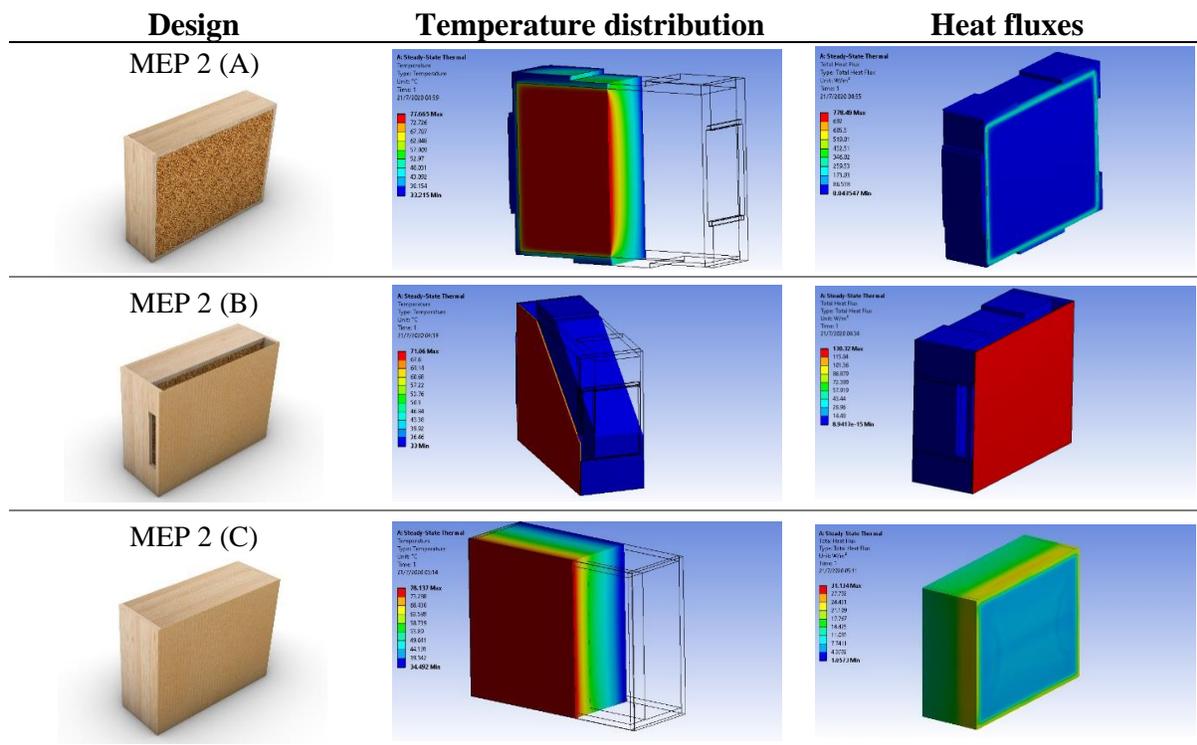
Tabla 7 Datos adicionales para validación térmica: distribución de temperatura y flujos de calor

Datos adicionales para validación térmica: distribución de temperatura y flujos de calor

Condición del entorno	Valores
Convección natural	5 Wm ² .°C (W/m ² K)
Flujo de calor	796,8Wm ²
Convección por radiación	25,903 Wm ² .°C (W/m ² K)

La distribución de temperatura muestra los valores de las temperaturas desde la superficie exterior hacia la superficie interior en cada uno de los 3 prototipos. Por un lado, los flujos de calor indican la distribución de la energía de acuerdo a la forma y el material de cada uno de los elementos que configuran los módulos. Por otra parte, las validaciones térmicas por flujos de calor indican los puntos específicos donde se distribuye la energía, posibilitando la comprensión de cómo actúa el calor según la forma y el material, configurando puntos de concentración o disipación de energía (Tabla 8).

Tabla 8 Validación térmica por distribución de temperatura y flujos de calor en prototipos de MEP 2



De acuerdo a los datos registrados en la tabla Validación térmica por distribución de temperatura y flujos de calor en los Módulos se evidencia una variación en la temperatura de la superficie interior de los productos MEP 2 (B) con cámara de aire abierta y MEP 2 (C) con cámara de aire cerrada, respecto al módulo básico MEP 2 (A) sin cámara de aire. Asimismo, las imágenes de flujos de calor constatan la influencia de la forma, la geometría y el material como factor determinante para la concentración de la energía, principalmente en el panel de cartón que delimita la cámara ventilada correspondiente al MEP 2 (B).

Los flujos de calor representan la forma en la que se distribuye la energía, de esta manera, es posible identificar cuáles son los puntos con mayor y menor concentración de calor. De acuerdo a la tabla 5, los valores máximos de concentración de energía se encuentran en la lámina de cartón que configura la cámara ventilada de MEP 2 (B) aumentando en un 89% comparado con valores registrados a la distribución de la energía térmica para el módulo MEP 2 (C).

A simple vista, los valores de distribución de energía apuntan a que la propuesta MEP 2 (C) puede acumular la energía en la lámina de cartón de manera uniforme y en mayor concentración. Sin embargo, si se analiza la información detenidamente, se observa en las imágenes de flujos de calor que MEP 2 (B) logra disipar la transferencia de energía al interior, gracias a la cámara de aire ventilada la cual funciona como una barrera aislante, impidiendo el contacto directo del calor a la bala de paja (Tabla 9).

Tabla 9 Validación térmica por transferencia de calor y flujos de calor.

Material: Madera, Cartón, Paja				
Diseño	Transferencia de calor (°C)		Flujo de calor (Wh/m ²)	
	Ext.	Int.	Max.	Min.
MEP 1	77.66	33.21	778.49	0.04
MEP 2	71.06	33.00	130.32	8.94
MEP 3	78.13	34.49	31.13	1.05

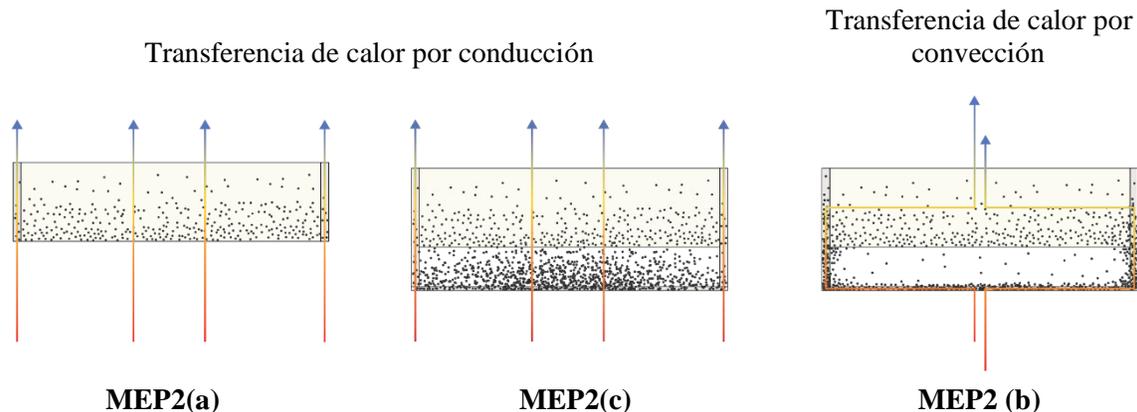
La temperatura exterior de MEP1 registra 77°C mientras que MEP2 disminuye este valor en 6,6°C, es decir, que la superficie exterior

de cartón y cámara ventilada se calienta menos aun cuando su concentración de energía sea mayor. No obstante, los valores de la temperatura del MEP 2 (C) no fueron positivos mostrando la temperatura más alta tanto en el exterior como en el interior, ya que la cámara de aire confinado actúa como si se tratara de un cuerpo sólido que se convierte en puente térmico y facilita la conducción de calor al interior. De modo que se tienen como productos a favor a MEP 2 (A) y MEP 2 (B) encontrándose significativamente la mejor ventaja en MEP 2 (B) al presentar la temperatura interior más baja 33°C y al contar con la cámara ventilada que trae valor agregado al diseño constructivo, por su posibilidad de emplear ese espacio para instalaciones eléctricas, hidráulicas, de mantenimiento y/o reparación, entre otras funciones. Por presentar el mayor valor de temperatura en la superficie interior 34 °C se descarta al MEP 2 (C) de cualquier consideración futura para desarrollar como solución constructiva en la configuración de muros de un recinto.

De acuerdo al beneficio térmico por distribución de calor y flujos de calor, la primera estrategia es la forma, geometrías que incluyen la cámara de aire como espacio para resolver el problema de las instalaciones en los muros convencionales. La ventaja de la cámara de aire radica en la generación de un espacio de dilatación que retarda la distribución de calor indirecta desde el exterior hacia el interior del elemento y que adicionalmente puede ser empleada para elementos funcionales del muro. A continuación, compararemos la sección de la geometría de MEP 2 (A), MEP 2 (B) y MEP 2 (C) (Figura 46).

La cámara de aire junto a la envolvente interior actúa reprimiendo y/o aislando más el calor.

Figura 58 Beneficio térmico por distribución de calor y flujos de calor



4.4.3 Aplicación de la solución constructiva en un equipamiento arquitectónico

4.4.3.1 Implantación

El proyecto está ubicado en Puerto Santander, municipio localizado en la parte nororiental de Colombia y fronterizo con el municipio García de Hevia de Venezuela el cual se conecta por medio del puente internacional la Unión. Su población es aproximadamente de 10.757 personas. (DANE, Población, 2018)

Puerto Santander fue fundado en 1926 y reconocido como municipio en 1993. Caracterizado por ser un municipio en el que predomina el comercio informal, pero también por su fuerza económica en el sector agrícola, pecuaria y minera. En la agricultura, el arroz es la mayor producción, seguido del plátano, cacao, ajonjolí, maíz, yuca y sorgo, generando por grandes cantidades la paja como subproducto agrícola. La actividad pecuaria, está enfocada en la pesca, bovinos y aves de corral. Respecto a la minería, la extracción de barro, arena de río y centro de acopio de carbón.

El lugar del equipamiento se encuentra en el corazón del municipio, situado por los alrededores de la vía que conduce al estadio de Puerto Santander y conecta con la Ruta Nacional

55, la cual comunica el municipio con el Puente Internacional La Unión con Venezuela, la Ciudad de Cúcuta y el interior del país. Relacionado al lote, se caracteriza por ser una superficie plana, rodeado de vegetación y situado en la parte noroccidental del estadio y próximo al río Zulia (Figura 59).

Figura 59 Plano ubicación general

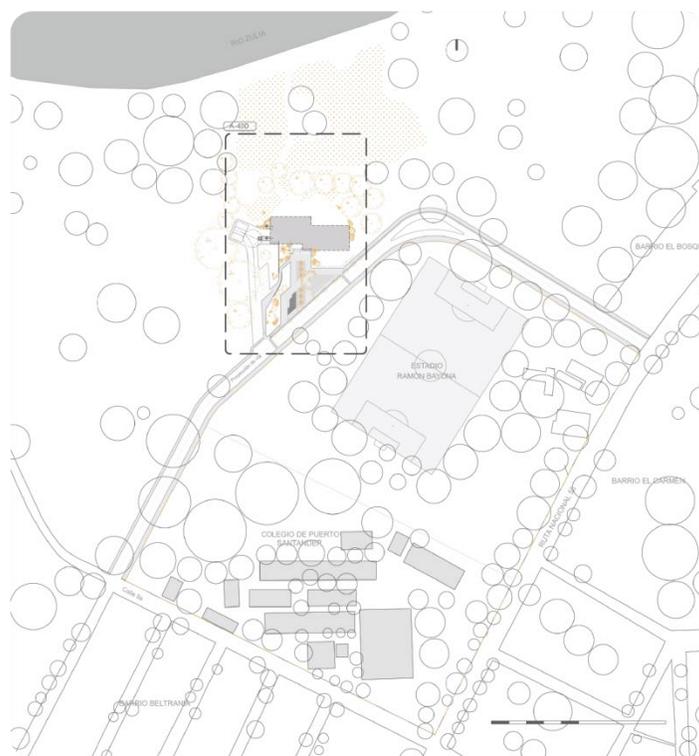


Nota. En la imagen se observa la ubicación del equipamiento en el municipio de Puerto Santander (Fuente propia).

De este modo, se implanta el proyecto entre los barrios Beltrania y El Bosque, consolidando una zona de carácter institucional con fines culturales y educativos al estar próximo al único colegio de Puerto Santander y a la cancha de fútbol que se proyecta desde ya como el estadio “Ramón Bayona” de dicho municipio. Brindándole a la comunidad un nodo central de fácil

acceso relacionado a la existente trama urbana mediante la proyección de la vía que conduce a la cancha hasta la intersección con la calle 9A del barrio Beltrania , como también a mitigar la perspectiva de inseguridad que los habitantes expresan de esta zona (Figura 60).

Figura 60 Plano ubicación implantación



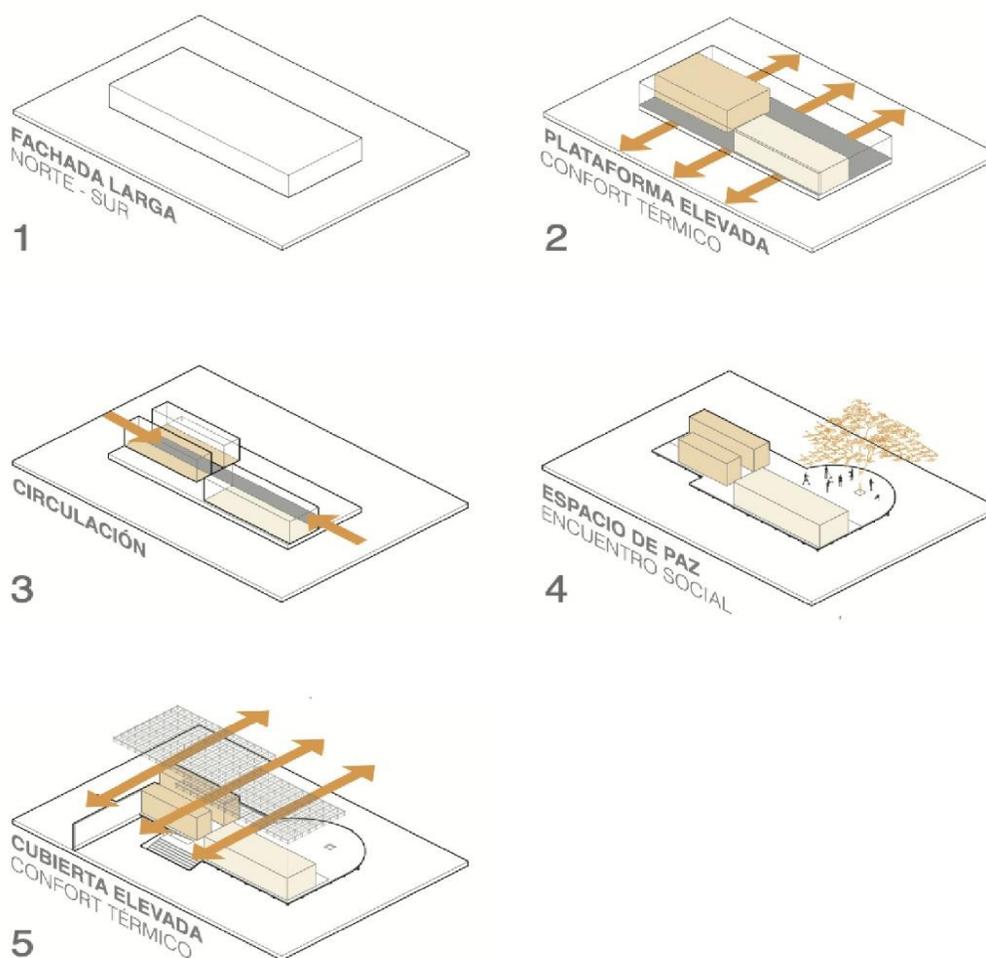
Nota. En la imagen se observa la ubicación del equipamiento en una escala donde se percibe el equipamiento institucional que lo rodea (Fuente propia).

4.4.3.2 Concepto de diseño

El proyecto aborda problemas asociados a la falta de espacio público e institucional bajo la premisa de entender el equipamiento como una manera de recomponer y fortalecer lazos de la población Porteña. De esta forma el refugio asimiló los aportes realizados por la comunidad en un proceso participativo haciendo parte a su vez el campo y sus hermosos paisajes.

La configuración parte de la abstracción del concepto de espacios de paz, donde dos volúmenes representan dos partes del pueblo: el primero tiene la esperanza en el progreso de su municipio, y el segundo está en conflicto o no siente identidad por el mismo, tejiendo entre ellos lazos por medio de una plataforma y un eje central que terminan en el encuentro de la terraza de paz, bajo la sombra de un gran árbol que cobija a ambas partes invitando a descubrir en comunidad cosas en comunes como el cobijo y el confort que la vegetación provee en su caluroso municipio, rescatando valores que se han perdido (Figura 59).

Figura 61 Concepto arquitectónico



Fuente: Elaboración Propia

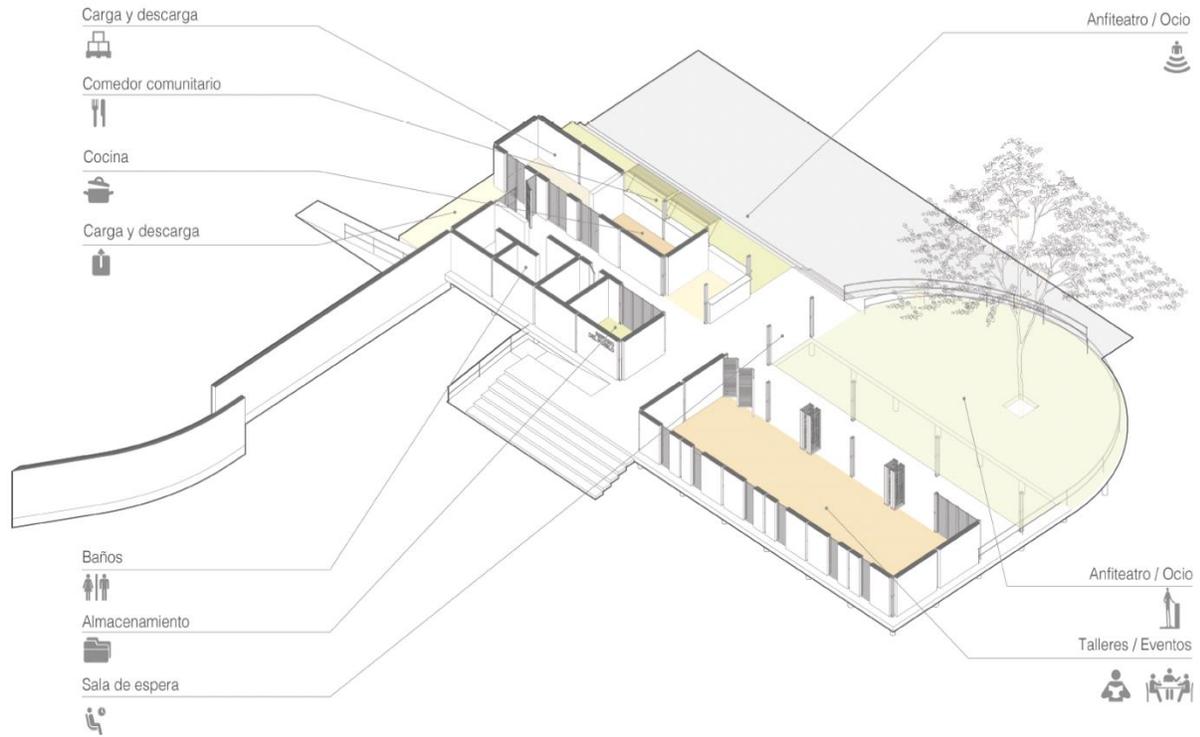
4.4.3.3 Programa arquitectónico

El área del lote seleccionado posee 1,47 hectáreas (14.748 m² aprox.) el cual abarca como construido solo el 8% (1.126 m²), este comprende un programa con diferentes áreas comunes otorgando espacios de integración a la comunidad. En la parte sur se encuentra una plaza que funciona como recibidor antes del equipamiento puntual para ceder espacio público al sector. Un muro de tapia pisada está localizado en la parte noroccidental y adyacente al ingreso para aislar visualmente la zona de parqueadero, cargas y descargas, resaltando la estética visual de esta materia prima y su uso como material sostenible. Seguido, del equipamiento en la parte central y en la parte norte los cultivos de arroz que se encuentran en la orilla del río Zulia.

El equipamiento puntual está ubicado respecto al Norte, horizontalmente de Este a Oeste en el centro del lote, donde se ingresa por la parte sur. Las caras más largas del volumen están ubicadas de Norte a Sur para evadir la radiación directa del sol. El programa abarca en el volumen oeste un espacio para la administración del lugar y al frente la recepción del mismo; seguido de baños para hombres, mujeres y accesibilidad universal; además de contar con una cocina para posibles programas de comedores comunales y/o cafetería para eventos especiales y un comedor con vista a los cultivos; por otro lado, en este mismo volumen se cuenta con un área de carga y descarga, junto a un espacio de almacenamiento para implementos necesarios.

El volumen Este cuenta con una terraza al aire libre para el descanso o actividades complementarias que precede el espacio de talleres de capacitaciones y/o tareas multipropósito. Las zonas en común localizadas en el Norte del equipamiento cuenta con una gradería como anfiteatro para llevar a cabo presentaciones o reuniones de gran asistencia, la cual finaliza con campos de cultivos donde se pueden realizar talleres prácticos que incentiven al ejercicio de la actividad agrícola de Puerto Santander (Figura 60)

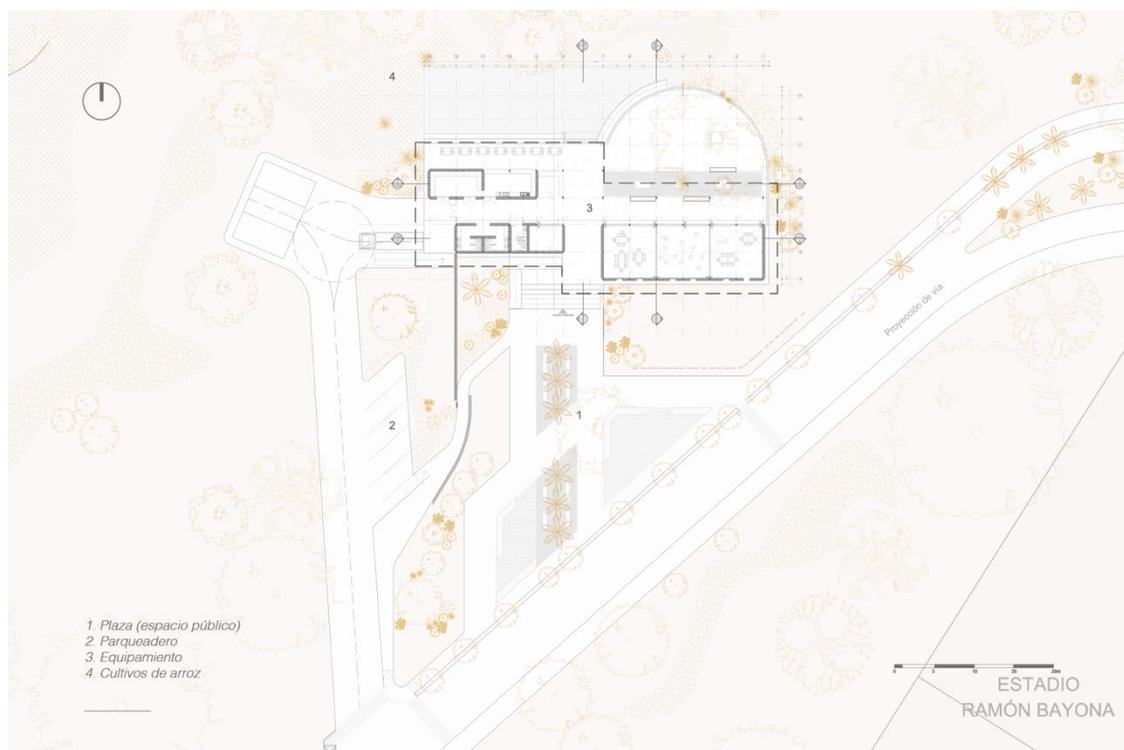
Figura 62 Programa arquitectónico isométrico



Fuente: Elaboración Propia

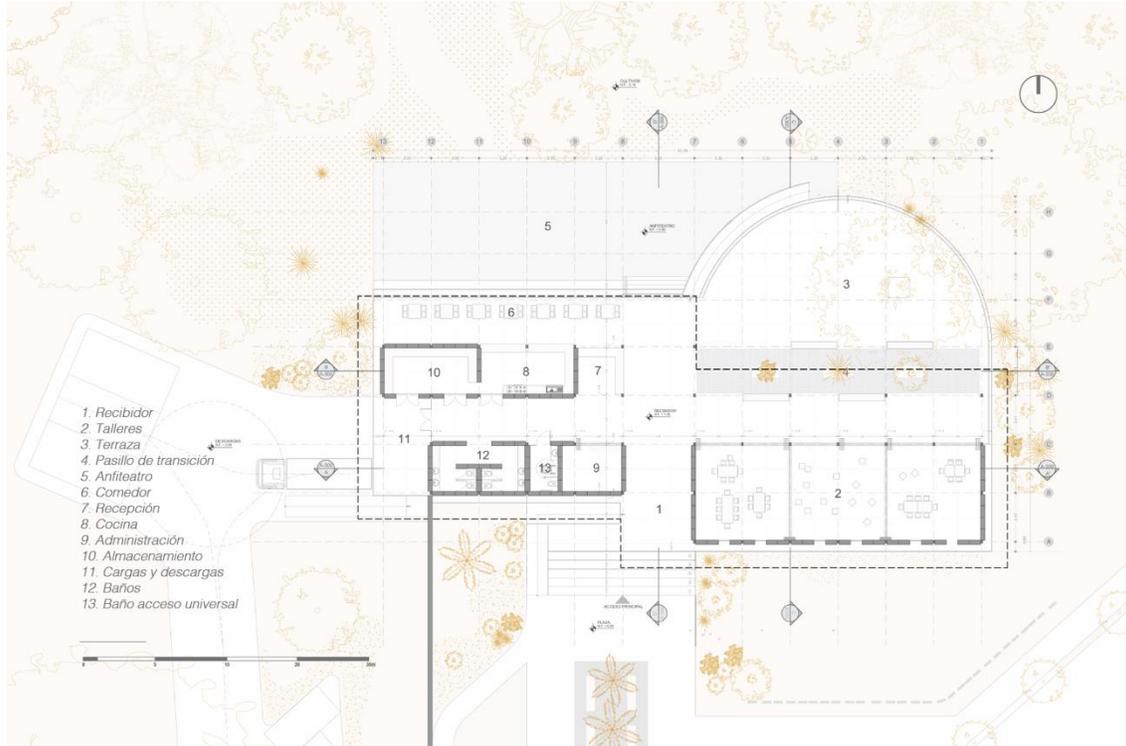
4.4.3.4 Planimetría

Figura 63 Plano implantación



Nota. Fuente propia

Figura 64 Planta general



Fachadas

Figura 65 Fachada norte

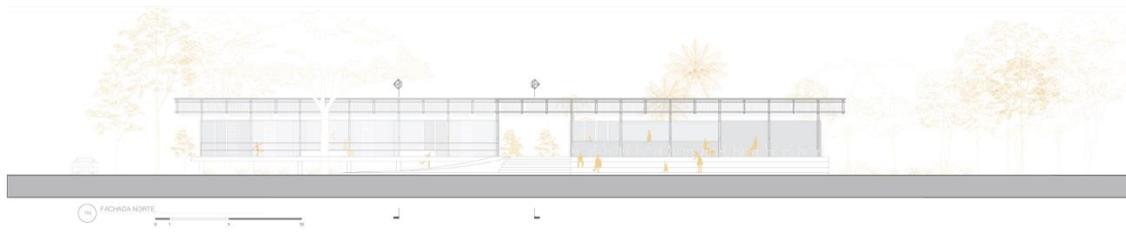


Figura 66 Fachada sur

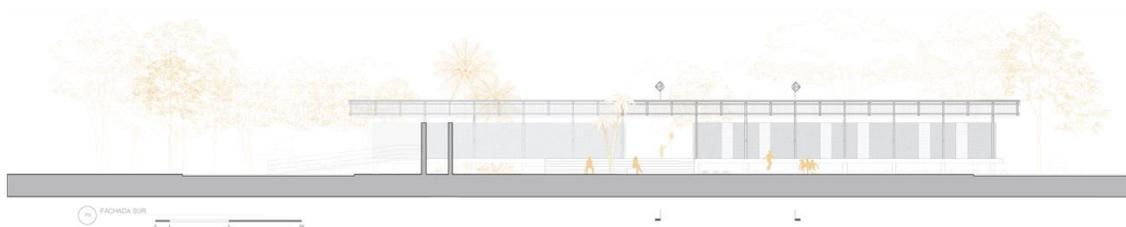
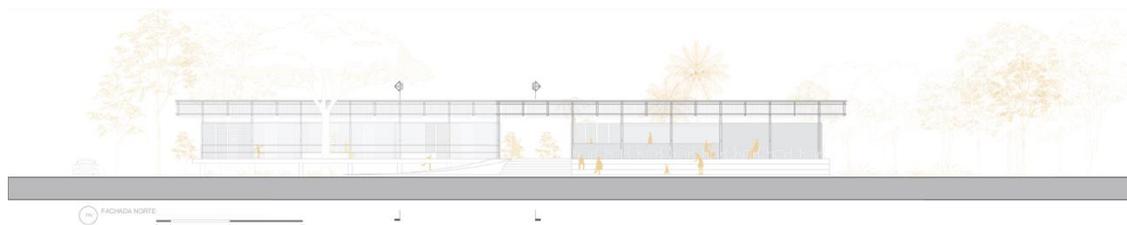
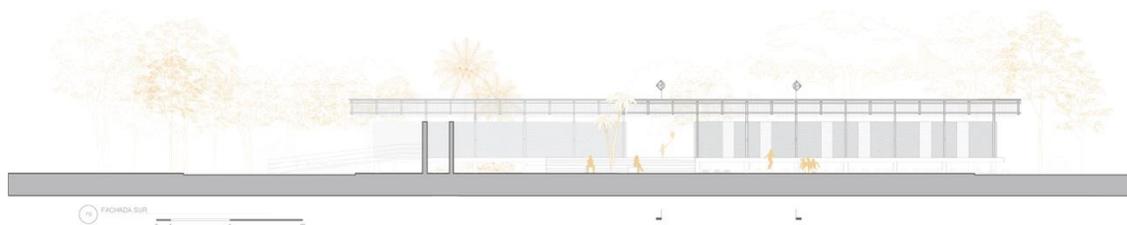
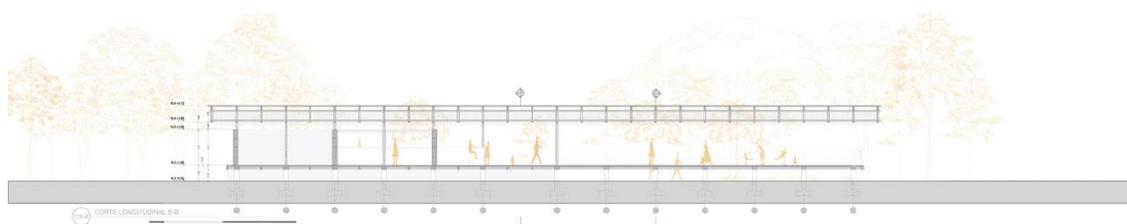


Figura 67 Fachada este**Figura 68** Fachada oeste**Cortes****Figura 69** Corte A - A'**Figura 70** Corte B - B'**Figura 71** Corte C - C'

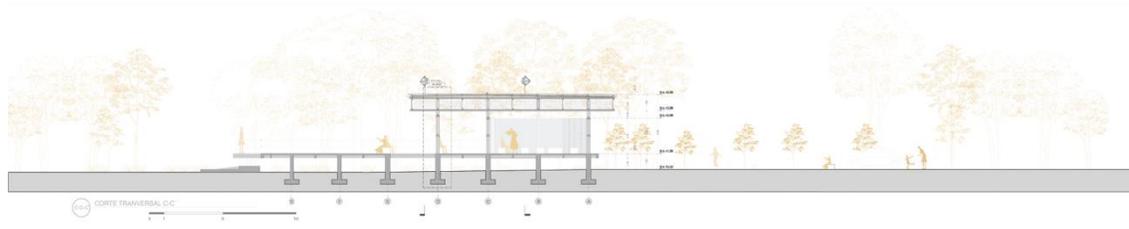
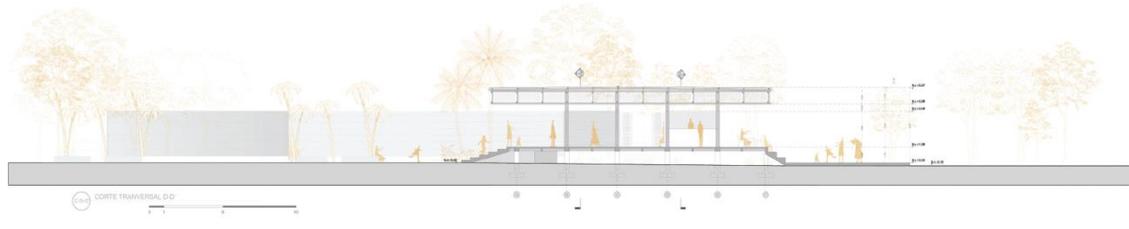


Figura 72 Corte D - D'



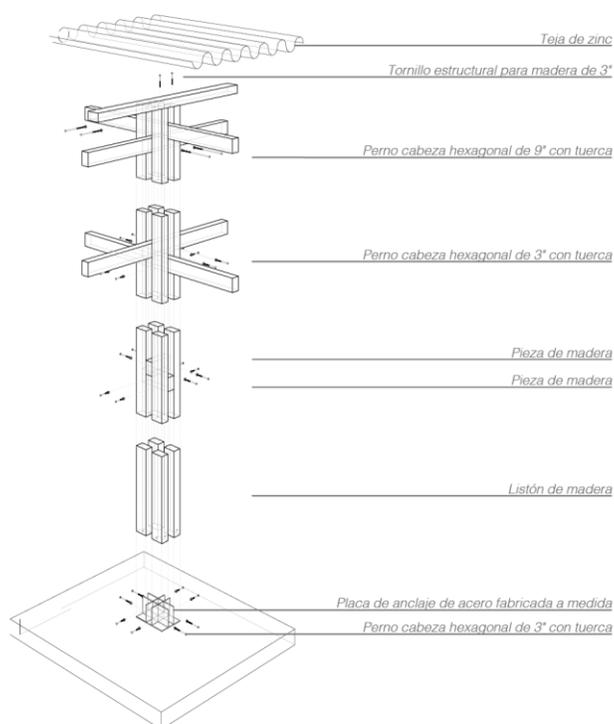
Detalles constructivos

El “Refugio del Pueblo” se proyecta aproximadamente un metro de alto respecto al nivel cero del terreno con el fin de elevar el programa arquitectónico y proteger los muros de paja ya que, este material según sus características debe conservarse en un estado seco con una humedad controlada, pues existe una proximidad al río y riego de cultivos de arroz. Esta afección de humedad a la edificación que en un momento pudo ser una desventaja, se convirtió en una ventaja, al decidir elevar la plataforma de concreto en pilotes, bioclimáticamente tiene un efecto positivo permitiendo el paso de vientos, evitando la radiación que recibe el terreno en su nivel cero (Figura 71).

Figura 73 Isométrico explotado equipamiento

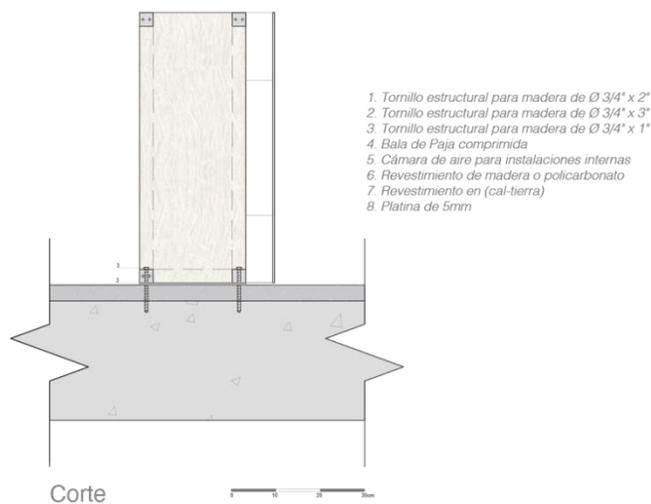
Dicha plataforma esta construida como un placa aligerada que recibe las columnas en madera mediante platinas de acero y anclajes que sirven como empalme entre un material y el otro. Las columnas están compuestas de cuatro listones con refuerzos en el medio distribuidos a lo largo de ella y a partir de estas se resuelve el sistema constructivo en madera el cual se complementa con la solución constructiva de los módulos de paja. La cubierta es soportada por las columnas en madera siguiendo el principio de columnas compuestas para articularse entre si, de esta forma la estructura de la cubierta se convierte en una grilla de madera donde descansa una teja de zinc y se adosa un colchón de paja que sirve de aislante térmico, además de cumplir un fin estético como atributo a los cultivos de arroz que producen paja en la zona (Figura 72).

Figura 74 Detalle constructivo columna/cubierta

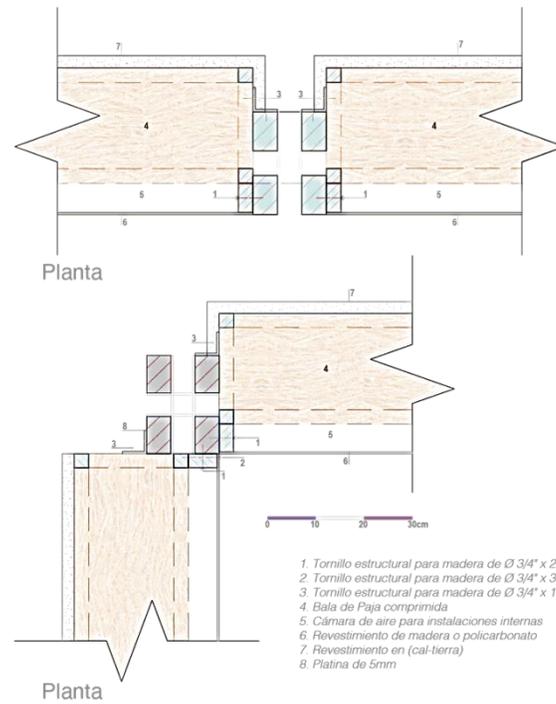


Por otro lado, los módulos de paja se unen al concreto de la losa del piso por medio de platinas y anclajes metálicos por medio de los listones de la cara más larga de la estructura de madera fijando el inicio de la configuración de un muro (Figura 73).

Figura 75 Detalle constructivo anclaje módulo/piso



Por último, la unión entre las columnas y los módulos de paja se realizan mediante platinas metálicas en “L” como lo muestra la imagen, que con tornillos estructurales se amarran a la estructura del módulo, esta misma función se repite para las uniones en esquinas (Figura 74).

Figura 76 Detalle constructivo módulo/columna

4.4.3.5 Imágenes 3D

Figura 77 Fachada frontal

Figura 78 Fachada



Figura 79 Comedor/Anfiteatro

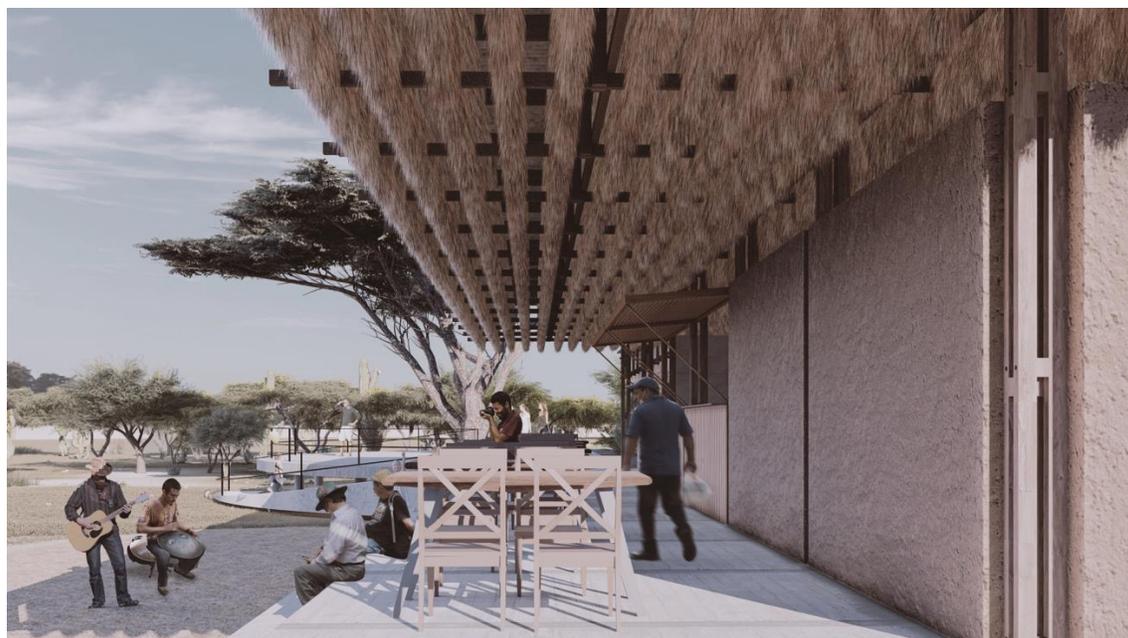


Figura 80 Zona de descargas



Figura 81 Talleres



Figura 82 Pasillo de circulación de talleres a terraza



Figura 83 Fachada posterior



Figura 84 Anfiteatro



Figura 85 Fachada posterior desde el río



Conclusiones

A lo largo del proyecto se muestra que la paja como material en la construcción tiene mucho potencial. Inicialmente por ser un recurso renovable, reutilizable y biodegradable, consigo presenta una vida verde con una baja huella de carbono comparado a otros materiales de la construcción, además sus atributos térmicos hacen que sea un material atractivo para emplearlo en climas extremos, bien sean fríos o cálidos.

Se concluye que posteriormente al estudio de la investigación, la paja puede ser usada fácilmente en la ruralidad del Área Metropolitana de Cúcuta, especialmente en Puerto Santander o en zonas donde exista presencia de cultivos de arroz y aprovechar este recurso alternativo en proyectos habitacionales sostenibles de bajo costo.

En términos generales, el Modulo Eco Paja (MEP) se caracteriza por ser una solución de fácil armado y recursiva, que sirve para la configuración de muros divisorios con propiedades térmicas, sin necesidad de mano de obra calificada en su instalación; a diferencia de los sistemas actuales de la industria de la construcción en paja.

Se concluye que la solución constructiva MEP siendo un elemento noble con la naturaleza debe emplearse en un sistema constructivo que siga su misma lógica y se complemente con revestimientos y/o estructuras acorde a ella. Por ejemplo, el uso de revestimientos en cal, tierra o madera son ideales no solo para su cadena sostenible sino también para su funcionamiento físico-térmico.

Por otro lado, la implementación del modulo MEP en el diseño del equipamiento, posibilitó el uso de recursos propios del lugar con un potencial hasta hora desconocido por la comunidad y a través de él, la apropiación, identificación, generación y transmisión del conocimiento.

Referentes Bibliográficos

- Findeter. (2019). *Área Metropolitana de Cúcuta territorial funcional y sostenible* . Cúcuta : Findeter .
- ONU Mujeres. (2016). *Mujeres tras el Telón de la Guerra*. Bogotá: ONU Mujeres.
- La Opinión. (2020). *Se agudiza la crisis económica en Puerto Santander*. Cúcuta: La Opinión.
- Lacinski, P., & Bergeron, M. (2000). *Serious Straw Bale - A home construction guide for all clients*. White River Junction : Chelsea Green Publishing Company.
- Atkinson, C. (2010). *Why build with straw?* Southill Farm: Nuffield Farming Scholarships Trust.
- CONPES. (2015). *Documento CONPES 3850*. Bogotá: DNP.
- +A662 Arquitectos. (2013). *Biblioparque David Sanchez Juliao* . Retrieved from ArchDaily: <https://www.archdaily.co/co/755568/biblioparque-david-sanchez-juliao-plus-a662-arquitectos>
- Daniel Feldman , & Ivan, Q. (2013). *Centro de desarrollo infantil el Guadual* . Retrieved from ArchDaily: <https://www.archdaily.co/co/625198/centro-de-desarrollo-infantil-el-guadual-daniel-joseph-feldman-mowerman-ivan-dario-quinones-sanchez>
- Valencia, M., Herrea, D., Serna, L., & Maya, F. (2010). *Parque Educativo Saberes Ancestrales* . Retrieved from Archdaily: <https://www.archdaily.co/co/624532/parque-educativo-vigia-del-fuerte-mauricio-valencia-diana-herrera-lucas-serna-farhid-maya>
- Afonso, P., Maccaglia, M., & Bosch Arquitectos. (2013). *Escuela en Chuquibambilla*. Retrieved from ArchDaily: <https://www.archdaily.co/co/758032/escuela-en-chuquibambilla-ama-plus-bosch-arquitectos>

Wiham, J. (2007). *Humidity in straw bale walls and its effect on the decomposition of straw* .

Londres : University of East London School of computing and Technology.

Patel, S., Deshmukh, G., & Birwal, P. (2017). Thermal insulation materials: A tool for energy conservation. *Journal of food processing and technology*.

Zheng, L., Chen, W., Shiming, D., & Lin, Z. (2006). The characteristics of space cooling load and indoor humidity control for residences in the subtropics. *Building and environment*, 1137 - 1147.

Ghoneim, A., Klein, S., & Duffie, J. (1991). Analysis of collector-storage building walls using phase-change materials. *Solar Energy*, 237 - 242.

Cantor, D., & Manea, D. (2015). Using wheat straw in construction. *ProEnvironment*, 8, 17 - 23.

Masso, Y. (2012). *Guía sobre materiales aislantes y eficiencia energética*. Madrid: Fundación de la energía de la comunidad de Madrid.

fundación, A. (2011). *Materiales aislantes térmicos. Guías servicios y soluciones*.

Chastas, P., Theodosiou, T., Kontoleon, K., & Bikas, D. (2018). Normalising and assessing carbon emissions in the building sector: A review on the embodied CO2 emissions of residential buildings. *Building and Environment*, 130, 212 - 226.

Moncaster, A., & Symons, K. (2013). A method and tool for 'cradle to grave' embodied carbon and energy impacts of UK buildings in compliance with the new TC350 standards. *Energy and Buildings*, 66, 514 - 523.

Hu, M., & Milner, D. (2020). Visualizing the research of embodied energy and environmental impact research in the building and construction field: A bibliometric analysis.

Developments in the Built Environment, 3.

- Hosie, S. (2009). Entrevista al arquitecto Simon Hosie [vídeo grabación]. *Seminario de la historia de la arquitectura en Colombia*. (U. N. Colombia, Interviewer)
- Chugan, P., & Patel, C. (2013). Measuring awareness and preferences of real estate developers for green buildings over conventional. *Buildings, Consumer Behaviour and Emerging Practices in Marketing*, 332-341.
- Patel, C., & Chugan, P. (2013). Measuring awareness and preferences of real estate developers for green buildings over conventional. *Buildings, Consumer Behaviour and Emerging Practices in Marketing*, 332-341.
- Lau, S., Wang, J., & Lu, L. (2003). Sustainable development in Hong Kong: a review of policy, practices in buildin design and construction. *International Journal of Urban Sciences*, 7:2, 169-179.
- Domínguez, R., Samaniego, J., Sunkel, O., & León, M. (2019). *Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad: 70 años de pensamiento de la CEPAL*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Valcárcel, J. (2007). Concepto de conflicto armado interno y seguridad jurídica. *Prolegómenos. Derecho y Valores*, 10, 107-121.
- Carrió, J. (2005). La evolución de los sistemas constructivos en la edificación. procedimientos para su industrialización. *Informes de la Construcción*, 57, 499-500.
- Hernández, I., Luna, J., & Cardena, M. (2017). Cultura de paz: Una construcción desde la educación. *Revista historia de la educación latinoamericana*, 19, 149-172.
- Magwood, C., & Mack, P. (2000). *Straw bale building: how to plan, design & build with straw*. Gabriola Island: New society publishing.

- Monzó, J. (2012). *Materiales y tecnologías constructivas no convencionales: uso en países en vías de desarrollo*. Valencia: Universidad politécnica de Valencia.
- Inzunza Bustos, J. (2019). *Metereología descriptiva*. Santiago de Chile: Universitaria.
- Rodríguez, Á., & Pérez, A. (2017). Método científico de indagación y construcción del conocimiento. *Revista EAN*, 82.
- Salas Canevaro, J. (2017). La investigación en la actividad proyectual de la arquitectura. Objeto y Método. *P&A*, 5-15.
- Henández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mexico DF: Mc Graw Hill.
- Hosie, S. (2017). *Planos vivos Pescaíto: Investigación participativa y diseño sostenible*. Bogotá: Findeter.
- DANE. (2018). *Ocupación*. Retrieved from Censo nacional de población y vivienda 2018 Colombia:
<https://dane.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=248648873d184b338d11f7c615655869>
- DANE. (2018). *Población*. Retrieved from Censo nacional de población y vivienda 2018 Colombia:
<https://dane.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=340192703f5948f884585d93181711b5>
- DANE. (2018). *Educación*. Retrieved from Censo nacional de población y vivienda 2018 Colombia:
<https://dane.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=cac8a5fc41bc44fa953aa9782e5b327a>

- DANE. (2018). *Funcionamiento humano*. Retrieved from Censo nacional de población y vivienda 2018 Colombia:
<https://dane.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=87e15ac26e164037a79e99fc524885db>
- Díaz Fuentes, C. X., Pérez Rojas, M. C., & Mancilla Grimaldo, J. J. (2020). Physical-thermal straw properties advantages in the design of a sustainable panel-type construction system to be used as an architectural dividing element. *Journal of Physics: Conference Series*, 1587.
- Minke, G., & Mahlke, F. (2006). *Manual de construcción con fardos de paja*. Montevideo: Editorial fin del siglo.
- Sandmer, E., & Sjoberg, I. (2015). *Sensible Straw: Exploring Industrialization of Straw Bale Building in Sweden*. Gothenburg: Chalmers University of Technology.
- Pérez Rojas, M. C., Mancilla Grimaldo, J. J., & Díaz Fuentes, C. X. (2020). Physical thermal properties and comparative analysis of the ecological straw constructive modules. *Journal of Physics: Conference Series*, 1708.
- Fenercom. (2011). *Guía del estándar Passivhaus: Edificios de consumo energético casi nulo*. Madrid: Consejería de economía y hacienda: Comunidad de Madrid.
- International Code Council. (2017). *Appendix strawbale construction*. Retrieved from ICC Digital codes: <https://codes.iccsafe.org/content/IRC2018/appendix-s-strawbale-construction>

Anexos

En equipo se ha logrado tener participaciones significativas en eventos científicos y publicaciones en revistas científicas, en base a la propuesta de investigación anterior. Se anexan certificados como evidencia a continuación:

Anexos 1 Certificado de Sesión de Póster Científicos: Ejercicio final electiva de profundización en arquitectura y materiales sostenibles



El Grupo de Investigación en Arquitectura y Materiales Alternativos GRAMA y el Semillero Eco-Hábitat certifican que:

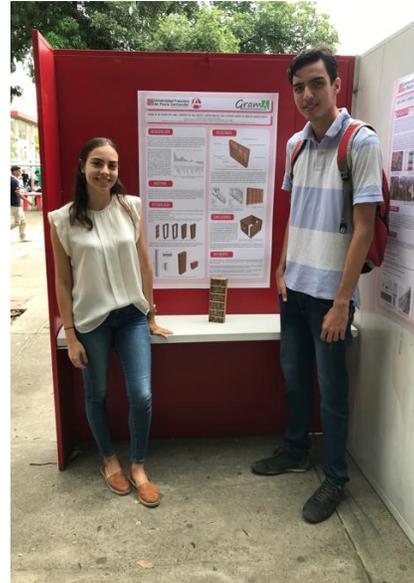
MARIA CAMILA PEREZ ROJAS C.C 1.093.787.384

Participó en la Sesión de Pósters Científicos como componente del ejercicio final de La Electiva de Profundización en Arquitectura y Materiales Sostenibles del Programa de Arquitectura de la Universidad Francisco de Paula Santander.
Actividad celebrada en la Plazoleta de Empresariales de la UFPS el 10 de junio del 2019.

Arq. Carmen Xiomara Díaz Fuentes
Directora Grupo GRAMA



Anexos 2 Asistencia de Sesión de Póster Científicos: Ejercicio final electiva de profundización en arquitectura y materiales sostenibles.



Anexos 3 Certificado de ponencia de III Encuentro Nacional de Semilleros de investigación sector de la construcción



76-9228
Santiago de Cali, Noviembre 05 de 2019

Señor
Jose Julián Mancilla Grimaldo

Ponente "III Encuentro Nacional de semilleros de Investigación Sector de la Construcción".

Santiago de Cali

Asunto: Agradecimiento por su participación

Cordial saludo,

En nombre del Centro de la Construcción del Sena regional Valle del Cauca, el Sistema de investigación, desarrollo tecnológico e Innovación del Sena (SENNOVA) y el Comité Organizador del "III Encuentro Nacional de Semilleros de investigación del sector de la Construcción", manifestamos a usted nuestro agradecimiento por su participación con la ponencia "**Diseño de un sistema constructivo tipo panel a partir de materiales compuestos de paja, madera y cartón para uso como elemento divisor en proyectos arquitectónicos.**"; realizada el pasado 25 de octubre, su disposición para atender esta propuesta académica y su responsabilidad y compromiso para hacer de esta actividad un gran éxito.

Esperamos que los resultados obtenidos en este encuentro propicien la continuación del trabajo académico en las comunidades educativas y empresas relacionadas con el sector constructivo que permitan el avance en la investigación, innovación y desarrollo tecnológico del mismo en el país.

Con sentimiento de aprecio y gratitud,

Beatriz E. Cobo
Beatriz Eugenia Cobo García
Subdirectora (E) de Centro

al

Proyectó: Angela Natalia Camelo- Líder Sennova

Ministerio de Trabajo
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE
CENTRO DE LA CONSTRUCCION

Calle 34 No. 17B-23 Cali - Valle - PBX (57 2) 448 8470 – 441 1212
www.sena.edu.co - Línea gratuita nacional: 01 8000 9 10 270 GD-F-011 V04 Pag 1





76-9228
Santiago de Cali, Noviembre 05 de 2019

Señora
María Camila Pérez Rojas

Ponente "III Encuentro Nacional de semilleros de Investigación Sector de la Construcción".

Santiago de Cali

Asunto: Agradecimiento por su participación

Cordial saludo,

En nombre del Centro de la Construcción del Sena regional Valle del Cauca, el Sistema de investigación, desarrollo tecnológico e Innovación del Sena (SENNOVA) y el Comité Organizador del "III Encuentro Nacional de Semilleros de investigación del sector de la Construcción", manifestamos a usted nuestro agradecimiento por su participación con la ponencia "Diseño de un sistema constructivo tipo panel a partir de materiales compuestos de paja, madera y cartón para uso como elemento divisor en proyectos arquitectónicos"; realizada el pasado 25 de octubre, su disposición para atender esta propuesta académica y su responsabilidad y compromiso para hacer de esta actividad un gran éxito.

Esperamos que los resultados obtenidos en este encuentro propicien la continuación del trabajo académico en las comunidades educativas y empresas relacionadas con el sector constructivo que permitan el avance en la investigación, innovación y desarrollo tecnológico del mismo en el país.

Con sentimiento de aprecio y gratitud,

Beatriz E. Cobo
Beatriz Eugenia Cobo García
Subdirectora (E) de Centro

AL

Proyectó: Angela Natalia Camelo- Líder Sennova

Ministerio de Trabajo
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE
CENTRO DE LA CONSTRUCCION

Calle 34 No. 17B-23 Cali - Valle - PBX (57 2) 448 8470 - 441 1212
www.sena.edu.co - Línea gratuita nacional: 01 8000 9 10 270 GD-F-011 V04 Pag 1



Certificado No.
9C-CERC039681



Certificado No.
CO-SC-CER039881

Anexos 4 Asistencia de ponencia de III Encuentro Nacional de Semilleros de investigación sector de la construcción



Anexos 5 Certificado de ponencia de VI Semana Internacional de Ciencia, tecnología e innovación



**LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
CÚCUTA Y SECCIONAL OCAÑA**

CERTIFICA QUE:

MARÍA CAMILA PÉREZ ROJAS
C.C. 1093787384

Participó como **PONENTE** en modalidad **Póster** en el evento **VI SEMANA INTERNACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN** que se desarrolló del 19 al 22 de noviembre del año 2019 en San José de Cúcuta, Norte de Santander Colombia, con el tema "Diseño modular tipo panel a partir de materiales compuestos de paja, madera y cartón para uso como elemento divisor arquitectónico."

Juan Pardo Rojas
VICERECTOR ASISTENTE DE INVESTIGACIÓN
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

Terecristina Ochoa Pérez
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA



**LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
CÚCUTA Y SECCIONAL OCAÑA**

CERTIFICA QUE:

JOSE JULIAN MANCILLA GRIMALDO
C.C. 1090524434

Participó como **PONENTE** en modalidad **Póster** en el evento **VI SEMANA INTERNACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN** que se desarrolló del 19 al 22 de noviembre del año 2019 en San José de Cúcuta, Norte de Santander Colombia, con el tema "Diseño modular tipo panel a partir de materiales compuestos de paja, madera y cartón para uso como elemento divisor arquitectónico."

Juan Pardo Rojas
VICERECTOR ASISTENTE DE INVESTIGACIÓN
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

Terecristina Ochoa Pérez
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

Anexos 6 Asistencia de ponencia de VI Semana Internacional de Ciencia, tecnología e innovación



Anexos 7 Certificado de ponencia de VII Semana Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación



LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER CÚCUTA Y SECCIONAL OCAÑA

CERTIFICA QUE:

MARIA CAMILA PEREZ ROJAS
C.C. 1093787384

Participó como **PONENTE** en modalidad **PÓSTER** en el **IV ENCUENTRO INTERINSTITUCIONAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN** realizado en el marco del evento **7th INTERNATIONAL WEEK OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION** que se desarrolló del 06 al 09 de octubre del año 2020 en San José de Cúcuta, Norte de Santander Colombia, con el tema "MATERIALES COMPUESTOS DE PAJA, MADERA Y CARTÓN EN EL DESARROLLO DE UN SISTEMA CONSTRUCTIVO CON PRINCIPIOS SOSTENIBLES".



Juan Pardo S.
VICERRECTOR ASISTENTE DE INVESTIGACIÓN
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA
SANTANDER

Terecema Velásquez Pérez
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
OCAÑA



LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER CÚCUTA Y SECCIONAL OCAÑA

CERTIFICA QUE:

JOSE JULIAN MANCILLA GRIMALDO
C.C. 1090524434

Participó como **PONENTE** en modalidad **PÓSTER** en el **IV ENCUENTRO INTERINSTITUCIONAL DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN** realizado en el marco del evento **7th INTERNATIONAL WEEK OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION** que se desarrolló del 06 al 09 de octubre del año 2020 en San José de Cúcuta, Norte de Santander Colombia, con el tema "MATERIALES COMPUESTOS DE PAJA, MADERA Y CARTÓN EN EL DESARROLLO DE UN SISTEMA CONSTRUCTIVO CON PRINCIPIOS SOSTENIBLES".



Juan Pardo S.
VICERRECTOR ASISTENTE DE INVESTIGACIÓN
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA
SANTANDER

Terecema Velásquez Pérez
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
OCAÑA

Anexos 8 Primer artículo científico publicado en la revista Journal of physics:

Conferences Series (IOP Publishing)

6th International Week of Science, Technology and Innovation (6th IWSTI)

IOP Publishing

Journal of Physics: Conference Series

1587 (2020) 012032 doi:10.1088/1742-6596/1587/1/012032

Physical-thermal straw properties advantages in the design of a sustainable panel-type construction system to be used as an architectural dividing element

C X Díaz Fuentes¹, M C Pérez Rojas¹, and J J Mancilla¹

¹ Grupo de Investigación en Arquitectura y Materiales Alternativos, Universidad Francisco de Paula Santander, San José de Cúcuta, Colombia

E-mail: carmenxiomaradf@ufps.edu.co

Abstract. The walls in architecture determine the energy behavior of a home, the physical and thermal properties of the building elements are capable of controlling the energy transfer of to the interior, avoiding dependence on artificial cooling systems, which increase energy consumption. The research takes advantage of the physical-thermal attributes of straw, considering its use as a material, presenting sustainable constructive solutions for the walls configuration in rural houses with a warm tropical climate. The proposed design starts from identifying the properties of materials with a low carbon footprint such as straw, wood, cardboard, which are viable due to their low weight and easy obtaining. The result is the modular design of the EcoStraw panel that consists of a compressed straw matrix, embedded in a module whose function is to isolate the heat conduction between the interior and exterior, a modular and wooden support structure with the aim of giving structural stability in the stack and a cardboard laminate lining that acts as an interior closing surface. The constructive solution can be industrialized, economical and with a low impact on the environment.

Anexos 9 Segundo artículo científico publicado en la revista Journal of physics:
Conferences Series (IOP Publishing)

VII International Week of Science, Technology, and Innovation (7th IWSTI)

IOP Publishing

Journal of Physics: Conference Series

1708 (2020) 012016

doi:10.1088/1742-6596/1708/1/012016

Physical thermal properties and comparative analysis of the ecological straw constructive modules

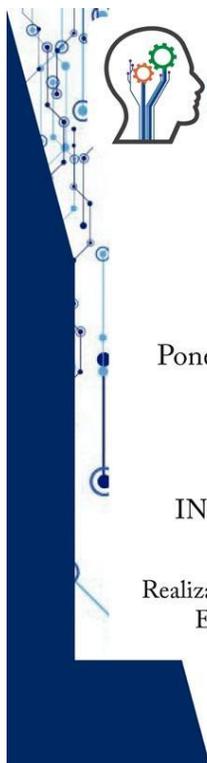
M C Pérez Rojas¹, J J Mancilla Grimaldo¹, and C X Díaz Fuentes¹

¹ Grupo de Investigación en Arquitectura y Materiales Alternativos, Universidad Francisco de Paula Santander, San José de Cúcuta, Colombia

E-mail: mariacamilapr@ufps.edu.co

Abstract. Understanding the physical and thermal material properties is important, due to it helps to determine the thermal comfort and how green is an architectural space, decreasing the energy consumption and avoiding the use of artificial cooling systems. This research is based on three stages: the design, simulations, and analysis of the results. The first stage developed three modules made of straw as a core material, wood and cardboard reinforcement. Successively, the thermal analysis simulation of the modules was carried out using the software ANSYS to determine each one thermal performance under extreme solar radiation of San Jose de Cucuta, Colombia. Thus, obtaining the temperature distribution exterior-interior and the heat fluxes for each typology. The results of the simulation show better thermal benefit in one specific module compared to the others, demonstrating that the implementation of an air chamber is the best strategy to reduce heat transfer in the design of the module, encouraging the use of straw as a constructive system. This research promotes the development of widely viable innovative sustainable construction solutions to configure any type of architectural enclosure in rural areas surrounding the city.

Anexos 10 Certificado de ponencia de 5to Encuentro internacional en ciencias aplicadas e ingenierías (EISI)





Certifica que,

Jose Julian Mancilla Grimaldo

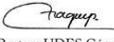
Número de identificación 1.090.524.434

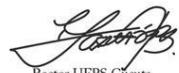
Participo en calidad de

Ponente en el trabajo *“Diseño de un módulo divisor arquitectónico desarrollado a partir de materiales compuestos de paja, madera y cartón”*

5° EISI: "RETOS CIUDAD-REGIÓN"
 INVESTIGACIONES, DESARROLLOS Y FOCOS EN TENDENCIAS
 DE LA INGENIERÍA"

Realizado los días 16 y 17 de septiembre de 2020, ON LINE con una intensidad de 16 horas.
 En constancia se firma en la ciudad de San José de Cúcuta, septiembre 18 de 2020.


 Rectora UDES Cúcuta


 Rector UFPS Cúcuta



Anexos 11 Certificado de ponencia de VIII Semana Internacional de Ciencia,
Tecnología e Innovación



CERTIFICATION

The chairman of 8th International Week of Science, Technology, and Innovation (8th IWSTI) certifies that research work titled:

CONFIGURATION OF A STRUCTURAL SYSTEM OF DIVIDING WALLS FROM STRAW MODULES AND ITS CONTRIBUTION TO SUSTAINABLE CONSTRUCTION

Corresponding to the authors: Jose Julian Mancilla Grimaldo, María Camila Pérez Rojas, Carmen Xiomara Díaz Fuentes, was presented at the 8th IWSTI conference, held in oral remote presentation.

For its constancy, is signed in San José de Cúcuta, Colombia, September 24 of 2021.

Byron Medina Delgado
Chairman 8th IWSTI
E-mail: semana_cyt@ufps.edu.co

Torcoroma Velásquez Pérez
Co-Chairman 8th IWSTI
E-mail: semana_cyt@ufps.edu.co

Anexos 12 Actividad de Planos Vivos en Puerto Santander



Anexos 13 Visita a cultivos de arroz de Puerto Santander



Anexo 14 Constancia de validación de contenido del instrumento por parte de expertos de la encuesta titulada conociendo Puerto Santander y su gente

JUICIOS Y RECOMENDACIONES DEL EXPERTO
<p>JUICIOS</p> <p>Hago constar que he revisado el contenido y pertinencia de los ítems del instrumento para recolectar información para la investigación titulada "diseño de una solución constructiva elaborada en paja para un equipamiento rural sostenible en puerto Santander." en consecuencia, <i>considero valido el instrumento.</i></p>
<p>RECOMENDACIONES</p> <p>El instrumento es claro, coherente y conveniente, solo sugiero en el ítem 1, al realizar la pregunta ¿Qué le gusta hacer por la mañana?, revisar si es necesario adicionarle <i>¿qué le gusta hacer por la mañana en su tiempo libre?</i>, en cada una de las tres preguntas del numeral 1.</p>
<p>Firmado a los (11) días del mes de abril del año 2022</p>
<p>Atentamente,</p>
<p>FIRMA DEL EXPERTO LUIS ARMANDO JAIMES RAMÍREZ</p> 
<p>C.C. 13472667</p>

JUICIOS Y RECOMENDACIONES DEL EXPERTO**JUICIOS**

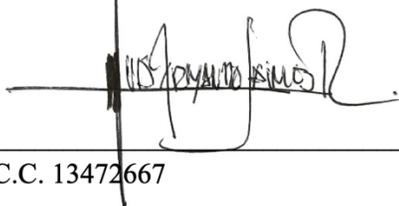
Hago constar que he revisado el contenido y pertinencia de los ítems del instrumento para recolectar información para la investigación titulada "diseño de una solución constructiva elaborada en paja para un equipamiento rural sostenible en puerto Santander." en consecuencia, *considero valido el instrumento.*

RECOMENDACIONES

El instrumento es claro, coherente y conveniente, solo sugiero en el ítem 1, al realizar la pregunta **¿Qué le gusta hacer por la mañana?**, revisar si es necesario adicionarle *¿qué le gusta hacer por la mañana en su tiempo libre?*, en cada una de las tres preguntas del numeral 1.

Firmado a los (11) días del mes de abril del año 2022

Atentamente,

FIRMA DEL EXPERTO**LUIS ARMANDO JAIMES RAMÍREZ**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Armando Jaimes Ramirez', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

C.C. 13472667

Anexos 15 Solicitud de información al área Metropolitana de Puerto SantanderNIT. 890500622 - 6

San José de Cúcuta, Octubre 6 de 2021

Area Metropolitana de Cúcuta
Sub Director de Proyectos
Arq. Bierman Suárez

Cordial Saludo,

Desde el programa de Arquitectura de la Universidad Francisco de Paula Santander, mi compañero José Julián Mancilla Grimaldo identificado con cedula de ciudadanía 1090524434 de Cúcuta, y yo María Camila Pérez Rojas identificada con cedula de ciudadanía 1093787384 de Los Patios venimos adelatando nuestro proyecto de grado denominado “*Diseño de una solución constructiva elaborada en paja para un equipamiento rural sostenible en Puerto Santander*” por esta presente nos dirigimos hacia el Area Metropolitana de Cúcuta respetuosamente para tener conocimiento si tienen información del municipio Puerto Santander como: población actual, cartografía (con barrios, vías), entre otra información que encontremos util para el desarrollo de este.

Adjunto carta de evidencia de sustentación de anteproyecto vigente.

Gracias por su atención,

Atentamente,



María Camila Pérez Rojas
Estudiante de Arquitectura



José Julián Mancilla Grimaldo
Estudiante de Arquitectura

Avenida Gran Colombia No. 12E-96 Barrio Colsag
Teléfono (057)(7) 5776655 - www.ufps.edu.co
oficinadeprensa@ufps.edu.co San José de Cúcuta - Colombia

Creada mediante decreto 323 de 1970

Anexos 16 Carta de cambio del objetivo general y primer objetivo específicoNIT. 890500622 - 6

San José de Cúcuta, Octubre 6 de 2021

Area Metropolitana de Cúcuta
Sub Director de Proyectos
Arq. Bierman Suárez

Cordial Saludo,

Desde el programa de Arquitectura de la Universidad Francisco de Paula Santander, mi compañero José Julián Mancilla Grimaldo identificado con cedula de ciudadanía 1090524434 de Cúcuta, y yo María Camila Pérez Rojas identificada con cedula de ciudadanía 1093787384 de Los Patios venimos adelatando nuestro proyecto de grado denominado *“Diseño de una solución constructiva elaborada en paja para un equipamiento rural sostenible en Puerto Santander”* por esta presente nos dirigimos hacia el Area Metropolitana de Cúcuta respetuosamente para tener conocimiento si tienen información del municipio Puerto Santander como: población actual, cartografía (con barrios, vías), entre otra información que encontremos util para el desarrollo de este.

Adjunto carta de evidencia de sustentación de anteproyecto vigente.

Gracias por su atención,

Atentamente,



María Camila Pérez Rojas
Estudiante de Arquitectura



José Julián Mancilla Grimaldo
Estudiante de Arquitectura

Avenida Gran Colombia No. 12E-96 Barrio Colsag
Teléfono (057)(7) 5776655 - www.ufps.edu.co
oficinadeprensa@ufps.edu.co San José de Cúcuta - Colombia

Creada mediante decreto 323 de 1970

San José de Cúcuta, marzo 18 de 2022

Señores
 COMITÉ CURRICULAR
 PLAN DE ESTUDIOS DE ARQUITECTURA

Cordial saludo,

Nos permitimos presentar respetuosamente el cambio del objetivo general y el primer objetivo específico atendiendo a las sugerencias realizadas por parte del jurado en la presentación del anteproyecto titulado **"DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA ELABORADA EN PAJA PARA UN EQUIPAMIENTO RURAL SOSTENIBLE EN PUERTO SANTANDER"**, para solicitar aprobación por parte del comité curricular y plan de estudios del programa.

De esta manera, el objetivo general a modificar es: "Generar el conocimiento que permita implementar el diseño de una solución constructiva elaborada en paja para un equipamiento rural sostenible en Puerto Santander; que dignifique las condiciones e la población víctima del conflicto armado y social de Puerto Santander, por medio de practicas sostenibles", por **"Diseñar una solución constructiva elaborada en paja para un equipamiento rural sostenible en Puerto Santander, que mejore las condiciones de la población víctimas del conflicto armado y social, por medio de prácticas sostenibles"**. Por otro lado, el objetivo específico a modificar es: "Definir el perfil poblacional para el caso de estudio, con base según el más reciente informe acerca de las necesidades de equipamiento de la población rural de Puerto Santander en base del documento CONPES", por **"Definir el perfil poblacional y programa arquitectónico para el caso de estudio, con base en dinámicas de arquitectura participativa identificando necesidades de equipamiento de la población rural de Puerto Santander"**.

Cordialmente,



Carmen Xiomara Díaz Fuentes
 Directora Proyecto de grado
 carmenxiomaradf@ufps.edu.co



María Camila Pérez Rojas
 Código. 1500811
 mariacamilapr@ufps.edu.co



José Julián Mancilla Grimaldo
 Código 1500909
 josejulianmg@ufps.edu.co

Anexos 17 Carta de vinculación de Co-director de proyecto de grado

NIT. 890500622 - 6

San José de Cúcuta, marzo 18 de 2022

Señores
COMITÉ CURRICULAR
PLAN DE ESTUDIOS DE ARQUITECTURA

Cordial saludo,

Nos permitimos comunicar nuestra intención de vincular al arquitecto y docente de la universidad Francisco de Paula Santander, Ramón Eduardo Galvis Centurión como codirector del proyecto de grado titulado **"DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA ELABORADA EN PAJA PARA UN EQUIPAMIENTO RURAL SOSTENIBLE EN PUERTO SANTANDER"**, con el fin de recibir apoyo relacionado a su experticia en formalidad espacial y volumétrico en la fase de diseño proyectual del proyecto. De esta manera, se solicita respetuosamente aprobación por parte del comité curricular y plan de estudios del programa.

Cordialmente,

Carmen Xiomara Díaz Fuentes
Directora Proyecto de grado
carmenxiomaradf@ufps.edu.co

María Camila Pérez Rojas
Código. 1500811
mariacamilapr@ufps.edu.co

José Julián Mancilla Grimaldo
Código 1500909
josejulianmg@ufps.edu.co

Avenida Gran Colombia No. 12E-96 Barrio Colsag
Teléfono (057)(7) 5776655 - www.ufps.edu.co
oficinadeprensa@ufps.edu.co San José de Cúcuta - Colombia

Creada mediante decreto 323 de 1970

Anexos 18 Carta de aprobación de cambios de objetivo y vinculación de codirector por parte del comité curricular del programa de arquitectura



NIT. 890500622 - 6

San José de Cúcuta, abril 08 de 2021

Estudiante

José Julián Mancilla Grimaldo

josejulianmg@ufps.edu.co

María Camila Pérez Rojas

mariacamilapr@ufps.edu.co

Ciudad

Cordial Saludo,

Cordial Saludo,

De acuerdo a las solicitudes realizadas ante el Comité Curricular de radicado de fecha 18 de marzo de 2022, las cuales, exponen:

.....” solicitar la vinculación del docente y arquitecto Ramón Eduardo Galvis Centurión en el proyecto de grado titulado "Diseño de una solución constructiva elaborada en paja para un equipamiento rural sostenible en Puerto Santander”.

Una vez revisado y estudiada la solicitud por parte de los consejeros, en acta No 03 del 06 de abril del año en curso, se emite respuesta en los siguientes términos:

- *Se Vincula del arquitecto Ramón Eduardo Galvis Centurión en el proyecto de grado titulado "Diseño de una solución constructiva elaborada en paja para un equipamiento rural sostenible en Puerto Santander”.*

Sobre este punto, El comité curricular del programa de Arquitectura solicitó concepto de viabilidad el pasado 18 de abril ante la secretaría general con respecto a si, bajo la vigencia de la comisión de estudios doctorales y, su solicitud de descarga completa de horas en el CAI, la docente Carmen Xiomara Díaz Fuentes, puede continuar o asumir direcciones de proyectos de grado. Lo anterior, teniendo en cuenta el oficio recibido el 28 de enero del 2022 ante el departamento de Arquitectura, bajo el asunto: Novedad Relacionada con la descarga completa en la carga académica integral remitida por la docente Carmen Xiomara Díaz Fuentes. El programa de Arquitectura se encuentra en espera de la respuesta oficial de dicha dependencia.

Ante la solicitud:

Avenida Gran Colombia No. 12E-96 Barrio Colsag
Teléfono (057)(7) 5776655 - www.ufps.edu.co
oficinadeprensa@ufps.edu.co San José de Cúcuta - Colombia
Creada mediante decreto 323 de 1970

.....el objetivo general a modificar es: “Generar el conocimiento que permita implementar el diseño de una solución constructiva elaborada en paja para un equipamiento rural sostenible en Puerto Santander; que dignifique las condiciones e la población víctima del conflicto armado y social de Puerto Santander, por medio de prácticas sostenibles”, por “Diseñar una solución constructiva elaborada en paja para un equipamiento rural sostenible en Puerto Santander, que mejore las condiciones de la población víctimas del conflicto armado y social, por medio de prácticas sostenibles”. Por otro lado, el objetivo específico a modificar es: “Definir el perfil poblacional para el caso de estudio, con base según el más reciente informe acerca de las necesidades de equipamiento de la población rural de Puerto Santander en base del documento CONPES”, por “Definir el perfil poblacional y programa arquitectónico para el caso de estudio, con base en dinámicas de arquitectura participativa identificando necesidades de equipamiento de la población rural de Puerto Santander”.

El comité curricular del programa de Arquitectura otorga visto bueno al ajuste de los objetivos presentados, considerando que estos ajustes fueron sugeridos por parte del jurado evaluador, como parte de las observaciones realizadas al anteproyecto modalidad investigativa aplicada al proyecto arquitectónico en el año 2020, tal como se evidencia el formato de evaluación, soporte de la consulta realizada por parte de los estudiantes.

Cordialmente,



LUZ KARIME CORONEL RUIZ
Coordinadora Comité Curricular

Anexos 19 Certificado de Participación Kaira Looro Architecture Competition 2022's

Edition – by Humanitarian Organization Balouo Salo



Kaira Looro Architecture Competition 2022's Edition - by Humanitarian Organization Balouo Salo

Certificate of participation TEAM PERMARCOL281996

Project by Maria Camila Perez Rojas, Jose Julian Mancilla Grimaldo,
Carmen Xiomara Diaz Fuentes, Ramon Eduardo Galvis Centurion

The project was evaluated by an international jury made up of:
Kengo Kuma (Kengo Kuma & Associates), Mario Cucinella (Mario Cucinella Architects),
Agostino Ghirardelli (SBGA | Blengini Ghirardelli), Benedetta Tagliabue & Ana Gallego (EMBT Miralles Tagliabue),
Mphethi Morojele (MMA Design Studio), Alice Dietsch (AL_A), Giuseppe Mazzaglia (MVRDV), Sharon Devis (Sharon Davis
Design), Ligia Nunes (Architecture Sans Frontières International), Saad El Kabbaj, Driss Kettani e Mohamed Amine Siana
and the technical-scientific committee of Balouo Salo & Kaira Looro.

The competition has been participated by teams from every continent and it has been organized with the aim of raising awareness among the international community about the role of architecture in developing countries. The entire proceeds was devolved to humanitarian projects.

11.07.2022

Arch. Vecchio Raoul
Kaira Looro Architecture Competition