



**Análisis de la Técnica del Superadobe para la Construcción de Espacios Habitables en el
Sitio Las Lomas de Riochico**

Raymond J. Arévalo y Marcelo E. Cadena

Carrera de Arquitectura, Universidad San Gregorio de Portoviejo

Mtr. Arq. Juan G. García

Análisis de caso previo a la obtención del título de Arquitectos.

Marzo, 2021

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR/A DEL ANÁLISIS DE CASO

En mi calidad del Director/a del Análisis de Caso titulado: Análisis de la Técnica del Superadobe para la Construcción de Espacios Habitables en el Sitio Las Lomas de Riochico realizado por los estudiantes Raymond Julián Arévalo Rivas y Marcelo Enrique Cadena Dávila, me permito certificar que este trabajo se ajusta a los requerimientos académicos y metodológicos establecidos en la normativa vigente sobre el proceso de Titulación de la Universidad San Gregorio de Portoviejo, por lo tanto, autorizo su presentación.

Juan Gabriel García García
Directora del Análisis de Caso

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos, miembros del tribunal de revisión y sustentación de este Análisis de Caso, certificamos que este trabajo de investigación ha sido realizado y presentado por los estudiantes Raymond Julián Arévalo Rivas y Marcelo Enrique Cadena Dávila, dando cumplimiento a las exigencias académicas y a lo establecido en la normativa vigente sobre el proceso de Titulación de la Universidad San Gregorio de Portoviejo.

Danny Emir Alcívar Vélez
Presidente del tribunal

Walter David Cobeña Loor
Miembro del tribunal

John Gabriel Mendoza Cantos
Miembro del tribunal

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Los autores de este Análisis de Caso declaramos bajo juramento que todo el contenido de este documento es auténtico y original. En ese sentido, asumimos las responsabilidades correspondientes ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión de la información obtenida en el proceso de investigación, por lo cual, nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad.

Al mismo tiempo, concedemos los derechos de autoría de este Análisis de Caso, a la Universidad San Gregorio de Portoviejo por ser la Institución que nos acogió en todo el proceso de formación para poder obtener el título de Arquitectos de la República del Ecuador.



Raymond Julián Arévalo Rivas



Marcelo Enrique Cadena Dávila

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios y a la Virgen, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta el momento más importante de mi formación profesional.

A mi Mamá Julia Edith Rivas por ser uno de los pilares más importantes en mi vida, gracias a sus esfuerzos, a sus noches de desvelos, a su preocupación por verme crecer y llegar hasta donde estoy, por eso y más todo se lo debo a ella. A mi Papá Raymond Arévalo por ser ese hombre tan estricto y a la vez amoroso, siempre dejando todo a un lado con tal de ayudarme a solucionar mis problemas y por eso este logro representa lo mucho que me ha enseñado y lo orgulloso que estoy de él, así mismo a mi hermano Raymond quien ha estado conmigo en toda la lucha por mi profesionalismo.

Le dedico también este logro a Vicenta Cedeño y Rigoberto Rivas por el gran apoyo, confianza y cariño que me han brindado a lo largo de mi vida, me considero la persona más afortunada del mundo por tenerlos como mis abuelos, les agradezco desde el fondo de mi corazón por todo lo que me han dado y enseñado día a día logrando así ser los seres más importantes en mi vida, gracias por ser los mejores abuelos y padres del mundo, los amo con mi vida. Este título es de ustedes.

A mi hijo Juliancito Arévalo quien ha sido mi mayor impulso en mis últimos años de carrera, desde su llegada cambio mi vida y gracias a él hoy soy un hombre más fuerte y con más ansias de ser un gran profesional para que algún día se sienta orgulloso de mí, también le dedico este logro a mi esposa Nicole Arteaga, ella también es merecedora de este logro ya que estuvo apoyándome día a día en la recta final de mi carrera y brindándome su ayuda de muchas maneras que aportaron a este logro.

A mi tío Telmo Rivas quien me ha brindado su cariño y enseñanzas día a día.

GRACIAS DIOS POR ESTO

Raymond Julián Arévalo Rivas

AGRADECIMIENTO

A Dios y la Virgen. -porque sin ellos no sería posible este logro que estoy alcanzando, debido a las muchas cualidades y virtudes que me ha hecho desarrollar a lo largo de mi vida con las cuales me he hecho acreedor de este gran título y otros más.

Mis Padres. – Raymond Arévalo y Julia Edith Rivas por todo el amor, confianza y enseñanzas que me han brindado siempre, aparte de su apoyo incondicional a lo largo de mi vida y toda mi carrera, ya que gracias a ellos estoy logrando mis metas deseadas.

Mis abuelos. - Vicenta Cedeño Y Rigoberto Rivas por confiar mucho en mí y mis cualidades, aparte de ello por brindarme todo su amor y por siempre guiarme por el camino debido y apoyarme a lograr mis metas.

Mi hijo y esposa. – Juliancito Arévalo Y Nicole Arteaga porque son mi mayor impulso de crecer, por brindarme mucho amor, apoyo y confianza en los últimos años de mi carrera y en lo que sigue de la vida

Mi hermano. - Raymond Arévalo por su apoyo incondicional y por demostrarme la gran fe que tiene en mí.

Mi Tío. - Telmo Rivas por brindarme sus conocimientos y su apoyo a lo largo de mi vida

Mi compañero. – Marcelo Cadena ya que hemos pasado por muchos proyectos y momentos, lo cual me ha enseñado que es de esas grandes personas que la vida pone en tu camino y te enseña a que es un amigo de verdad.

Al Arq. Juan García. - Por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma y por brindarnos su apoyo.

Raymond Julián Arévalo Rivas

DEDICATORIA

Este peldaño tan importante en mi vida va dedicado a Dios y a mi familia, especialmente a mis padres, por siempre estar y comprender los altibajos que esta hermosa carrera nos presenta en el camino.

De igual manera a mis hermanos, Néxar Cadena Dávila y Javier Cadena Dávila por siempre brindarme un consejo y un apoyo moral sin importar la lejanía en la que nos encontremos.

Finalmente, a mis abuelas, Olga Parrales y Amalia Chávez, dos seres increíbles que amo con toda el alma y que siempre llevo en mi corazón a pesar de no poder verlas por las actuales circunstancias.

Marcelo Enrique Cadena Dávila.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios todo poderoso por siempre darme la fortaleza e inteligencia para seguir adelante y a mi hermosa familia, padres y hermanos.

De manera muy especial a todas y cada una de las personas que he podido conocer a lo largo de este camino, por enseñarme de uno u otra manera el destino que me depara en el ámbito profesional, permitiendo palpar de primera mano las alegrías y tropiezos que se presentan en esta hermosa profesión.

De igual manera agradezco a mi amigo y compañero, Julián Arévalo, persona que me ha acompañado en cada proyecto y cada desvelo desde hace dos años para finalmente culminar nuestras carreras. Fue un verdadero desafío realizar la construcción de nuestra propuesta, pero gracias a la perseverancia y sacrificio podemos decir que nos merecemos este reconocimiento.

Finalmente, pero no menos importante, agradezco al Arq. Juan García García, por ser un gran maestro, mentor y amigo que siempre está dispuesto a brindar su ayuda, al igual que todos y cada uno de los profesores que forjaron al gran profesional en el que me convertiré a Uds. les agradezco con infinita sinceridad.

Marcelo Enrique Cadena Dávila.

RESUMEN

A lo largo de la historia, las personas han conocido el poder de la tierra, por lo cual ha sido implementada como alternativa para construir viviendas. Es así como nació un nuevo sistema constructivo: Superadobe, el cual generó interés por conocer su proceso de construcción, sus procedimientos, sus costos, perjuicios y beneficios para una posterior implementación en nuestro medio. De acuerdo con el objeto de investigación se utilizará metodología aplicada, manejando la experimentación y observación de campo. Para ello, se revisó la aplicación de la tierra en construcciones tradicionales, partiendo desde los muros de barro, hasta llegar a la actual estructura de tierra con paneles prefabricado, lo que propició el uso de sacos continuos, dando lugar así al Superadobe. Creado por el Arquitecto Nader Kalili, su estructura en forma de cúpula es tan fuerte como la tierra, confiable, sismo resistente, equipada con ciertas propiedades térmicas, considerada como una estructura a prueba de fuego, tiene un impacto mínimo en el medio ambiente y es de bajo costo, permitiendo el ahorro en su construcción, por lo cual podría cumplir con las expectativas de escasez de viviendas que aúnan actualmente en el Ecuador. Se realizó el proceso de observación de la primera construcción realizada en la ciudad de Portoviejo con este sistema, siendo aplicado a un modelo físico compuesto por habitaciones utilizadas como dormitorio y baño. Estas construcciones pioneras orientan el diseño de viviendas para poder ser implementadas en áreas rurales. Se requiere de un proceso de difusión de las bondades del Superadobe, lo que podría generar una fuente de trabajo en el proceso de construcción.

Palabras clave: *Superadobe, prefabricado, propiedades térmicas.*

ABSTRACT

In history, people have known the power of the earth, which is why it has been implemented as an alternative to build houses. This is how a new construction system was born: Superadobe, which generated interest in knowing its construction process, its procedures, its costs, damages and benefits for a later implementation in our environment. According to the research object, applied methodology will be used, handling field experimentation and observation. For this, the application of the earth in traditional constructions was reviewed, starting from the mud walls, until reaching the current earth structure with prefabricated panels, which led to the use of continuous sacks, thus giving rise to the Superadobe. Created by Architect Nader Kalili, its dome-shaped structure is as strong as the earth, reliable, earthquake resistant, equipped with certain thermal properties, considered as a fireproof structure, has minimal impact on the environment and is low-cost, allowing savings at the time of construction, which could meet the expectations of housing shortages that currently exist in Ecuador. The observation process of the first construction carried out in the city of Portoviejo with this system was carried out, being applied to a physical model composed of rooms used as bedrooms and bathrooms. These pioneering constructions guide the design of houses to be implemented in rural areas. A process of diffusion of the benefits of the Superadobe is required, which could generate a source of work in the construction process.

Keywords: *Superadobe, precast, thermal properties.*

ÍNDICE

RESUMEN 9

ABSTRACT 10

INTRODUCCIÓN 17

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA 19

MOTIVACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
JUSTIFICACIÓN	21
OBJETIVOS	24
Objetivo General.....	24
Objetivos Específicos	24

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 25

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	25
MARCO LEGAL.....	29
MARCO CONCEPTUAL	31
Espacio habitable.....	31
Tapial.....	32
Btc.....	32
Cob.....	32
Terrón.	33
Adobillo.....	33
Quincha o bahareque	33
Tierra alivianada.....	33
Adobe.....	33
Superadobe	34
ANÁLISIS DE LA TIERRA Y ORIENTACIÓN.....	34
Análisis de la tierra en donde se hará el domo.	34
Orientación del domo.	36
CIMENTACIÓN, IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE.....	36
Cimentación.....	37
Impermeabilización de la cimentación.....	37
Drenaje.....	38
EJES HORIZONTAL Y VERTICAL DEL DOMO.	38
CONTRAFUERTE Y ÁBSIDES.....	39
Capacidad térmica	40
Confort térmico.....	40
Comportamiento térmico.....	41
Propiedades térmicas	41
Inercia térmica	41

Bioarquitectura	42
Bioconstrucción	42
Passivhouse.....	43
Permacultura.....	43
Impacto ambiental	43
MARCO REFERENCIAL.....	44
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	52
NIVEL DE INVESTIGACIÓN	52
Investigación exploratoria	52
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	52
Investigación documental.....	52
Investigación de campo	53
Investigación experimental.....	53
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	53
Formato de presupuesto referencial.....	53
Formato de ficha técnica.....	57
Formato de encuesta	60
Formato de encuesta para profesionales de la construcción.....	61
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
RESULTADO DE LA COMPARATIVA DE GASTOS PRESUPUESTADOS ENTRE LOS ESPACIOS HABITABLES REALIZADAS EN CAÑA-MADERA, HORMIGÓN Y SUPERADOBE	63
RESULTADO DE LA FICHA TÉCNICA.....	71
RESULTADO DE LA ENCUESTA APLICADA A LOS PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCIÓN	87
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES.....	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
ANEXOS	99

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	22	TERRENO ESCOGIDO PARA ANÁLISIS DE CASO.....	22
FIGURA 2	22	TERRENO ESCOGIDO PARA ANÁLISIS DE CASO.....	22
FIGURA 4	44	CASA VERGARA EN COLOMBIA	44
FIGURA 5	45	PLANO ARQUITECTÓNICO DE LA CASA VERGARA	45
FIGURA 6	46	SECCIÓN LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL DE LA CASA VERGARA	46
FIGURA 7	47	COMPLEJO HOTELERO URKU WASI.....	47
FIGURA 8	48	SALA Y COMEDOR DEL DOMO DE SUPERADOBE.....	48
FIGURA 9	49	CUARTO UBICADO EN EL SEGUNDO PISO DEL DOMO DE SUPERADOBE	49
FIGURA 10	50	VIVIENDA DE MARY JANE Y MORGAN	50
FIGURA 11	54	FORMATO DE PRESUPUESTO DE OBRA.....	54
FIGURA 12	55	CRONOGRAMA VALORADO.....	55
FIGURA 13	58	FORMATO DE FICHA TÉCNICA	58
FIGURA 14	62	FORMATO DE ENCUESTA DIRIGIDA A PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCIÓN.....	62
FIGURA 15	63	PLANTA ARQUITECTÓNICA DEL PROYECTO PROPUESTO.....	63
FIGURA 16	64		

FACHADAS DEL PROYECTO PROPUESTO	64
FIGURA 17 65	
CORTE LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL DEL PROYECTO PROPUESTO	65
FIGURA 18 66	
DETALLES CONSTRUCTIVOS DEL PROYECTO PROPUESTO	66
FIGURA 19 67	
PRESUPUESTO DE ESPACIO HABITABLE CONSTRUIDO CON ESTRUCTURA DE HORMIGÓN, MAMPOSTERÍA DE BLOQUE Y CUBIERTA METÁLICA	67
FIGURA 20 68	
PRESUPUESTO DE ESPACIO HABITABLE CONSTRUIDO CON MADERA Y CAÑA Y CUBIERTA METÁLICA.....	68
FIGURA 21 69	
PRESUPUESTO DE ESPACIO HABITABLE CONSTRUIDO CON SUPERADOBE	69
FIGURA 22 71	
ESTUDIO DE GRANULOMETRÍA REALIZADA EN FRASCO DE VIDRIO	71
FIGURA 23 72	
ESTUDIO DE VARA	72
FIGURA 24 73	
ENSAYO DE LÍMITES DEL SUELO DEL SITIO DE CONSTRUCCIÓN	73
FIGURA 25 74	
ENSAYO DE COMPACTACIÓN DEL SUELO O PROCTOR REALIZADO EN LABORATORIO	74
FIGURA 26 75	
ENSAYO GRANULOMÉTRICO ESTÁNDAR REALIZADO EN LABORATORIO.....	75
FIGURA 27 87	
PORCENTAJES GRÁFICOS DE PREGUNTAS REALIZADAS A PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCIÓN	87
FIGURA 28 99	
ESTUDIO DE VELOCIDAD DEL VIENTO CON ANEMÓMETRO	99
FIGURA 29 99	
ESTUDIO DE TEMPERATURA DE LAS PAREDES INTERNAS DEL ESPACIO HABITABLE CON TERMÓMETRO DIGITAL	99
FIGURA 30 99	

ESTUDIO DE TEMPERATURA DEL SUELO Y HUMEDAD RELATIVA	100
FIGURA 31 100	
VELOCIDAD DEL VIENTO EXTERIOR REALIZADO CON ANEMÓMETRO	100
FIGURA 32 101	
ENCUESTA REALIZADA A BENEFICIARIOS DEL ESPACIO HABITABLE PARA DETERMINAR LA CONFORTABILIDAD DENTRO DEL ESPACIO	101
FIGURA 33 101	
ENCUESTA REALIZADA A BENEFICIARIOS DEL ESPACIO HABITABLE PARA DETERMINAR LA CONFORTABILIDAD DENTRO DEL ESPACIO	101
FIGURA 34 102	
ENCUESTA REALIZADA A BENEFICIARIOS DEL ESPACIO HABITABLE PARA DETERMINAR LA CONFORTABILIDAD DENTRO DEL ESPACIO	102
FIGURA 35 102	
ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO REALIZADO CON EL EQUIPO CASA GRANDE	102
FIGURA 36 103	
PREPARACIÓN DEL MATERIAL PARA ENSAYO PROCTOR.....	103
FIGURA 37 103	
TAMIZAJE DEL MATERIAL DE LA MUESTRA.....	103
FIGURA 38 104	
PESAJE DEL MOLDE CON MATERIAL COMPACTADO.....	104
FIGURA 39 104	
PESO DE TARA CON MATERIAL POCO SATURADO	104
FIGURA 40 105	
RASPADO DE MATERIAL COMPACTADO	105
FIGURA 41 105	
COMPACTACIÓN DE MATERIAL DENTRO DEL MOLDE POR CAPAS	105
FIGURA 42 106	
COMPACTACIÓN DE MATERIAL DENTRO DEL MOLDE POR CAPAS	106
FIGURA 43 106	
MEDICIÓN DEL DIÁMETRO Y ALTURA DEL MOLDE PARA DETERMINAR VOLUMEN DEL MISMO ..	106
FIGURA 44 107	

PESAJE DEL MOLDE SIN MATERIAL	107
FIGURA 45 107	
TAMIZAJE DE MATERIAL SATURADO DE AGUA.....	107
FIGURA 45 108	
TAMIZAJE DEL MATERIAL PARA ENSAYO DE LIMITES.....	108
FIGURA 46 108	
SECADO DE MATERIAL TAMIZADO EN HORNO.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 70	
DIFERENCIA DE VALORES PRESUPUESTADOS ENTRE LOS MÉTODOS CONSTRUCTIVOS DE HORMIGÓN, MADERA – CAÑA Y SUPERADOBE	70
TABLA 2 76	
CUADRO FOTOGRÁFICO SOBRE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL ESPACIO HABITABLE	76
TABLA 3 82	
CUADRO DE RECOLECCIÓN DE DATOS TÉRMINOS EN UN ESPACIO HABITABLE CONSTRUIDO CON SUPERADOBE.....	82

INTRODUCCIÓN

En Manabí, se pueden encontrar algunas zonas con riesgo sísmico y con consideraciones de protección ecológica, lo cual genera restricciones arquitectónicas. Considerando que muchas personas habitan en estos sectores se debe tomar en cuenta que las viviendas construidas no poseen una certificación por parte de un profesional [en la mayoría de los casos] de que son estructuralmente seguras, pudiendo apreciar que el estilo de vida en estas zonas no es tan favorable como se piensa. Esto ocurre dado el caso que no se dispone de viviendas construidas bajo la observación de un técnico capacitado, denotando que pueden llegar a ser estructuralmente inseguras; además de no priorizar el impacto ecológico que pueden causar y como afectan al confort y economía de los habitantes.

Por lo general en las zonas más desoladas de la provincia se concentran las personas con menos recursos y por ello se puede apreciar la construcción de este tipo de viviendas que siguen métodos de construcción tradicionales básicos y no técnicos.

Para solucionar esta dificultad es necesario brindar una solución constructiva que no solo resuelva el problema de un correcto funcionamiento estructural en la edificación, sino que también debe ser económica, ecológica y confortable para que las personas con recursos económicos limitados puedan construir sus propias casas con la materia prima disponible al alcance de sus manos.

En el ámbito de la construcción existen varios sistemas constructivos, los principales son: hormigón armado, mixtas, madera y estructuras metálicas. Otra técnica es la de Superadobe, que consiste en introducir tierra estabilizada con cal [óxido de calcio CaO] en un saco que puede resistir la tensión de tracción para mejorar la resistencia del suelo. Mediante el uso de alambre de púas, se proporciona adhesión entre los sacos. En algunos casos se disponen de sacos separados,

que se colocan uno al lado del otro, pero también se realiza con sacos continuos. Las casas se pueden construir en forma de domos [forma de cúpula] para aprovechar sus ventajas estructurales y responder a los efectos horizontales de los sismos.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, este proyecto de investigación se centra en tres puntos clave; conocer la dosificación del Superadobe [esto debido al tipo de suelo en el cual se construirá], analizar el proceso constructivo [para verificar su factibilidad al momento de edificar un espacio físico] y el desarrollo de un estudio exhaustivo sobre las capacidades térmicas que logre generar el espacio físico ya construido, para así poder determinar si será o no confortable al momento de ser habitado. Entre los materiales considerados en este trabajo se destacan: tierra, agua, cal (CaO), alambre de púas y sacos de polipropileno. Esta técnica permite la construcción de casas seguras de forma sencilla, ecológica y sostenible, por ello no cabe duda que, gracias a sus características económicas, ecológicas y facilidad de construcción, puede ser una solución adecuada para la construcción de viviendas en situaciones de emergencia o para personas con escasos recursos económicos.

Capítulo I

El Problema

Motivación de la Investigación

Canadell (2016, citado en Palacios & Donoso, 2019) comenta que:

Más de un cuarto de la población mundial vive en malas condiciones actualmente. La construcción local con tierra, podría ser la respuesta a las necesidades de construcción de la población mundial. La tierra es un material disponible en muchos lugares del planeta, un material que no requiere de ningún proceso intermedio, por lo tanto, está listo para construir, favoreciendo al desarrollo local poniendo en valor la cultura y los saberes locales.

La construcción en tierra, se trata básicamente de pensar en las futuras posibilidades de la arquitectura en tierra y contribuir a que se generen poco a poco, gracias a gente interesada en la investigación y en el tema, bases científicas y técnicas para la construcción en tierra, sobre todo en aquellas tecnologías que aún carecen de suficientes estudios necesarios como es el Superadobe (Harke, 2010).

Khalili (2008, citado en Palacios & Donoso, 2019) nos habla sobre el Superadobe y nos especifica que:

El Superadobe es una técnica de construcción muy versátil capaz de replicarse en cualquier parte del mundo sin importar las condiciones, características o topografía de su alrededor, provocando el menor impacto ambiental posible, dado que su composición está dada por sacos de tierra en filas enganchadas entre sí por alambre de púas para ser apiladas unas sobre otras.

Si bien es cierto que la técnica del Superadobe ha sido investigada por muchos años desde su aparición, no existen datos locales relevantes de su capacidad térmica y cómo interactúan los diversos materiales que se emplean en estas construcciones con el entorno en que se sitúan, además de la participación de la arquitectura bioclimática como método para lograr el confort térmico.

En la provincia de Manabí a diferencia de otras partes del Ecuador, el Superadobe no ha sido implementado debido a la poca difusión de este tema entre de la población, llevando consigo a posicionar al hormigón como un símbolo de prosperidad, afectando al medio y a las costumbres de los lugares en donde se emplea, dejando de lado inclusive la construcción tradicional elaborada con madera y caña, perdiendo así la identidad cultural del sitio.

Zhao (2015, citado en Palacios & Donoso, 2019) menciona que la tierra reúne características que casi ningún otro material de la construcción reúne, detallando que:

Es un tipo de construcción que utiliza el material que existe en el terreno, es decir que además de tener un ahorro de material en sí, existe un ahorro del transporte, lo que reduce la producción de CO₂ tanto en la producción del material como en su transporte. Es, por lo tanto, un material de construcción que conjuga perfectamente con los requerimientos actuales del mundo, económicos, ambientales, culturales y sociológicos.

En cuanto al comportamiento térmico de las construcciones en tierra, mucho se ha dicho, y a la construcción en tierra se le han atribuido propiedades térmicas que en muchos casos no las tienen, en general y dependiendo de la técnica constructiva aplicada, tienen una excelente inercia térmica, pero su resistencia al paso del calor es muy baja comparada con otros materiales (Andino, 2014).

Justificación

Evans (2001, citado en Palacios & Donoso, 2019) menciona que “el Superadobe fue creado por Nader Khalili, un iraní de nacimiento, adoptado en California de profesión arquitecto y que, a la edad de 38 años, decidió recorrer los desiertos de Irán, en donde fue aprendiendo las técnicas de construcción innovadora y sostenible.

La investigación se orienta en el aprovechamiento y mejoramiento de los recursos que la técnica de construcción mencionada [Superadobe] nos provee, debido a que con la misma no solo se enfoca la mirada hacia el futuro del planeta, sino también; a la reducción del impacto ambiental que produce el sector de la construcción.

La iniciativa de esta investigación surge desde la necesidad de uno de los moradores del sector “Las Lomas de Riochico” de realizar la construcción de una vivienda la cual fuera económica, eficiente y ecológica.

El área predestinada para el estudio de caso fue proporcionada por la Ing. Zoila María López Bravo y se encuentra ubicado en el sector “Las Lomas de Riochico” perteneciente a la Parroquia Riochico del Cantón Portoviejo. El terreno lindera al frente con el camino público siguiendo su trazado, con noventa y ocho metros con sesenta centímetros [98.60 m]; por su parte posterior con la propiedad de Liliana Bowen, con cien metros y treinta y ocho centímetros [138 m]; al este con propiedad de Andrea Zambrano, doscientos treinta y un metros con once centímetros [231.11 m], y al oeste con propiedad de Rita Vera Mejía, con doscientos dieciocho metros con cuarenta y tres centímetros [218.43 m], cuenta con un área de 22.000 m², posee una topografía irregular además de contar con pendientes pronunciadas. Cabe recalcar que no se hará uso de la totalidad del terreno.

Figura 1*Terreno Escogido para Análisis de Caso*

Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 2*Terreno Escogido para Análisis de Caso*

Nota. Imagen proporcionada por autores del análisis de caso (2021).

Dentro del terreno se puede apreciar una cantidad considerable de árboles de los cuales se destaca el ceibo el cual se encuentra protegido según el art.236 de la ordenanza que regula el desarrollo y el ordenamiento territorial del cantón Portoviejo, en el que se estipula lo siguiente:

“Toda obra de conservación, recuperación o de nueva edificación, deberá tener en cuenta la protección de la vegetación, que viene a constituir parte del patrimonio arbóreo y natural (muy especialmente las especies autóctonas y tradicionales)” (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Portoviejo [GAD], 2018, p. 154).

Debido a las dificultades que representa construir una vivienda convencional en el terreno escogido, como lo son; la accesibilidad al terreno y la falta de servicios básicos, se comenzó a indagar sobre alternativas constructivas que lograran satisfacer los requerimientos del propietario, es así como se llegó a la conclusión de construir una vivienda aplicando el Superadobe, dado que esta técnica no necesita agua ni electricidad para llevarse a cabo y los materiales con los que ejecuta el proceso constructivo son de fácil movilidad.

La construcción con Superadobe, es una técnica de desarrollo resistente que, gracias a la geometría de diseño, ofrece edificaciones auto resistentes, integrado con el medio ambiente. De sencilla construcción, basada en sacos de polipropileno rellenos de cualquier material granular, que se compactan en posición horizontal, generando hiladas superpuestas unidas entre ellas mediante alambre de púas o estacas de madera.

Este tipo de construcciones presentan muchas ventajas, entre ellas el bajo costo de construcción, mano de obra y materiales no costosos; sin embargo, en Manabí no se han realizado estudios para determinar si sus cualidades térmicas y constructivas son favorables o desfavorables, para lograr el confort del habitante.

Debido al casi nulo desarrollo que ha tenido este tipo de construcciones en la provincia y a la poca información que se ha podido recopilar del sector en donde se encuentra el terreno escogido para el estudio de caso, se indagara en normativas habitacionales, ambientales y

constructivas, además de realizar estudios de suelo y de confort térmico con el fin de demostrar y documentar la correcta ejecución del proceso de construcción.

Objetivos

Objetivo General

Identificar las soluciones bioclimáticas y constructivas que el Superadobe ofrece en relación a otros métodos constructivos ejecutados en el sector.

Objetivos Específicos

- Comparar costos de construcción de espacios habitables desarrollados con la técnica del Superadobe en relación a otros métodos constructivos ejecutados en el sector.
- Analizar el comportamiento de los materiales del Superadobe de acuerdo al sector en donde se implementará.
- Determinar el nivel de aceptación local que ha tenido la técnica del Superadobe.

Capítulo II

Marco Teórico

Antecedentes de la Investigación

Mediante la utilización de una línea de tiempo Monjo (2005) expresa que:

La evolución de los sistemas constructivos de edificaciones que nos afectan en la actualidad, se inició en el primer cuarto del siglo XX a partir de la introducción generalizada de distintos tipos de técnicas las cuales se han basado en añadir una serie de materiales procesados como el cemento, el metal, el acero, sellantes, aditivos, etc., que parecieran facilitar la respuesta funcional de todas las construcciones que se llegasen a realizar.

A lo largo del tiempo muchos investigadores han enfocado sus vidas a estudiar métodos con los cuales se pudiese desarrollar una estructura sólida y dar un aspecto agradable a una vivienda, sin la necesidad de implementar grandes cantidades de productos industrializados los cuales llegan a generar efectos dañinos al ambiente. Para María Teresa Ledezma y Nora Rivera (2010):

La acelerada evolución de la civilización contemporánea conduce a una minuciosa revisión acerca de los problemas relacionados con el ser humano, entre los cuales destacan el aspecto ecológico, el cual, si se relaciona con el constructivo, se puede descubrir que se ha abusado de materiales en el que el proceso de fabricación produce derroches importantes de energéticos (p. 61).

En el ámbito de la arquitectura ha aumentado la preocupación por el medio ambiente. El incremento de la explotación de los recursos naturales hace cada vez más necesario revisar las técnicas constructivas de la actualidad. Es de ahí donde nace la tendencia cada vez mayor de

buscar nuevas formas de construir que valoren y respeten al máximo el medio ambiente. Cada vez son más frecuentes los términos que aúnan los conceptos de construcción, arquitectura y medio ambiente como por ejemplo “bioconstrucción”, “passvhouse”, “permacultura”, “bioarquitectura”, en esa búsqueda de minimizar el consumo de recursos buscando la mayor sostenibilidad.

Es natural que en esta búsqueda de construcciones más sostenibles se realice una revisión de las técnicas de construcción vernáculas, haciendo hincapié en las construcciones que utilizan materiales naturales y elementos reciclados como lo son la arquitectura con tierra, con paja, desechos plásticos y cartón. Siendo la construcción en tierra una de las técnicas más antiguas que ha tenido un aporte vital en la historia, pasando de ser un método constructivo poco difundido a una alternativa habitacional accesible y económica, causando de que en la actualidad un tercio de la población mundial viva en viviendas de tierra.

Las más grandes obras desarrolladas por la humanidad durante todos sus años de existencia como lo son:

La Gran Muralla China, los templos del imperio egipcio o las pirámides Aztecas, así como gran parte del patrimonio de Asiria y África, han sido construidos en tierra, permitiendo catalogar las construcciones en tierra, no solo como un referente constructivo para los arquitectos e ingenieros, sino como patrimonio cultural del mundo, que se ha visto afectado por el crecimiento de la industrialización. (META2020 arquitectos, 2016)

Existen diferentes tipos de construcciones en tierra que se desarrollaron durante los años en diferentes partes del mundo, entre las que tenemos; el adobe, el tapial, el BTC, el Superadobe, el COB y el terrón. Además de estas, también existen técnicas mixtas, que mezclan y combinan

la tierra con otros materiales para mejorar sus propiedades, entre las cuales tenemos; el adobillo, la quincha o bahareque y la tierra alivianada.

Los primeros experimentos con el objetivo de hacer construcciones “no provisionales” fueron proporcionados por:

Frei Otto, un arquitecto e ingeniero de estructuras en 1925 [Alemania]. El también ingeniero de estructuras, Gernot Minke, conocido a nivel mundial en el sector de la construcción con tierra, ha investigado y expandido diversos métodos constructivos con tierra. Desde los años 70 hasta la actualidad, ha escrito y publicado decenas de libros sobre tapial, Bloques de Tierra Compactada (BTC), muros de adobe, bahareque y Superadobe. Gernot, continúa colaborando en estudios y construyendo estructuras con el método del Superadobe (Hernández, 2017, p. 10).

Nader Khalili (1936-2008), un arquitecto iraní, fue el precursor de la técnica del Superadobe y es considerado el padre de la técnica, un método inspirado en la filosofía de Rumi, el poeta místico sufí del siglo XIII, y antiguos métodos arquitectónicos de construcción del Oriente Medio, que descubrió mientras recorría en motocicleta su patria, la República Islámica de Irán, en un viaje que duró cinco años. (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual [OMPI], s.f)

Para Nader Kalili, “El Superadobe es un adobe extraído de la historia y adaptado al nuevo siglo. Es el cordón umbilical de dos mundos del adobe, el tradicional y el futuro” (Ciudad, 2014, p. 75).

Desde la aparición del Superadobe, arquitectos, ingenieros e investigadores han indagado sobre esta técnica, la cual se ha mencionado e implementado por gobiernos de manera macro para la construcción de escuelas, refugios y viviendas en países como; las Bahamas, Brasil,

Bélgica, Canadá, Chile, China, Ghana, Guatemala, India, Irán, México, Mongolia, Nepal, Pakistán, Panamá, Siberia, Sudáfrica, Tailandia y Estados Unidos, además se conocen datos de proyectos realizados bajo esta técnica en otros países no mencionados de Sudamérica, Oriente Medio y Europa (Antonio, N. 2014).

Como se menciona en el párrafo anterior, las construcciones en Superadobe se han destinado a proyectos de comunidades vulneradas, pero:

La idea de Khalili era implementar el sistema en ciudades y construcciones de alta escala con el fin de demostrar que este sistema podría significar realmente una transformación en el modelo de arquitectura e ingeniería preponderante (Ledezma María & Rivera Norma, 2010, p. 66).

El instituto fundado por el Arq. Nader Khalili en 1991 ha producido varios libros y videos para demostrar sus métodos, sin embargo, otras personas han desarrollado varios estudios sobre el Superadobe logrando así resolver muchas incógnitas que van apareciendo al pasar de los años sobre este método constructivo. Como es el caso de Paulina Wojciechowska, Kelly Hart, Kaki Hunter, Doni Kiffmeyer, además de muchos profesionales como Akio Inoue, de la Universidad Tenri en Japón y Scott Howard de Earthen Hand, quienes han probado y construido edificios. Robert Shear construyó una casa de sacos de tierra inspirada en naves terrestres en Utah y Morgan Caraway de Sustainable Life School está construyendo una casa que también incorpora principios de diseño de naves terrestres. (Wikipedia, párr. 9-12).

En Ecuador al igual que en otros países del mundo, la utilización de la tierra para la construcción tiene una gran historia cultural e histórica:

En la época de la colonia española, los materiales de construcción de viviendas privadas eran de tierra [adobe] de entre uno a dos pisos y los techos eran de barro a excepción de las casas de nobles y ricos que se construían con piedra labrada (Ríos, M. 2013, p. 12).

Las construcciones en tierra “se intensificaron por parte del Estado y de instituciones financieras nacionales e internacionales a partir del año 1987, año en el que se produjeron sismos que afectaron de manera sensible a las zonas rurales, cercanas a Quito” (Ceballos, 1992, párr. 15).

A pesar de una larga investigación en diferentes páginas web, publicaciones por periódicos y otros métodos informativos no se encontró una fecha específica en la cual se pueda dar veracidad sobre la incursión del Superadobe en Ecuador, pero por medio de un breve análisis entre las fechas de cada publicación sobre las construcciones de este tipo en Ecuador se puede determinar que los primeros indicios en la utilización de esta técnica dentro del país fueron entre el año 2012 y 2013, más sin embargo durante el periodo entre los años mencionados y el actual se ha llevado a cabo más de estas construcciones ecológicas, localizándose en su mayoría en la región Sierra.

Marco Legal

Revisando la Constitución Política de la República del Ecuador en su artículo 375 se establece que:

Art. 375.- El Estado, en todos sus niveles de gobierno, garantizará el derecho al hábitat y a la vivienda digna, para lo cual: 1. Generará la información necesaria para el diseño de estrategias y programas que comprendan las relaciones entre vivienda, servicios, espacio y transporte públicos, equipamiento y gestión del suelo urbano. 2. Mantendrá un catastro nacional integrado georreferenciado, de hábitat y vivienda. 3. Elaborará, implementará y

evaluará políticas, planes y programas de hábitat y de acceso universal a la vivienda, a partir de los principios de universalidad, equidad e interculturalidad, con enfoque en la gestión de riesgos. 4. Mejorará la vivienda precaria, dotará de albergues, espacios públicos y áreas verdes, y promoverá el alquiler en régimen especial. 5. Desarrollará planes y programas de financiamiento para vivienda de interés social, a través de la banca pública y de las instituciones de finanzas populares, con énfasis para las personas de escasos recursos económicos y las mujeres jefas de hogar. 6. Garantizará la dotación ininterrumpida de los servicios públicos de agua potable y electricidad a las escuelas y hospitales públicos. 7. Asegurará que toda persona tenga derecho a suscribir contratos de arrendamiento a un precio justo y sin abusos. 8. Garantizará y protegerá el acceso público a las playas de mar y riberas de ríos, lagos y lagunas, y la existencia de vías perpendiculares de acceso. El Estado ejercerá la rectoría para la planificación, regulación, control, financiamiento y elaboración de políticas de hábitat y vivienda. (Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador, 2008)

Así mismo, investigando en la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo [LOOTUGS] en su artículo 7, estipula que:

Art.7.- Implicaciones de la función social y ambiental de la propiedad. Para efectos de esta Ley, la función social y ambiental de la propiedad en el suelo urbano y rural de expansión urbana implicada: 1. La obligación de realizar las obras de urbanización y edificación, conforme con la normativa y planeamiento urbanístico y con las cargas urbanísticas correspondientes. 2. La obligación de destinar los predios al uso previsto en la ley o al planeamiento urbanístico. 3. El derecho de la sociedad a participar en los beneficios producidos por la planificación urbanística y el desarrollo urbano en general.

4. El control de prácticas especulativas sobre bienes inmuebles y el estímulo a un uso socialmente justo y ambientalmente sustentable del suelo. 5. La promoción de condiciones que faciliten el acceso al suelo con servicios a la población con ingresos medios y bajos. 6. Conservar el suelo, los edificios, las construcciones y las instalaciones en las condiciones adecuadas para evitar daños al patrimonio natural y cultural, y a la seguridad de las personas. La función social y ambiental de la propiedad en el suelo rural se establece en las leyes que regulan el suelo productivo, extractivo y de conservación. (Ley de Ordenamiento Territorial, Uso y gestión del Suelo, 2016).

En la Constitución de la República del Ecuador, así como en otras leyes que rigen el ámbito público del país, no se pudo encontrar más información que permita ampliar el aspecto legal del análisis de caso en cuanto al tipo de construcción que puede o no puede emplearse dentro de un área determinada. Cabe mencionar que:

El creciente interés por este antiguo material y ante la falta de un marco legal muchos países intentan normalizar su uso para resolver los problemas actuales derivados de la ausencia de una normativa que permita el uso en las técnicas de construcción con tierra cruda. (Cid, et al., 2011, p. [2])

Marco Conceptual

A continuación, se desglosarán definiciones que permitan dar un mejor entendimiento de la investigación al lector.

Espacio habitable

Arzoz (2014) se refirió a “la arquitectura como el espacio habitable por excelencia. Los objetos arquitectónicos son simples instrumentos que no tienen un fin dentro de un espacio. Su

finalidad trasciende más allá. Consiste en satisfacer de las necesidades espaciales del hombre habitador”. (párr. 2).

Al investigar sobre el Superadobe se pudo encontrar varios métodos constructivos que guardan una relación con el tema del análisis del caso, que también son amigables con el ambiente y que también usan la tierra como materia prima para la ejecución de los mismos. Se analizaron conceptos básicos de estas técnicas para situar al lector en la importancia de recobrar la tierra como un material primario dentro de la construcción.

Tapial

En Wikipedia (s.f) se detalla que “en España, tapial y la cuenca mediterránea, o tapia en Hispanoamérica, a la pared que se hace con tierra amasada, mediante una antigua técnica que consiste en erigir muros con tierra arcillosa húmeda, compactada a golpes mediante un [pisón], empleando para conformarla un encofrado de madera llamado propiamente tapial” (párr. 1).

Btc

Mompó (2015) explica que “los bloques de tierra comprimida, BTC, son bloques constructivos fabricados a base de una mezcla de tierra, arena y arcilla, pudiendo adicionarles cal aérea o hidráulica como estabilizante” (párr. 1).

Cob.

El Cob es un método de construcción tradicional con arcilla, arena, fibra vegetal (paja) y agua. Las construcciones hechas con esta mezcla tienen una gran resistencia y un impacto mínimo en el ambiente, dado que utilizan materiales no procesados, naturales y locales, característica que hace de ésta una técnica económica e ideal para la autoconstrucción.

(Construir una casa ecológica, bioconstrucción con COB, 2016)

Terrón.

Se denomina “terrón” al compuesto en si (trozo de tierra con pasto), y a la técnica constructiva que implica apilarlos uno sobre otro en el muro. (Salazar, 2019)

Adobillo

Técnica que mezcla una estructura portante de madera, con otra de relleno que confiere estabilidad y arriostamiento al conjunto. Este relleno que es similar al adobe, aunque diferente en forma, se ensambla entre los pilares de madera. Usado en Chile (META2020, 2016).

Quincha o bahareque

La quincha o bahareque aun en la actualidad se implementa en Ecuador y otros países:

Es una de las técnicas más usadas en las construcciones, es utilizada en todos los estratos de los indígenas del pequeño al gran propietario ya que más fácil, rápida y económica de realizar y no es necesaria mano de obra especializada (Yépez, 2012).

Tierra alivianada.

Técnica compuesta por una estructura portante, de madera o acero, en el que se rellena con barro con alto contenido en fibras, casi siempre paja. Liviano y aislante (META2020, 2016).

Adobe

Sulbaran (2016) destaco que el adobe es una técnica constructiva que se ha implementado desde épocas ancestrales:

Su herencia proviene desde la época prehispánica, y hasta la actualidad sigue siendo utilizada como una técnica que se adapta muy bien a climas como el de la zona andina. El principal material de este sistema constructivo es la tierra, con la que se hacen los bloques

de adobe para los muros auto portantes de la estructura, así como el mortero que junta los cimientos (párr. 3).

Superadobe

Ecomundo (2017) se refirió al Superadobe como “una técnica de construcción natural que se basa en la utilización de sacos llenos de tierra, intercalados entre sí a través de alambre de púas” (párr. 1).

Esta técnica brinda múltiples ventajas que van desde un gran aislamiento térmico y acústico a un casi un nulo uso de energía para la construcción; características que hacen de ésta una técnica un tipo construcción económica y de bajo impacto ambiental.

Por lo general las dimensiones de estas construcciones dependen de los requerimientos de la persona que hará la construcción, pero se manejan domos de 4 metros de diámetro [8 metros de radio], los cuales ocupan 40 toneladas de tierra. Las paredes de los domos de Superadobe oscilan entre los 39 a los 60 cm de ancho, dependiendo del ancho del saco que se use para realizar la vivienda.

Ciudad. M (2014), en el libro *Manual de Superadobe* [el cual es de su autoría], estipula ciertas directrices que permiten a cualquier persona realizar una vivienda aplicando el Superadobe, comenzando desde lo más básico hasta la ejecución misma de la residencia, es así como se comienzan a manejar conceptos como:

Análisis de la tierra y orientación.

Análisis de la tierra en donde se hará el domo. Hay que tener en cuenta que los domos se hacen con la tierra que se retira para hacer los cimientos y la que se acumula al nivelar la zona de construcción.

Es de suma importancia saber su porcentaje de grava, arena y arcilla. Se debe realizar varias pruebas en el terreno, en el lugar de la cimentación y la zona de extracción para asegurarnos que no haya variaciones granulométricas.

Para realizar la comprobación de los porcentajes granulométricos se deberá tomar la muestra a 30 cm de profundidad observando que no existan restos de materia orgánica dentro de la muestra, para luego ser colocada en un tarro de cristal [mejor cuadrado que cilíndrico] mezclado con agua dejándolo reposar por tres días.

Para saber el porcentaje de granulometría de la muestra del terreno, se deberá tomar una regla con el fin de medir la longitud total de la tierra almacenada que será el 100% del material total.

Después se miden los centímetros de la arena y grava y mediante una regla de tres se establece el porcentaje de grava y arena y se realiza el mismo proceso para determinar el porcentaje de arcilla. Es de suma importancia observar si existen líneas negras entre la separación de la arena y la arcilla, debido a que esto nos indicaría que existe limo, el cual es perjudicial para la mezcla del Superadobe.

Los parámetros que debe poseer la muestra son 30% de arcilla y un 70% de arena. En el caso de agregar cal para una mejor estabilidad los porcentajes deben ser 20 y 80% respectivamente. Para las pruebas de resistencia se realizan dos métodos:

En vasos de plástico. Se realiza la mezcla al llamado 20% [realmente es un 18,18%] con 10 cucharadas de cuchara sopera por 2 de cal disuelta en 1 ó 2 cucharadas de agua mezclándola en un vaso de plástico, se añade el agua poco a poco hasta obtener una mezcla plástica. Se coloca un plástico fino y se realizan varios agujeros con una aguja.

Se deja fraguar como mínimo una semana refugiada del sol. Al finalizar el fraguado se sumerge el bloque en un recipiente con agua durante 3 días. Posteriormente se debe observar su estado, se lo retira y se identifica si hay erosión y si se desmenuza fácilmente en las manos. Si se aplica presión se colapsará, pero si se deja secar al sol estará tan maciza como lo era antes de sumergirla en agua. Se realizan varias muestras y es conveniente hacerlas si la tierra utilizada en la construcción cambia de color y/o de granulometría.

En saco de rafia. Se selecciona un tramo de saco de rafia de unos 1,5 metros. Y se introduce la mezcla de tierra, 5 lampadas de tierra por 1 de cal. Se puede llevar a cabo en cubos de idéntico volumen. En este caso se disminuye la cantidad de volumen, pero su porcentaje se mantiene. La relación es la misma 10 a 2 y para hacer esta prueba 5 a 1. La mezcla se realiza en la hormigonera.

Orientación del domo. El domo se orienta respecto al Norte y Sur solar. La razón de esta orientación es para aprovechar al máximo la energía del sol con el fin de que el domo se mantenga templado durante el invierno.

Cimentación, impermeabilización y drenaje.

El proceso para realizar la cimentación de un domo de Superadobe es idéntico al de las construcciones convencionales, se trata de excavar para llegar a la zona más compacta y saneada en donde se asentará el domo.

Existe un método desarrollado por geólogos para saber hasta dónde llegar y tener la seguridad que el terreno va aguantar el peso sin hundirse. La tierra es porosa y tiene aire en su interior por lo tanto al inicio es fácil de cavar, pero al sobrepasar el 1,50 de

profundidad, dependiendo del lugar, se vuelve más compactada e incluso cambia de color.

Cimentación. La cimentación engloba el conjunto de la zanja, la disposición de una cama de grava o sacos rellenos de grava, la impermeabilización y la colocación de los sacos con mezcla [con o sin aporte de cemento] hasta el nivel de suelo.

La cimentación se puede llevar a cabo de dos formas; rellenar de grava la zanja de cimentación, impermeabilizar y empezar a construir [tirando líneas de saco] y llenar sacos de grava sobre la zanja, impermeabilizar y seguidamente tirar saco con mezcla.

La grava que se coloca como base para la cimentación hay que comprarla y no debe exceder de los 4cm, un domo de 4 metros de diámetro tiene un peso de aproximadamente 35 toneladas, pero este peso se reparte equitativamente en cada sección circular.

No necesita una base de hormigón, solo es necesaria la resistencia del terreno a la profundidad adecuada, sobre una cama de grava. El terreno, es el que realmente soporta la estructura y permite que el domo no se “hunda”. Es el fenómeno denominado subsidencia. Si el terreno en el cual, un edificio es construido, no es el adecuado, este cede ante el peso y el edificio puede hundirse varios centímetros hasta que llega a un punto de equilibrio.

Impermeabilización de la cimentación. Existen varias técnicas y materiales, en caso de que la grava de la cimentación sea ensacada, se tiene que tener mucho cuidado con la colocación del material impermeabilizante, este material no puede quedar arrugado, aplastado o agujerado.

En el caso del relleno de la zanja con grava, se coloca el material impermeabilizante listo para envolver las tiradas de saco de cimentación; es decir, se coloca el material para impermeabilizar seguido de la capa de grava para luego colocar los sacos para la cimentación.

Drenaje. Para evitar que el agua afecte a la edificación, se coloca un sistema de drenaje en la zanja de cimentación. Un porcentaje más profundo que la base, el objetivo es “atrapar” el agua que se infiltra por la lluvia. Esta agua es de infiltración lenta y es relativamente fácil de atrapar, hay que evitar condensaciones en nuestra cimentación.

Consiste en una zanja con una base de arena, tela geotextil porosa, un tubo de PVC con huecos que rodee la circunferencia del domo y grava, mucha grava para cubrir toda la zanja.

La base de arena nos ayudará para dar una pendiente de unos 2° a la tubería está pendiente la haremos desde un lado del domo [la tubería y la zanja rodea el domo] desde una parte más alta a otra más baja.

Ejes horizontal y vertical del domo.

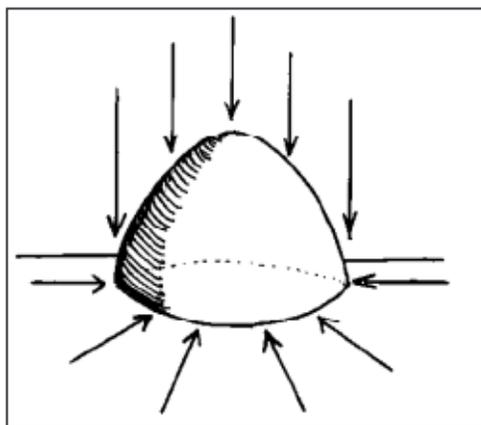
Es el proceso de mayor importancia en la construcción de un domo. Hay dos ejes; el eje vertical y el eje horizontal. El eje vertical, el cual coloca en la parte exterior del muro [en la puerta] con una cadena y una arandela en el extremo. Debe llegar a tocar en la parte más baja del domo perfectamente. Marcará el arco del domo.

El eje horizontal se coloca justo en el centro del domo con algo que permita que gire alrededor del domo. Una arandela conectada a un rodamiento, lo correcto sería colocar un rodamiento de silla rotatoria atornillada a un palo de madera el extremo también tendrá una arandela. Es importante que sean cadenas con eslabones pequeños y

muy resistentes y la cadena que se coloca en el eje horizontal [el del centro] ha de medir el diámetro del domo más la anchura del saco. Hay que tener en cuenta que irá “creciendo” a medida que avancemos en el domo y en las vueltas finales, acabará midiendo la medida del eje vertical el diámetro más la anchura de saco.

Contrafuertes y ábsides.

Las cargas del domo se representan en la **Figura 3**, en las que se pueden apreciar *las fuerzas dinámicas que actúan sobre una estructura en forma de domo.*



Nota. Imagen tomada del Libro: *Manual de Superadobe*. Elaborado por Ciudad. M. (2014).

<https://sf2217758f40e4116.jimcontent.com/download/version/1573824485/module/13081198131/name/MANUAL%20SUPERADOBE%202014.pdf>

Las líneas horizontales que van hacia fuera se han de contrarrestar con un contrafuerte para evitar que se desmorone el domo.

El domo por sí solo no podrá soportar las cargas del peso, así que hay reforzarlo.

Hay tres formas de reforzarlo:

Enterrándolo. Si el domo se entierra bien, hasta el nivel del arranque, más unos 50 cm extras, de la línea de curvatura, no habrá problema. El nivel del suelo se

posicionará por debajo del de la superficie exterior y las ventanas casi a nivel del suelo. El único problema es el gasto en materiales de impermeabilización.

Colocar contrafuertes. Para evitar un gasto innecesario en materiales de impermeabilización, se rodea el domo con hiladas de saco. Las hiladas de saco del domo se conectan con alambre de púas, pero en este caso en forma de “eses” cosiendo las dos tiradas de saco. La regla es sencilla hay que levantar un muro rodeando el domo que supere la línea de arranque de la curvatura al menos 50 cm, aunque se deberá superar por medida extra de protección.

Ábsides. Son habitaciones alrededor del domo que tienen la función de refuerzo estructural; es decir, actúan de contrafuerte (pp. 4 – 37).

Durante y después de la construcción del proyecto se tomarán en cuenta varios puntos a estudiar entre los cuales destaca el análisis térmico, el cual a su vez incluirá aspectos como:

Capacidad térmica

La capacidad térmica de un material es la cantidad de calor puesto en reserva cuando su temperatura aumenta en 1°C. Se expresa en Wh/m³°C y se obtiene de la multiplicación de la masa por el calor específico del material. A más masa, mayor será la cantidad de calor que se deberá aportar a un material para elevar su temperatura. (Arnabat, 2014).

Confort térmico

El ministerio de desarrollo urbano y viviendas (MIDUVI, 2018) determina que el confort térmico es la “condición mental derivada de la satisfacción con el ambiente térmico”.

Comportamiento térmico

La sensación térmica que experimenta el ser humano a través de los sentidos en los espacios arquitectónicos está directamente relacionada con sus parámetros internos como:

Efusividad, conductividad térmica, rugosidad, emisividad, etc. La interacción del usuario al tacto con los materiales de revestimiento en paredes y suelos determina en la mayoría de los casos de manera prioritaria la sensación de confort que éste experimenta (Universidad de Alicante, 2011).

Propiedades térmicas

Las propiedades térmicas de los materiales son los parámetros que determinan el comportamiento de los materiales frente al aumento de temperatura; es decir, la reacción de estos materiales frente al calor.

Una propiedad térmica es la respuesta de un material al ser calentado. Fusibilidad, calor, temperatura, capacidad calórica, calor específico y dilatación térmica (Jiménez Guzmán, et al., 2019).

Inercia térmica

Haverland (2015) se refirió a la inercia térmica como:

La propiedad que indica la cantidad de calor que puede almacenar un cuerpo y la velocidad con el que lo cede o lo absorbe. Esta depende de la masa, el calor específico de sus componentes y del coeficiente de conductividad térmica de estos, en otras palabras; es la propiedad que los cuerpos poseen para almacenar calor y la velocidad con la que lo absorben o ceden (párr. 1).

Para el desarrollo del proyecto se pensó desde el inicio en una manera de construir una vivienda la cual como punto clave lograra ser amigable con el medio ambiente para lo cual se tuvo que indagar en términos como:

Bioarquitectura

La bioarquitectura no solo se edifica con materiales de la naturaleza, también entran en juego las formas, la conexión con la tierra y las energías positivas.

Es decir, al final el concepto bioarquitectura engloba toda aquella arquitectura que busca establecer relaciones que se encuentren en equilibrio con lo construido, el medio ambiente, el entorno y las personas que habitan estos espacios.

Además, a nivel constructivo, se intenta dar la mejor respuesta y uso a los recursos energéticos del lugar, para poder generar el menor impacto posible al medio ambiente local (Cagel Comunicaciones SA, 2020).

Bioconstrucción

Espinosa (2016) se refiere a la bioconstrucción como una disciplina dentro del mundo de la arquitectura y de la edificación que busca la integración del edificio en el entorno.

Para ello es necesario conocer cómo funcionan las leyes de la naturaleza y conseguir el mínimo impacto. Se deben elegir técnicas constructivas que se adapten al entorno, paisaje y sociedad donde se implanta el proyecto. Permitiendo que estas envolventes generen espacios interiores que se convierten en la tercera piel del individuo, con lo que debe cumplir las mismas funciones que este tejido protector de nuestro organismo (párr. 1).

Passivhouse

Es un término originado en Alemania, por el cual se reconoce a una vivienda que logra un ahorro energético de entre el 70 al 90%.

Para lograr esto estas viviendas deben basarse en criterios de diseño que permiten el aprovechamiento de la energía, la luz natural durante el invierno y la minimización de la incidencia solar durante el verano.

Permacultura

Mollison y Holmgren (1978, citados en Ledezma & Rivera, 2010) comentan que “la permacultura es el diseño conciente [*sic*] de paisajes que imitan los patrones y las relaciones de la naturaleza, mientras paralelamente suministran alimento, fibras y energías abundantes con el fin de satisfacer las necesidades locales” (párr. 7).

Para entender unos de los principales lineamientos de la investigación se deberá entender el término:

Impacto ambiental

Gómez Orea & Gómez Villarino (2013, citados en Coppini, 2019) expresaron en su libro Evaluación de impacto Ambiental que:

El impacto ambiental es un cambio o una alteración en el medio ambiente, siendo una causa o un efecto debido a la efectividad y a la intervención humana, este impacto puede ser positivo o negativo. El negativo representa una ruptura en el equilibrio ecológico, causando graves daños y perjuicios en el ambiente, así como en la salud de las personas y demás seres vivos (pág. 19).

Marco Referencial

Figura 4

Casa Vergara en Colombia

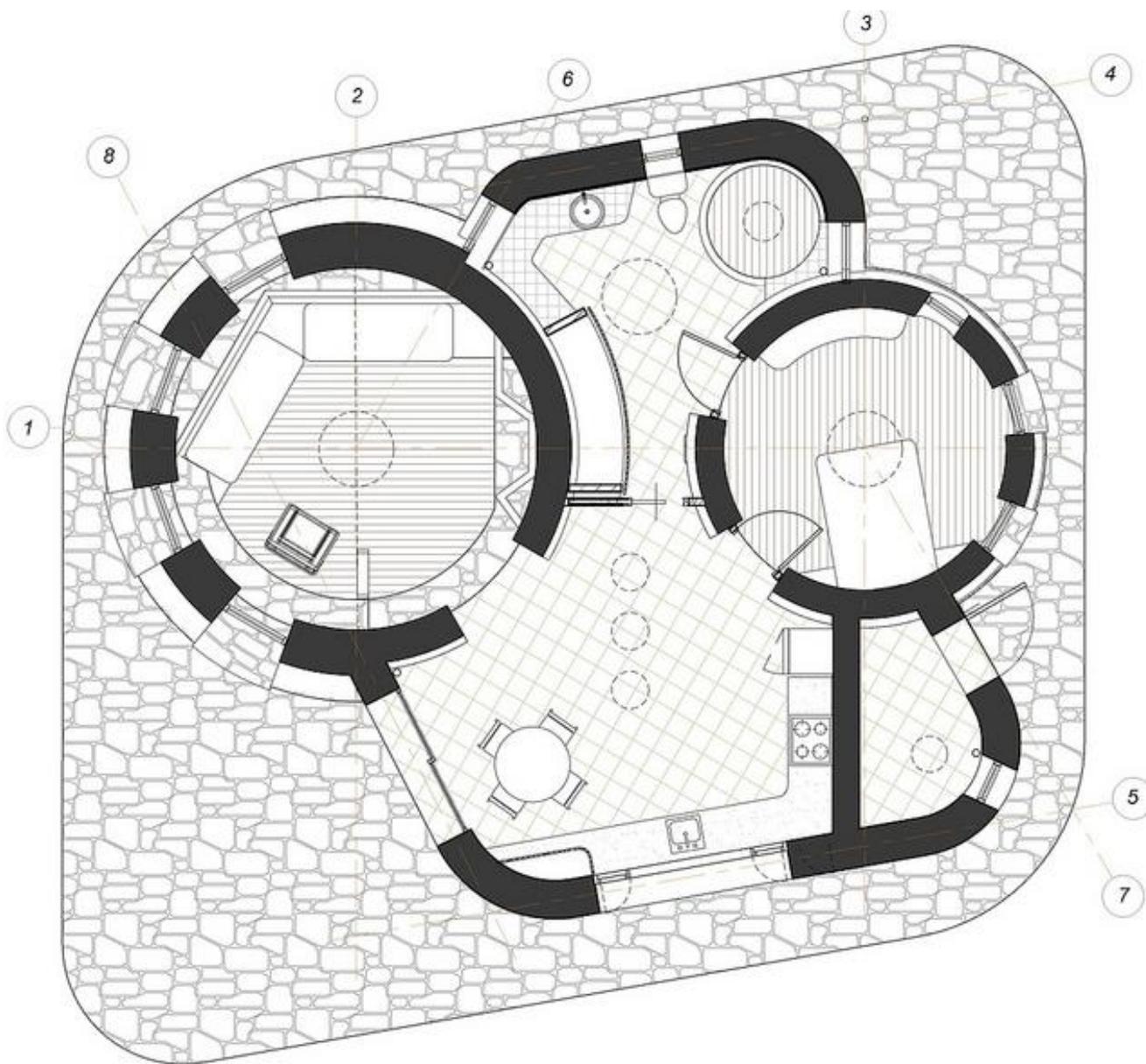


Nota. Resultado final de la construcción de una vivienda realizada con Superadobe por el arquitecto José Andrés Vallejo. Tomada de la *página web: El horticultor, el planeta primero. Casa en Colombia construida con bolsas de tierra se mantiene naturalmente fresca*. Elaborado por Reid, M. (2020). <https://elhorticulor.org/casa-en-colombia-construida-con-bolsas-de-tierra-se-mantiene-naturalmente-fresca/>

El diseño de esta casa ha sido desarrollado por el Arquitecto colombiano José Andrés Vallejo, es una vivienda rural ubicada en la ciudad Bogotá, en el municipio de Sopó, en el departamento de Cundinamarca, construida en el año 2011 por la compañía Arquitectura en Equilibrio y cuenta con un área de 85m², en él explora el potencial del Superadobe como tecnología constructiva sismo resistente, además que el arquitecto José Andrés Vallejo busca reducir al máximo la huella de carbono y dejar en claro que el precio de construcción por metro cuadrado es menor que el precio para los constructivos convencionales, lo que la convierte en una buena opción para viviendas con altas prestaciones bioclimáticas.

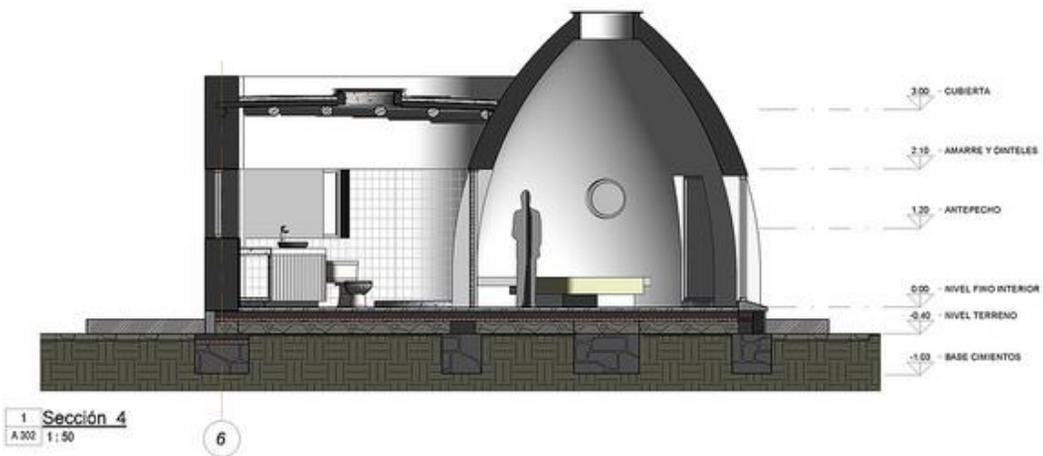
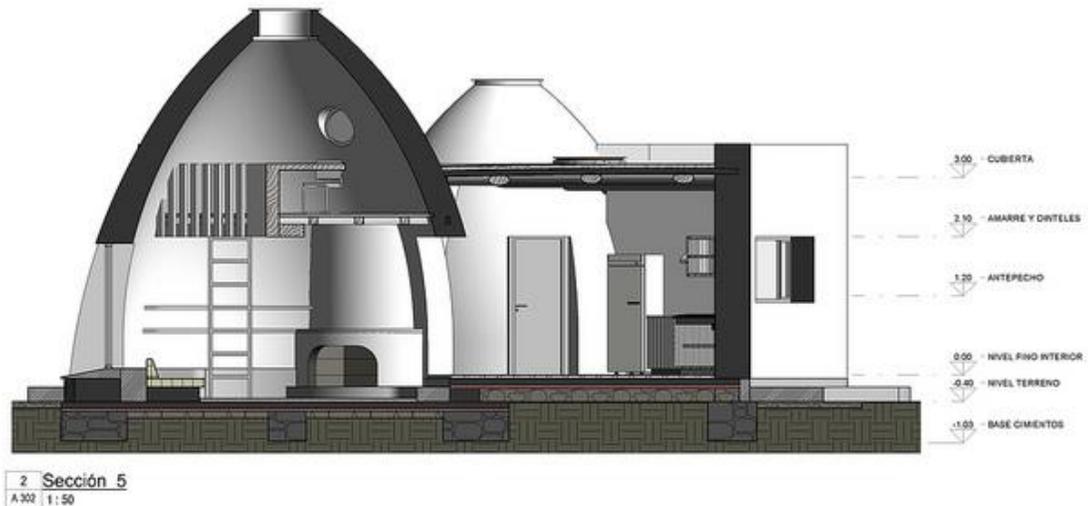
Figura 5

Plano Arquitectónico de la Casa Vergara



Nota: Planta arquitectónica de la Casa Vergara, construida por el arquitecto José Andrés Vallejo.

Tomada del sitio *web*: earthbagbuilding.com. *La casa Vergara*. Elaborado por earthbagbuilding.com (s.f). <http://www.earthbagbuilding.com/projects/casavergara.htm>

Figura 6*Sección Longitudinal y Transversal de la Casa Vergara*

Nota: Secciones de la Casa Vergara, construida por el arquitecto José Andrés Vallejo. Tomada del sitio *web*: [earthbagbuilding.com](http://www.earthbagbuilding.com). *La casa Vergara*. Elaborado por [earthbagbuilding.com](http://www.earthbagbuilding.com) (s.f).

<http://www.earthbagbuilding.com/projects/casavergarar.htm>

Este proyecto presenta mucha similitud en sus parámetros de estudio con la vivienda que se plantea construir en el sitio las Lomas de Riochico, dado al caso que ambas buscan dar a conocer la posible factibilidad del Superadobe como una técnica constructiva viable, lo cual se logrará desarrollando un análisis exhaustivo del comportamiento de los materiales que se implementaran en la obra durante y después del proceso de construcción el cual logre dar veracidad a la hipótesis planteada y dejando a la luz si realmente el costo de esta vivienda es más bajo que el de las viviendas tradicionales tomando en cuenta que tanto la Vivienda Vergara en Colombia y la Vivienda pronto a construirse en las Lomas de Riochico se encuentran ubicadas a una considerable distancia de puntos de expendio de materiales constructivos.

Figura 7

Complejo Hotelero Urku Wasi.



Nota. Hotel construido en Superadobe. Tomada del sitio *web: Nosotrossomosec. Urku Wasi, un destino para disfrutar de la naturaleza.* Foto realizada por Márquez, D. (2020). <https://www.nosotrossomosec.com/post/urku-wasi-un-destino-para-disfrutar-la-naturaleza>

Se logran apreciar seis domos de color blanco que resaltan entre las tradicionales casas de adobe y cemento construidas en la comunidad indígena de Tocagón, parroquia San Rafael de la Laguna, del cantón Otavalo.

La novedosa edificación es parte del proyecto Urku Wasi (Casa de la Montaña, en español) que se desarrolla en los pies del cerro Mojanda. Los inmuebles circulares fueron realizados con la técnica llamada Superadobe, explica Edward Barragán, diseñador industrial colombiano. El extranjero junto con Sebastián Caiza, líder de Tocagón, dieron impulso a esta iniciativa destinada al turismo comunitario. El proyecto, que se desarrolla en un terreno de 2 500 m², es un mirador natural que permite una vista panorámica del lago San pablo y el volcán Imbabura. (Benalcázar, W., 2016, párr. 1-4)

Figura 8

Sala y Comedor del Domo de Superadobe



Nota. Sala y comedor del hotel Urku Wasi Tomada del sitio *web: Nosotrossomosec. Urku Wasi, un destino para disfrutar de la naturaleza.* Foto realizada por Márquez, D. (2020).

<https://www.nosotrossomosec.com/post/urku-wasi-un-destino-para-disfrutar-la-naturaleza>

Figura 9

Cuarto Ubicado en el Segundo Piso del Domo de Superadobe



Nota. Cuarto en el hotel Urku Wasi. Tomada del sitio *web*: *Nosotrossomosec*. *Urku Wasi, un destino para disfrutar de la naturaleza*. Foto realizada por Márquez, D. (2020). <https://www.nosotrossomosec.com/post/urku-wasi-un-destino-para-disfrutar-la-naturaleza>

Se tomó en cuenta el proyecto Urku Wasi debido a que se encuentra ubicado en una colina lo que puede llegar a generar cierta información productiva a la hora de construir en Las lomas de Riochico y a pesar que el clima y características del suelo de la costa y sierra sean muy distintos la información recopilada sobre el proyecto Urku Wasi servirá como una referencia al momento de orientar las ventearías para poder aprovechar al máximo los vientos prominentes y evitar los rayos del sol que suelen generar molestias en ciertas horas del día, logrando así un adecuado desempeño de las técnicas bioclimáticas que se emplean en este tipo de viviendas.

Figura 10

Vivienda de Mary Jane y Morgan



Nota. Vivienda desarrollada con la técnica del Superadobe. Tomada del sitio *web*: *ConstruyePaís*, *noticiero de Arquitectura e Ingeniería*. *Construcción paso a paso de una casa con sacos de tierra*. <https://construyenpais.com/construccion-paso-a-paso-de-una-casa-con-sacos-de-tierra/>

Como se hace mención en la página web Construye País (2020), en donde buscando un diseño estable que no solamente fuera barato al principio, sino también hiciera ahorrar dinero a largo plazo, Mary Jane y Morgan se decidieron por construir su propia earthbag.

Debido a su forma y los materiales utilizados, esta casa earthbag tiene menos superficie útil que una casa normal, por lo mantenerla resulta más económica en todos los sentidos. El proyecto fue consolidado Al este del río Misisipi, frente a las costas atlánticas de Maine, se encuentra exactamente en el parque nacional Acadia, el cual alberga una gran

variedad de plantas y animales. Se tomó en cuenta este proyecto ya que la construcción de esta vivienda nace de la necesidad de dos chicas por construir una vivienda que fuese económica, funcional y a su vez respetara las leyes de conservación vegetal y animal impuestas por el sistema del país en donde se encuentra.

Necesidad que también nace de la señora Zoila López propietaria del terreno ubicado en las lomas de Riochico en donde se ha propuesto desarrollar la investigación de estudio de caso, buscando así demostrar si es cierto el bajo costo del desarrollo de la obra utilizando Superadobe además de comprobar si es amigable con el ambiente logrando respetar las normas impuestas en dicho terreno, en las cuales se incluyen la preservación de ciertas clases arbóreas.

Capítulo III

Marco Metodológico

En este apartado se realizará una descripción de los métodos y técnicas de investigación que han de aplicarse en este estudio de caso con el fin de cumplir con los objetivos propuestos.

Nivel de investigación

El grado de profundidad que posee la investigación, sugiere abordar la misma desde un punto de vista más amplio, debido a ello se hará uso de la investigación de nivel exploratorio.

Investigación exploratoria

La investigación se enmarca en el ámbito exploratorio, de acuerdo a Arias (1999) en la guía para la Elaboración de un Proyecto de investigación, este tipo de investigación “es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto poco conocido o estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto” (p. 19).

Diseño de la investigación

Las estrategias adoptadas que nos permitirán dar paso al desarrollo del estudio de caso son la investigación documental, investigación de campo e investigación exploratorio.

Investigación documental

Se realizará una investigación previa durante la fase inicial del estudio, encontrando información en diferentes páginas webs, tesis de grado y libros publicados por diferentes autores que permiten comprender como funcionan y como se construyen las viviendas con el Superadobe, siendo no solo una guía bibliográfica si no también práctica.

Investigación de campo

Con la finalidad de cumplir los objetivos presentados en el análisis de caso, se procederá a realizar trabajo de campo mediante la recolección de datos a través de instrumentos [encuestas] y técnicas [ensayos en laboratorio y observación del proceso de construcción] de investigación.

Investigación experimental

Sometimiento a diferentes pruebas de un espacio habitable construido con Superadobe para determinar si sus propiedades varían o no en un ambiente determinado.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Formato de presupuesto referencial

Como fase preliminar para realizar el presupuesto referencial con el que se llevará a cabo el cumplimiento del primer objetivo de esta investigación, se procederá a definir gráficamente los espacios requeridos por la Ing. Zoila López [propietaria del terreno]. Para iniciar con este proceso gráfico, primero se hará una investigación de los lineamientos básicos requeridos en un proyecto arquitectónico, como lo son el análisis de las condicionantes del terreno [vientos predominantes, olores, ruidos, asoleamiento y servicios básicos].

Finalizado este proceso se desarrollará el plano arquitectónico, las fachadas o elevaciones y las secciones necesarias para el entendimiento del proyecto. Una vez terminada la fase preliminar siendo aprobada por la beneficiaria, se realizará el presupuesto referencial en el cual se tomarán en cuenta los espacios habitables ya definidos con anterioridad [dormitorio y baño completo] área que será construida con la técnica del Superadobe.

Este presupuesto referencial será comparado con otros presupuestos los cuales tendrán la misma área total, los mismos espacios arquitectónicos y acabados similares, con la diferencia que serán

Formato de ficha técnica

Para cumplir con el segundo objetivo de esta investigación se deberán ejecutar varios procedimientos y estudios previos. De manera inaugural se comenzará con los estudios de suelo pertinentes que permitan dar a conocer las características físicas, químicas y mecánicas del suelo donde se implantará el proyecto.

Una vez realizado el estudio geotécnico se logrará determinar la naturaleza y propiedades del terreno, con lo cual se podrá conocer si la tierra que se encuentra en el terreno tendrá las características necesarias para el correcto funcionamiento del Superadobe, de no ser ese el caso se deberá hacer uso de tierra ya tratada.

Finalizada la fase de los estudios del suelo se comenzará la ejecución del proyecto ya mencionado, una vez obtenido el producto final será sometido a una serie de estudios térmicos los cuales serán evaluados mediante una ficha técnica, que nos permita valorar los niveles térmicos que generara el espacio durante diferentes horas del día [mañana, tarde y noche], permitiendo determinar si este método constructivo es o no favorable para lograr el confort térmico.

Figura 13

Formato de ficha técnica

		CARRERA DE ARQUITECTURA		
UNIVERSIDAD SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO				
CARRERA DE ARQUITECTURA				
Análisis de caso				
Análisis de la Técnica del Superadobe para la Construcción de Espacios Habitables en el Sitio las Lomas de Río Chico				
FICHA TÉCNICA				
DATOS GENERALES				
UBICACIÓN DEL SITIO				
FECHA	HORA			
TEMPERATURA AMBIENTAL	VELOCIDAD DEL VIENTO			
DATOS TÉRMICOS DEL DOMO CONSTRUIDO CON SUPERADOBE				
TEMPERATURA INTERNA EN EL DOMO	0°C A 19°C		TEMPERATURA EXTERNA DE LA PARED DE SUPERADOBE (°C)	
	20°C A 24°C			
	MAYOR A 25°C			
TEMPERATURA INTERNA DE LA PARED DE SUPERADOBE (°C)			VELOCIDAD DEL VIENTO DENTRO DEL DOMO (m/s)	
TEMPERATURA DEL SUELO (°C)			TEMPERATURA OPERATIVA (°C)	
HUMEDAD RELATIVA (30 A 40% MIN. - 60 A 70% MAX.)			TRANSMISIÓN TÉRMICA (W/m ² °C)	
TEMPERATURA RADIANTE (°C)			TEMPERATURA DE LA CUBIERTA (°C)	
ANÁLISIS CUALITATIVO DEL CONFORT TÉRMICO DENTRO DEL DOMO DE SUPERADOBE				
SEXO	MASCULINO		EDAD	5 - 15 AÑOS
	FEMENINO			15 - 25 AÑOS
HORA DE OCUPACIÓN	MAÑANA			25 - 45 AÑOS
	TARDE			45 - 65 AÑOS
	NOCHE			TERCERA EDAD
SUFRE USTED ALGUNA DE LAS SIGUIENTES ENFERMEDADES?				TEMPERATURA DEL INDIVIDUO
OBESIDAD	PROBLEMAS CARDIACOS	ASMA	CÓMO CONSIDERA LA VENTILACIÓN DENTRO DEL DOMO?	BUENA
DIABETES	CÁNCER	PROBLEMAS TIROIDEOS		MALA
CÓMO CONSIDERA LA TEMPERATURA DENTRO DEL DOMO?	BUENA		CÓMO CONSIDERA LA ILUMINACIÓN DENTRO DEL DOMO?	BUENA
	MALA			MALA
SINTIÓ QUE ERA UN AMBIENTE CONFORTABLE?	SI		PUDO APRECIAR EL SONIDO DEL EXTERIOR DENTRO DEL DOMO?	BUENA
	NO			MALA

Nota. Ficha técnica elaborada por los autores del análisis de caso (2021).

La ficha técnica estará compuesta de 3 fases. En la primera fase se recolectarán los datos generales del sitio, en donde consta; la ubicación, la hora, la fecha, la temperatura ambiental del sector y la velocidad del viento exterior.

En la segunda fase se establecerán los datos térmicos que se recolectaran una vez finalizado el domo de Superadobe, según la página web Hildebrandt Gruppe (2015) los factores que deben estudiarse para determinar si un espacio posee un buen confort térmico son; temperatura interna del espacio, la cual recomiendan debe tener un rango de 20°C a 25°C;

temperatura externa e interna de la pared del espacio, la cual varía dependiendo del material que se utilice en el espacio y otros factores que puede incidir en la variación de temperatura de las paredes; velocidad del viento dentro de espacio, usualmente los movimientos de 0,1 a 0,2 m/s son los recomendados para hacer de un espacio confortable, teniendo en cuenta que no exista ventilación artificial; temperatura del suelo, la cual debe estar entre un rango promedio de 20 °C a 24°C; temperatura operativa, que es el valor medio entre la temperatura del aire y la temperatura radiante media que está dentro del rango de 20°C a 27°C; humedad relativa, la cual debe oscilar entre 30% a 40% como mínimo y 60% a 70% como máximo para no afectar la salud humana; temperatura radiante, la cual se obtiene mediante la suma de la radiación emitida por los elementos del entorno y el promedio de las temperaturas del cerramiento del espacio [paredes y cubierta]; temperatura de la cubierta, la cual debe encontrarse en un rango similar al de las paredes y el suelo.

En la tercera y última fase de la ficha técnica se plantea realizar un análisis cualitativo que permita determinar el confort térmico del espacio construido, tomando en cuenta la opinión de una población conformada por la beneficiaria del proyecto y sus familiares.

Dentro de este análisis se considerarán varios factores que pueden o no incidir en el adecuado confort térmico de una persona promedio.

Formato de encuesta

Población y muestra

En la actual investigación se tomará en cuenta una muestra de la población de los profesionales de la construcción a nivel provincial, es así que; D. Cobeña Loor, (comunicación personal, 23 de diciembre, 2020) presidente del Colegio de Arquitectos de Manabí [CAM] indico que actualmente existen 560 arquitectos inscritos en el CAM, sin contar con los profesionales que han egresado en los últimos años y que no se han inscrito a la institución, los cuales son 380 constituyendo un total de 940 arquitectos aproximadamente a nivel de Manabí.

En cuanto a los Ingenieros Civiles de Manabí, su presidente F. Villavicencio (comunicación personal, 25 de diciembre, 2020) nos dice que actualmente se encuentran inscritos 3300 profesionales en el Colegio de Ingenieros Civiles de Manabí [CICM] y los no inscritos son 1200 constituyendo un total de 4500 a nivel provincial.

Tamaño de la muestra

El cálculo del tamaño de la muestra, conociendo las dimensiones de las poblaciones se expone a continuación con la siguiente formula.

$$n = \frac{N X Z_{\alpha}^2 X p X}{e^2 x (N - 1) + Z_{\alpha}^2 X p X q}$$

Considerando la población la suma total de los arquitectos e ingenieros civiles inscritos y no inscritos en sus respectivos colegios.

- N = Tamaño de la población = 940 + 4500 = 5440
- Z = Nivel de confianza del 95% = 1.96
- p = Probabilidad de éxito = 0.9

- q = Probabilidad de fracaso = 0.1
- e = Precisión del 5% = 0.05

Se adquiere una muestra total de 69 profesionales de la construcción.

Formato de encuesta para profesionales de la construcción

Se establece un modelo de encuesta, que se presentará a continuación, la cual se realizará a una determinada población que está conformada por profesionales de la construcción [ingenieros civiles y arquitectos de Manabí], esta permitirá recolectar información la cual será de suma importancia para determinar la aceptación del Superadobe a nivel local.

Figura 14

Formato de encuesta dirigida a profesionales de la construcción

	CARRERA DE ARQUITECTURA	
UNIVERSIDAD SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO		
CARRERA DE ARQUITECTURA		
Análisis de Caso		
Análisis de la Técnica del Superadobe para la Construcción de Espacios Habitables en el Sitio Las Lomas de Riochico		
ENCUESTA DIRIGIDA A PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCIÓN		
Responsables de la encuesta:	Arévalo Rivas Raymond Julián y Cadena Dávila Marcelo Enrique	
Instrucciones: Lea cuidadosamente la pregunta y marque con una X las alternativas que crea conveniente. La encuesta sera totalmente confidencial. En caso de que su respuesta a la primera pregunta sea positiva siga respondiendo la encuesta, si su respuesta es negativa finalice la encuesta.		
1. ¿Conoce usted acerca del método constructivo denominado Superadobe?		
Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
2. ¿Cómo conoció acerca del Superadobe?		
Por internet <input type="checkbox"/>	Capacitacion <input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>
3. ¿Conoce de algún profesional de la construcción que haya aplicado el Superadobe en Ecuador?		
Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
4. ¿Conoce de algún profesional de la construcción que haya aplicado el Superadobe en Manabí?		
Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
5. ¿Cree que este método constructivo tenga acogida dentro de la construcción Manabita?		
Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
¿Por qué?		
7. ¿Le propondría a un cliente construir con Superadobe?		
Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
¿Por qué?		
Observaciones:		

Nota. Formato de encuesta realizado por los autores del análisis de caso (2021).

Capítulo IV

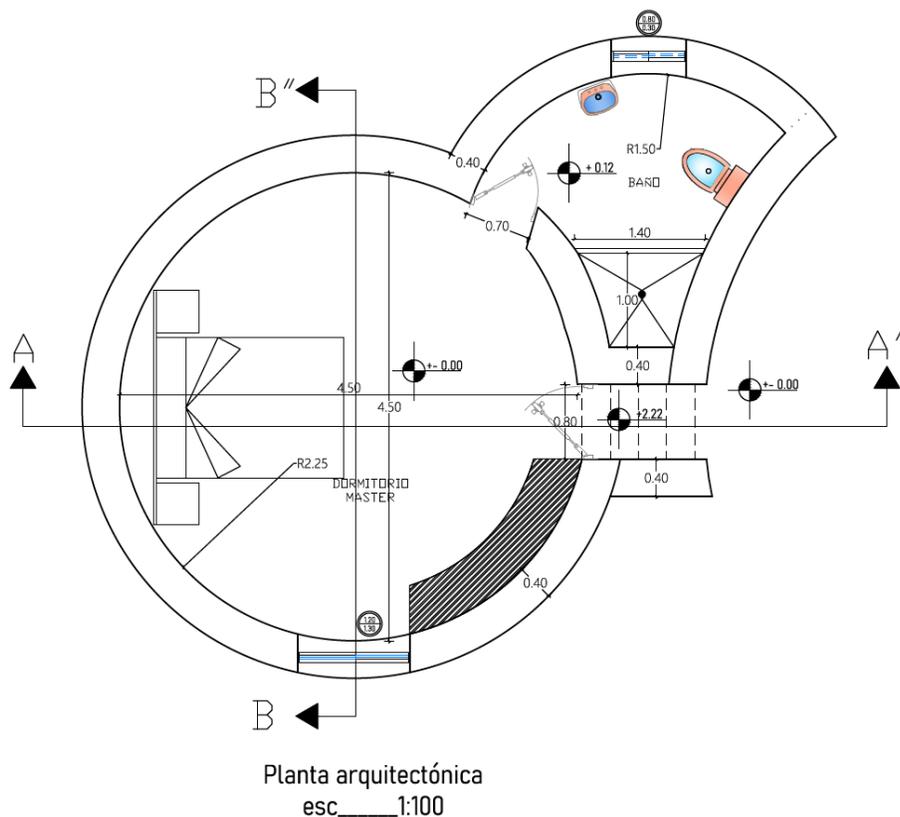
Resultados y Discusión

En este apartado se evidencian los resultados obtenidos de las técnicas e instrumentos empleados en la realización de este análisis de caso, con el fin de proporcionar datos que permitirán colocar en contraste las teorías que se han estudiado a lo largo del proceso de investigación.

Resultado de la comparativa de gastos presupuestados entre los espacios habitables realizadas en caña-madera, hormigón y Superadobe

Figura 15

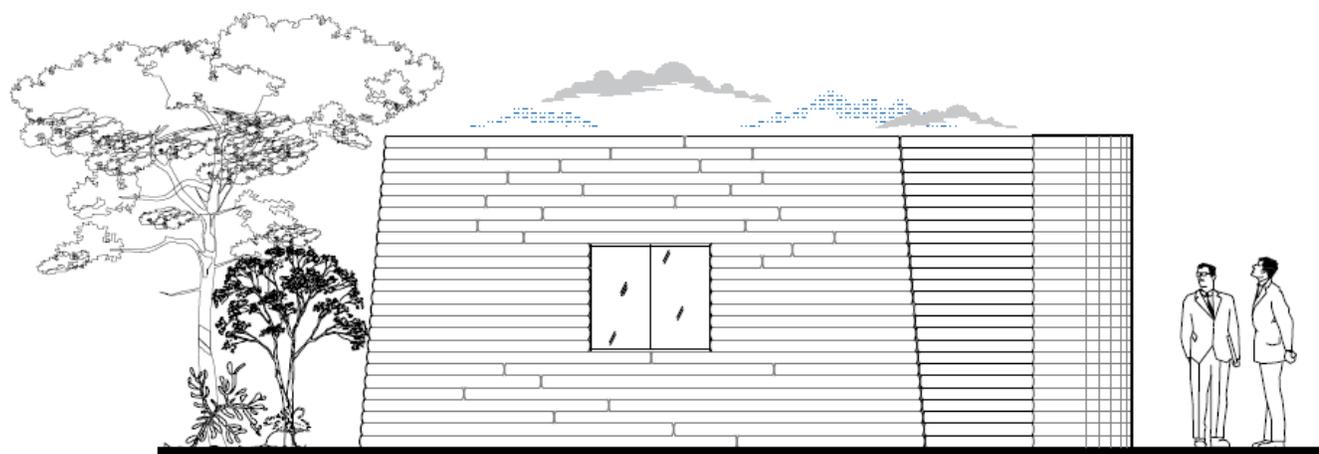
Planta arquitectónica del proyecto propuesto



Nota. Diseño realizado por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 16*Fachadas del proyecto propuesto*

Fachada frontal
esc. 1:100

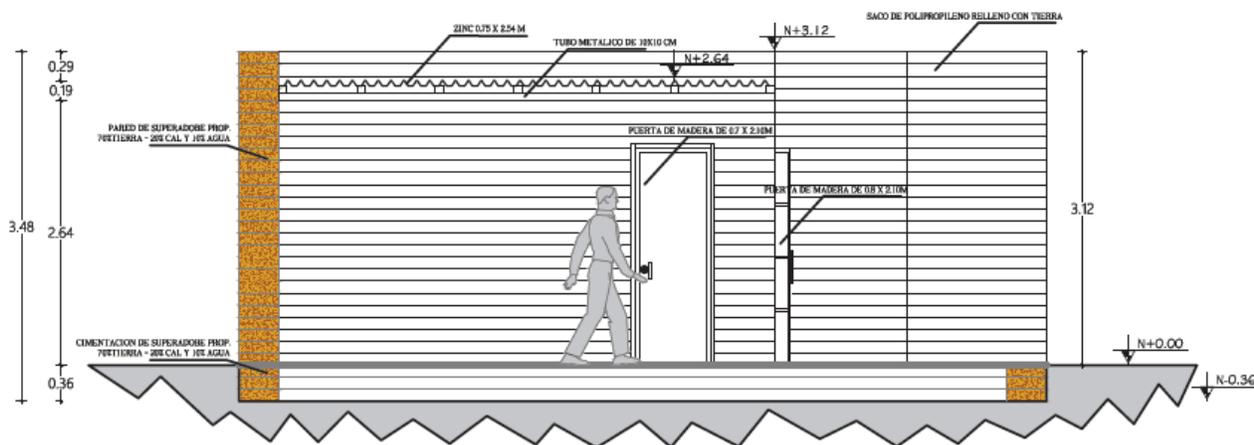


Fachada lateral derecha
esc. 1:100

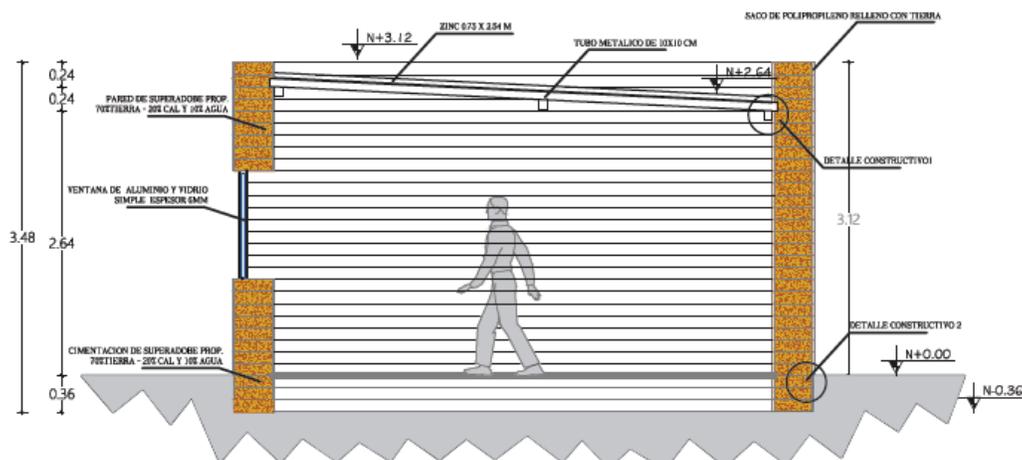
Nota. Dibujos realizados por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 17

Corte longitudinal y transversal del proyecto propuesto



Corte longitudinal A - A"
esc. 1:100

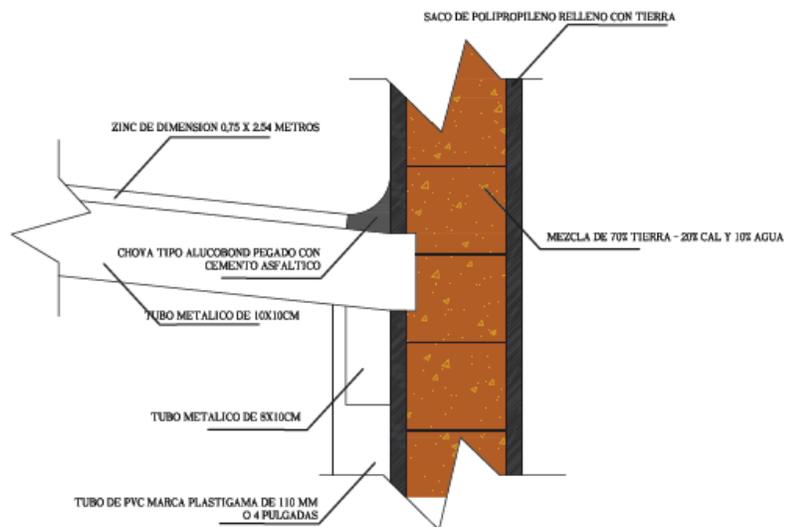


Corte transversal B - B"
esc. 1:100

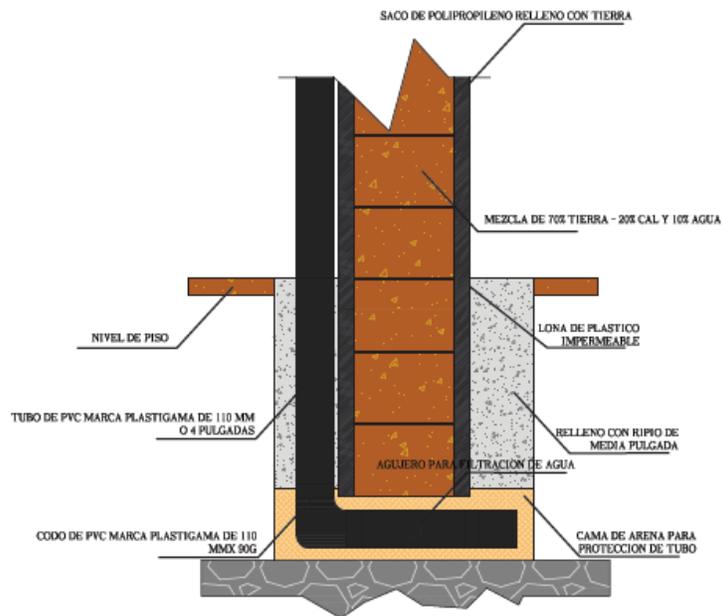
Nota. Dibujos realizados por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 18

Detalles constructivos del proyecto propuesto



DETALLE CONSTRUCTIVO #1



DETALLE CONSTRUCTIVO #1

Nota. Dibujos realizados por los autores del análisis de caso (2021).

Se presentó como propuesta a la propietaria del terreno un espacio habitable [Dormitorio completo], con planta circular de 2,25 metros de radio y 4,5m de diámetro, haciendo uso de la circunferencia principal como el dormitorio y un medio círculo en donde se dispone un baño completo, ambos espacios están diseñados de tal manera que la cubierta quede escondida bajo un pequeño antepecho, aplicando técnicas actuales de arquitectura con el método constructivo del Superadobe. Una vez aprobado el diseño por la propietaria del terreno, se procede a realizar los presupuestos de obra de los diferentes métodos constructivos contemplando los mismos metros cuadrados [36 m²] y acabados.

Figura 19

Presupuesto de espacio habitable construido con estructura de hormigón, mampostería de bloque y cubierta metálica

PRESUPUESTO REFERENCIAL					
OBRA:		ESPACIO HABITABLE CONSTRUIDO CON ESTRUCTURA DE HORMIGON, MAMPOSTERIA DE BLOQUE Y CUBIERTA METALICA			
UBICACIÓN:		LOMAS DE RIO CHICO		FECHA :	22/02/201
PARROQUIA:		RIO CHICO		PLAZO :	15 DIAS
CANTON :		PORTOVIEJO			
ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	C. UNITARIO	TOTAL
A.- OBRAS PRELIMINARES					
A1	Replanteo y nivelación del terreno	M2	36,00	1,10	39,60
A2	Excavación manual de cimientos y plintos 1x1x1m	M3	4,00	10,30	41,20
A3	Desalojo de material de excavación y de limpieza mas el 20%de esponjamiento	M3	4,00	10,83	43,32
A4	Relleno para plintos 60% piedra bola - 40% material de mejoramiento	M3	4,00	6,58	26,32
SUBTOTAL					150,44
B.- ESTRUCTURA					
B1	Replanteo de H.S. f'c =180 kg /cm2 E=0.05 m	M2	0,20	120,87	24,17
B2	Muro de H.C F'c= 210 kg/cm2 30x40 propor: 40/60	M3	2,68	108,54	290,89
B3	Plintos de H.S F'c=210 Kg /cm2	M3	1,00	144,69	144,69
B4	Columnas de H.S F'c=210 Kg/cm2 de 30*30 H = 2.80 prom.	M3	1,00	150,00	150,00
B5	Cadena de H.A F'c=210 Kg/cm2 (.20x .20)	M3	0,91	143,68	131,04
B6	Viga de H.S f'c = 210 kg/cm2	M3	0,91	147,37	134,40
B7	Acero de refuerzo f'c = 4200 kg/Cm2	KG	167,00	1,67	278,89
B8	Estructura metalica en cubierta incluye colocacion de zinc	M2	49,00	28,00	1372,00
SUBTOTAL					2526,08
C.-ALBAÑILERIA					
C2	Mampostería de 15 cms	M2	75,25	13,50	1015,88
SUBTOTAL					1015,88
E.-INSTALACIONES ELECTRICAS					
E1	Punto de iluminación de 110 en pvc.	PTO	2,00	25,00	50,00
E2	Punto de tomacorriente de 220 w	U	2,00	28,00	56,00
SUBTOTAL					106,00
F.-INSTALACIONES HIDROSANITARIA					
F1	Punto de AA.PP de pvc de 1/2	PTO	3,00	20,00	60,00
F3	Recorrido de tubería de AA.PP 1/2 " pvc roscable	ML	16,27	4,60	74,84
F4	Llave de paso rwde 1/2 FV	U	1,00	12,00	12,00
F7	Punto de desagüe de AA.SS 50mm	PTO	2,00	15,60	31,20
F8	Punto de desagüe de AA.SS 110mm	PTO	1,00	20,00	20,00
F9	Recorrido de tubería de desagüe de 50 mm pvc	ML	4,65	10,30	47,90
F10	Recorrido de tubería de desagüe de 110 mm pvc	ML	6,32	12,80	80,90
F11	Caja de revision de 60x60 hecha con ladrillo parado tipo burrito	M3	0,28	18,60	5,21
SUBTOTAL					332,04
G. PUERTAS Y VENTANAS					
G1	Puerta Principal de madera 0,8 x 2,10 mt	U	1,00	140,00	140,00
G4	Puerta de madera 0,7 x 2,10 mt	U	1,00	120,00	120,00
G5	Aluminio y vidrio en ventanas	M2	1,56	55,00	85,80
SUBTOTAL					345,80
SUB TOTAL					4476,23
IVA 12%					537,15
TOTAL					5013,38

Figura 20

Presupuesto de espacio habitable construido con madera y caña y cubierta metálica

PRESUPUESTO REFERENCIAL

OBRA: ESPACIO HABITABLE CONSTRUIDO CON MADERA - CAÑA Y CUBIERTA METALICA

UBICACIÓ LOMAS DE RIO CHICO

FECHA : 22/02/201

PARROQU RIO CHICO

PLAZO : 15 DIAS

CANTON : PORTOVIEJO

ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	C. UNITARIO	TOTAL
A.- OBRAS PRELIMINARES					
A1	Replanteo y nivelación del terreno	M2	36,00	1,10	39,60
A2	Excavación manual de cimientos y plintos 0,7x0,7x1m	M3	1,96	10,30	20,19
A3	Desalojo de material de excavacion y de limpieza mas el 20%de esponjamiento	M3	1,96	10,83	21,23
A4	Relleno para plintos 60% piedra bola - 40% material de mejoramiento	M3	1,96	6,58	12,90
SUBTOTAL					93,91
B.- ESTRUCTURA					
B1	Replanteo de H.S. f'c=180 kg/cm2 E=0,05 m	M2	0,10	120,87	12,09
B2	Muro de H.C F'c= 210 kg/cm2 30x40 propor: 40/60	M3	2,68	108,54	290,89
B3	Plintos de H.S F'c=210 Kg/cm2 0,7x0,7 m	M3	0,49	144,69	70,90
B5	Cadena de H.S F'c=210 Kg/cm2 (.20x .20)	M3	0,91	143,68	131,04
B6	Pilaretes de H.S f'c = 210 kg/cm2 H=0,4 CM	M3	0,06	147,37	8,84
B7	Pilares de caña fijados con varilla y relleno de H.S = Kg/cm2	U	8,00	42,60	340,80
B8	Acero de refuerzo f'c = 4200 kg/Cm2	KG	50,00	1,67	83,50
B9	Estructura de madera en cubierta incluye colocacion de zinc	M2	49,00	33,50	1641,50
SUBTOTAL					2579,55
C.-ALBAÑILERIA					
C2	Panel de madera y caña picada e=8cm	M2	75,25	19,27	1450,07
SUBTOTAL					1450,07
E.-INSTALACIONES ELECTRICAS					
E1	Punto de iluminación de 110 en pvc.	PTO	2,00	25,00	50,00
E2	Punto de tomacorriente de 220 w	U	2,00	28,00	56,00
SUBTOTAL					106,00
F.-INSTALACIONES HIDROSANITARIA					
F1	Punto de AA.PP de pvc de 1/2	PTO	3,00	20,00	60,00
F3	Recorrido de tubería de AA.PP 1/2 " pvc roscable	ML	16,27	4,60	74,84
F4	Llave de paso rwde 1/2 FV	U	1,00	12,00	12,00
F7	Punto de desague de AA.SS 50mm	PTO	2,00	15,60	31,20
F8	Punto de desague de AA.SS 110mm	PTO	1,00	20,00	20,00
F9	Recorrido de tubería de desague de 50 mm pvc	ML	4,65	10,30	47,90
F10	Recorrido de tubería de desague de 110 mm pvc	ML	6,32	12,80	80,90
F11	Caja de revision de 60x60 hecha con ladrillo parado tipo burrito	M3	0,28	18,60	5,21
SUBTOTAL					332,04
G. PUERTAS Y VENTANAS					
G1	Puerta Principal de madera 0,8 x 2,10 mt	U	1,00	140,00	140,00
G4	Puerta de madera 0,7 x 2,10 mt	U	1,00	120,00	120,00
G5	Aluminio y vidrio en ventanas	M2	1,56	55,00	85,80
SUBTOTAL					345,80
SUB TOTAL					4907,37
IVA 12%					588,88
TOTAL					5496,26

SON : CINCO MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y SEIS CON 26/100 DOLARES

Figura 21*Presupuesto de espacio habitable construido con Superadobe***PRESUPUESTO REFERENCIAL**

OBRA: ESPACIO HABITABLE CONSTRUIDO CON SUPERADOBE
UBICACIÓN: LOMAS DE RIO CHICO
PARROQUIA: RIO CHICO
CANTON: PORTOVIEJO

FECHA: 22/02/201
PLAZO: 10 DIAS

ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	C. UNITARIO	TOTAL
A.- OBRAS PRELIMINARES					
A1	Replanteo y nivelación del terreno	M2	36,00	1,10	39,60
A2	Excavación manual de cimientos 0,6*25*0,6 m	M3	9,00	10,30	92,70
A4	Relleno para cimentacion con ripio de 1/2"	M3	3,00	11,48	34,44
SUBTOTAL					166,74
B.- ESTRUCTURA					
B1	Cimentacion de superadobe prop. 70% tierra / 20% cal y 10% Agua	M2	9,00	18,30	164,70
B2	Estructura de madera en cubierta incluye colocacion de zinc	M2	17,71	33,50	593,29
SUBTOTAL					593,29
C.-ALBAÑILERIA					
C2	Pared de superadobe prop. 70% tierra / 20% cal y 10% agua e= 40cm	M2	78,00	18,50	1443,00
SUBTOTAL					1443,00
E.-INSTALACIONES ELECTRICAS					
E1	Punto de iluminación de 110 en pvc.	PTO	2,00	25,00	50,00
E2	Punto de tomacorriente de 220 w	U	2,00	28,00	56,00
SUBTOTAL					106,00
F.-INSTALACIONES HIDROSANITARIA					
F1	Punto de AA.PP de pvc de 1/2	PTO	3,00	20,00	60,00
F3	Recorrido de tubería de AA.PP 1/2 " pvc roscable	ML	13,45	4,60	61,87
F4	Llave de paso rwde 1/2 FV	U	1,00	12,00	12,00
F7	Punto de desague de AA.SS 50mm	PTO	2,00	15,60	31,20
F8	Punto de desague de AA.SS 110mm	PTO	1,00	20,00	20,00
F9	Recorrido de tubería de desague de 50 mm pvc	ML	3,58	10,30	36,87
F10	Recorrido de tubería de desague de 110 mm pvc	ML	6,32	12,80	80,90
F11	Caja de revision de 60x60 hecha con ladrillo parado tipo burrito	M3	0,28	18,60	5,21
SUBTOTAL					308,05
G. PUERTAS Y VENTANAS					
G1	Puerta Principal de madera 0,8 x 2,10 mt	U	1,00	140,00	140,00
G4	Puerta de madera 0,7 x 2,10 mt	U	1,00	120,00	120,00
G5	Aluminio y vidrio en ventanas	M2	1,56	55,00	85,80
SUBTOTAL					345,80
SUB TOTAL					2962,87
IVA 12%					355,54
TOTAL					3318,42

SON : TRES MIL TRESCIENTOS DIECIOCHO CON 42/100 DOLARES

Tabla 1

Diferencia de valores presupuestados entre los métodos constructivos de hormigón, madera – caña y Superadobe

TABLA COMPARATIVA DE PRESUPUESTOS			
METODO CONSTRUCTIVO	HORMIGON	MADERA - CAÑA	SUPERADOBE
COSTO TOTAL	\$5.013,38	\$5.496,26	\$3.318,42
DIFERENCIA DE COSTOS ENTRE HORMIGON Y MADERA - CAÑA	\$482,87		
DIFERENCIA DE COSTOS ENTRE HORMIGON Y SUPERADOBE	\$1.694,97		
DIFERENCIA DE COSTOS ENTRE MADERA - CAÑA Y SUPERADOBE	\$2.177,84		

Nota. Tabla realizada por los autores del análisis de caso (2021).

Los costos presupuestados con los diferentes métodos constructivos presentan valores interesantes, denotando una mínima diferencia de precio entre el espacio habitable construido con caña - madera y el de hormigón, presentando una desigualdad de aproximadamente \$480 dólares americanos, diferencia que se incrementa respecto al método constructivo propuesto, en donde se produjo un gasto total de \$3397, 27 dólares americanos, variando el precio respecto a los otros sistemas constructivos en aproximadamente \$2100 dólares.

La diferencia de valores se da entre los materiales que se utilizan para los distintos métodos constructivos y la mano de obra que se emplea para dichas construcciones, cabe mencionar que los presupuestos fueron realizados con las mismas condicionantes de acabados en obra.

En el espacio habitable presupuestado con hormigón, se hace uso de materiales que por ser industrializados aumentan su costo final, además de la utilización de mano de obra

especializada como albañiles y oficiales, que hacen uso de herramientas mecánicas que incrementan el costo de la construcción y el tiempo que se emplea en la misma.

En el espacio habitable presupuestado con caña – madera de igual manera que en el método constructivo de hormigón, se hace uso de materiales industrializados, pero en menor cantidad, lo que hace aumentar su valor es el uso de la madera y la caña, los cuales son productos que deben ser tratados antes de utilizarse, además de la mano de obra especializada y herramientas mecánicas que también se utilizan durante las construcciones de hormigón.

Finalmente, en el espacio habitable construido con Superadobe, se pudo apreciar que los costos disminuyeron debido a los materiales que se utilizaron y su relación costo/rendimiento. También los valores se aminoran en la mano de obra, ya que esta no tiene que ser especializada y al ser un tipo de construcción en tierra no es necesario colocar pisos de cemento, cerámica, porcelanato o piedra.

Resultado de la ficha técnica

Una vez entregados y aprobados los planos por la propietaria del terreno se procedió a la realización de los estudios de suelo realizados en un laboratorio de suelos y de manera empírica en el campo. Estudios que se detallaran a continuación:

Figura 22

Estudio de granulometría realizada en frasco de vidrio



Nota. Estudio de granulometría empírico en frasco de vidrio, el cual se lleva a cabo para determinar los porcentajes de grava, arena y tierra que existe en el suelo donde se construirá el espacio habitable. El estudio fue realizado con la tierra extraída del lugar donde se llevó a cabo la excavación para cimentación y el sitio donde se iba a extraer el material para rellenar los sacos. Debido al contenido alto de limo dentro de esta muestra, se descartó el uso de ese material.

Figura 23

Estudio de vara



Nota. Estudio realizado con el fin de determinar la profundidad a la que se encuentra el suelo rocoso. La profundidad determinada durante el estudio, fue de 60 cm.

Figura 24

Ensayo de límites del suelo del sitio de construcción

PROYECTO: CASAS CON SUPERADORES
 UBICACIÓN: PARROQUIA RIO CHICO
 ABCISA: 0+000
 DESCRIPCION DEL MATERIAL: MATERIAL DE SITIO

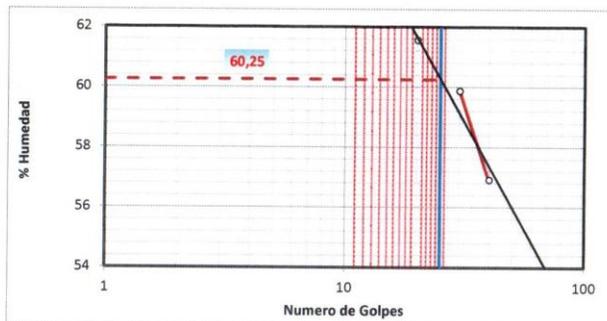
FECHA: 25/02/2021

LIMITE LIQUIDO

RECIPIENTE #	ZX	II	AT
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	37,35	38,00	39,78
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	30,35	30,72	31,50
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	7,00	7,28	8,28
MASA DE RECIPIENTE (P4)	18,05	18,56	18,05
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	12,30	12,16	13,45
% DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5)	56,91	59,87	61,56
# DE GOLPES	40	30	20

LIMITE PLÁSTICO

RECIPIENTE #	Ñ	A	TT
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	9,07	9,74	9,58
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	8,25	8,74	8,62
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	0,82	1,00	0,96
MASA DE RECIPIENTE (P4)	6,03	6,03	6,00
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	2,22	2,71	2,62
% DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5)	36,94	36,90	36,64



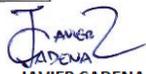
Observaciones :

Normas de Referencia

INEN 691-1982
 INEN 692-1982
 ASTM D 4318-98
 AASHTO T 89-94
 AASHTO T 90-94

L. Líquido = 60,25
 L. Plástico = 36,83
 I. Plasticidad = 23,42


 MARCELO CADENA
 ESTUDIANTE USG


 JAVIER CADENA
 ING. CIVIL
 REGISTRO SENESCYT 1009-2018-1983863


 JULIAN AREVALO
 ESTUDIANTE USG

Nota. Estudio para determinar el límite líquido y el límite plástico del material en donde se construyó el espacio habitable, en donde se tomará en cuenta la tabla del sistema de uso y clasificación de suelos [SUCS]. Los límites presentados nos indicaron que el tipo de suelo que está presente en el terreno es categoría de suelos plásticos tipo CH [arcillas inorgánicas de plasticidad alta]. Debido al alto contenido de limo presentando en este tipo de suelo, se determinó que no se puede usar este suelo para la construcción con Superadobe, confirmando lo que se había observado en el estudio empírico del frasco de vidrio. Debido a esto se hizo la adquisición de material de mejoramiento para la realizar la construcción del espacio habitable.

Figura 25

Ensayo de compactación del suelo o Proctor realizado en laboratorio

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

PROYECTO: CASAS CON SUPERADORES

UBICACION: PARROQUIA RIO CHICO

ABSCISA: 0+000

DESCRIPCION DEL MATERIAL: MATERIAL DE SITIO

FECHA: 25/02/2021

MASA DEL CILINDRO (P7)	3718
VOLUMEN DEL CILINDRO (V)	996
MASA DEL MARTILLO (lb.)	5,5
ALTURA DE CAIDA DEL MARTILLO (cm.)	12

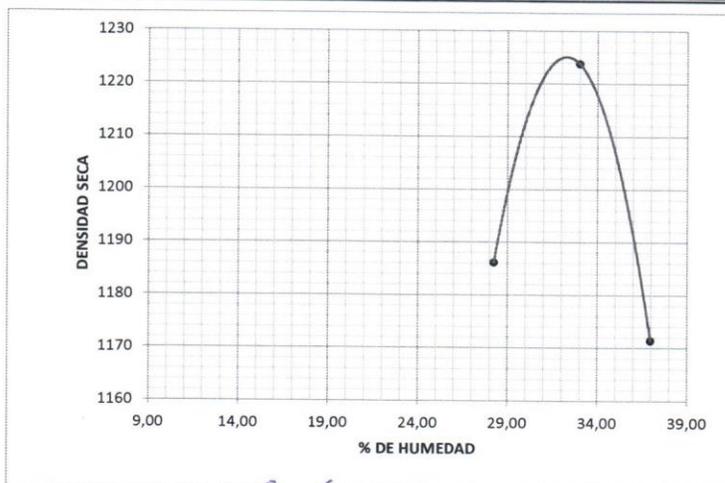
TIPO DEL ENSAYO	Estándar
# DE CAPAS	3
# DE GOLPES POR CAPA	25

DATOS PARA LA CURVA

MASA DE CILINDRO + SUELO HÚMEDO	5233	5339	5316		
MASA DE SUELO HÚMEDO	1515	1621	1598		
DENSIDAD HÚMEDA DEL SUELO	1521	1628	1604		
DENSIDAD SECA DEL SUELO	1186	1224	1171		

CONTENIDO DE AGUA

PUNTO #	1		2		3		4	5	6
% DE HUMEDAD AÑADIDA AL SUELO	0%		4%		8%				
RECIPIENTE N° TARA	F	AI	HI	A	B	C			
TARA + SUELO HUM. (GRS.)	98,65	106,25	118,60	104,14	113,00	122,89			
TARA + SUELO SECO (GRS.)	83,84	89,76	96,95	85,98	89,25	98,19			
PESO AGUA	14,81	16,49	21,65	18,16	23,75	24,70			
PESO DE TARA	31,14	31,65	31,01	31,20	25,00	31,38			
PESO SUELO SECO	52,70	58,11	65,94	54,78	64,25	66,81			
CONT. DE AGUA %	28,10	28,38	32,83	33,15	36,96	36,97			
CONT. PROM. AGUA %	28,24		32,99		36,97				



DENSIDAD SECA MÁXIMA :

1224 Kg/m³

% DE HUMEDAD ÓPTIMA:

32,99 %

Observaciones:

Normas de Referencia

ASTM D 698-91

ASTM D 1557-91

AASHTO T 99-94

AASHTO T 180-93


MARCELO CADENA
ESTUDIANTE USG


JAVIER CADENA
ING. CIVIL
REGISTRO SENESCYT 1009-2018-1983863


JULIAN AREVALO
ESTUDIANTE USG

Figura 26

Ensayo granulométrico estándar realizado en laboratorio

ENSAYO GRANULOMETRICO

PROYECTO: CASAS CON SUPERADORES

UBICACION: PARROQUIA RIO CHICO

ABSCISA: 0+000

FECHA: 25/02/2021

DESCRIPCION DEL MATERIAL:

MATERIAL DE SITIO

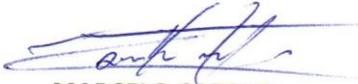
TAMIZ	P.RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICA
GRANULOMETRIA			SERIE GRUESA SERIE FINA		
Nº4					
8					
10	55,8	55,8	4,47	95,53	
16					
20					
30					
40	52	108	8,64	91,36	
50					
60					
100					
200	43	151	12,07	87,93	
PASA Nº200	1097,10				
TOTAL	1247,70				

P inicial humedo= 1591 grms

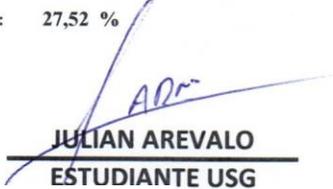
P inicial seco= 1247,70 grms

Nº TARRO	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% W	% PROMEDIO
HUMEDAD NATURAL					
D	106,21	88,77	25,44	27,54	27,52
CT	101,18	86,12	31,34	27,49	

HUMEDAD NATURAL: 27,52 %


MARCELO CADENA
ESTUDIANTE USG


JAVIER CADENA


JULIAN AREVALO
ESTUDIANTE USG

JAVIER CADENA

ING. CIVIL

REGISTRO SENESCYT 1009-2018-1983863

Nota. Estudio de granulometría, en donde se evidencia que la muestra de suelo suministrada posee en su gran mayoría material granular fino, por lo tanto, se recomienda no utilizarlo.

Finalizados los estudios de suelos pertinentes, se procedió a la construcción del prototipo del espacio habitable, el cual se desarrolló mediante la guía del libro *Manual del Superadobe* y se detalla a continuación haciendo uso de un cuadro fotográfico.

Tabla 2

Cuadro fotográfico sobre el proceso constructivo del espacio habitable

CUADRO FOTOGRAFICO SOBRE PROCESO CONSTRUCTIVO DEL SUPERADOBE	
FOTOGRAFIAS	DESCRIPCION
	<p>Como fase preliminar se llevo a cabo la limpieza y nivelación del terreno, haciendo uso de una máquina.</p>
	<p>A continuación se realizó el replanteo de la planta arquitectónica, con el fin de marcar el ancho de la zanja que se realizó mas adelante para la cimentacion del proyecto. Este proceso se lo llevó a cabo utilizando un compás en donde se hace uso de un eje central, una piola y tisa molida.</p>



Finalizado el replanteo del terreno, se procedió a la excavación de la zanja de 60 cm para la cimentación en donde se acento el espacio habitable



Una vez acabada la fase anterior, se procedió a la comprobación de niveles mediante el uso de una manguera con agua. Comprobados los niveles se realizó la instalación de la tubería de aguas lluvias, en la cual se hicieron pequeños agujeros que cumplen la función de absorber el agua que filtra a través de la capa de ripio [la cual se coloca como parte de la cimentación]. Antes de colocar el tubo se realiza el proceso normal que consiste en la adecuación de una cama de arena donde la tubería se acentará para evitar roturas de la misma.



Después del relleno de la zanja para la nivelación, se llevo a cabo la colocación del material impermealizante, el cual evita que el saco de polipropileno este en contacto directo con el agua permitiendo que este no sufra daños en su estructura.



A continuación, después de la colocación de la lona impermeable, se procedió a realizar las instalaciones de aguas servidas. Paralelamente se realizaron los marcos de las puertas y ventanas, los cuales son utilizados como un molde para que el saco se acople a la forma de dichos elementos. Mediante la realización de esta fase, se encontro un problema, el cual consistía en la disposición del tubo de desagües, ya que si se lo colocaba de manera errónea, podría romperse al momento de colocar los sacos. Además de esto, las lluvias complicaron los trabajos.

Como fase final para terminar la construcción de espacio habitable se comienza con el relleno de los sacos de polipropileno. Estos sacos se rellenan con una mezcla de tierra, cal y agua con una proporción de 70, 20 y 10% respectivamente, mezclada con una concretora para acelerar el proceso constructivo. El proceso es muy simple y sigue los siguientes pasos:



1. Una vez relleno el saco, se coloca sobre la lona de impermeabilización y se procede al apisonamiento del mismo.



2. Desde la segunda hilada de sacos hacia arriba, se coloca como alambre de puas como una especie de "mortero", esto evita que el saco se deforme a medida que se va cerrando la circunferencia del domo.





3. Mediante el uso de dos ejes principales, el eje horizontal y el eje vertical, se determina el nivel de los sacos y cuanto disminuye la circunferencia a medida que se avanza la construcción. Siguiendo estas directrices el espacio habitable va tomando forma. Por las lluvias se atrasaron los trabajos, ya que la accesibilidad al terreno se vio afectada.



Nota. Cuadro realizado por los autores del análisis de caso (2021).

Finalizando la construcción del espacio habitable se desarrollaron los estudios pertinentes para determinar si este tipo de construcción es o no favorable para conseguir el confort termico. Para realizar un promedio que nos permita manejar todos los datos recopilados durante el estudio realizado en distintos días y horas, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 3

Cuadro de recolección de datos térmicos en un espacio habitable construido con Superadobe

TABLA DE RECOLECCION DE DATOS TERMICOS EN ESPACIO HABITABLE CONSTRUIDO CON SUPERADOBE							
FECHA Y HORA	17/02/2021- 8:00 am	17/02/2021- 1:30 pm	17/02/2021- 6:00 pm	18/02/2021- 8:00 am	18/02/2021- 1:30 pm	18/02/2021- 6:00 pm	19/02/2021- 8:00 am
TEMPERATURA AMBIENTAL	28,20°C	29,30°C	29°C	28,40°C	28,80°C	27,80°C	28,60°C
VELOCIDAD DEL VIENTO	1,3 m/s	1,1 M/S	1,2 m/s	1,1 m/s	1,3 m/s	1,2 m/s	1,0 m/s
TEMPERATURA INTERNA EN EL DOMO	25,3°C	26,10°C	25,70°C	25,40°C	25,90°C	25,70°C	25,50°C
TEMPERATURA INTERNA DE LA PARED DE SUPERADOBE (°C)	26,4°C	27°C	26,70°C	26,50°C	26,90°C	26,30°C	26,40°C
TEMPERATURA DEL SUELO (°C)	30,5°C	31,50°C	30,10°C	30,40°C	29,90°C	29,60°C	30,10°C
HUMEDAD RELATIVA (30 A 40% MIN. - 60 A 70% MAX.)	53%	53%	50%	51%	53%	50%	53%
TEMPERATURA RADIANTE (°C)	29,20°C	29,50°C	29,80°C	28,90°C	29,60°C	28,80°C	28,50°C
TEMPERATURA DE LA CUBIERTA (°C)	29,10°C	30,5°C	29,50°C	29,80°C	30,10°C	29,40°C	29,40°C
TEMPERATURA EXTERNA DE LA PARED DE SUPERADOBE (°C)	29,20°C	29,50°C	29,80°C	28,90°C	29,60°C	28,80°C	28,50°C
VELOCIDAD DEL VIENTO DENTRO DEL DOMO (m/s)	0,6 m/s	0,7 m/s	0,9 m/s	0,4 m/s	0,6 m/s	0,5 m/s	0,5 m/s
TEMPERATURA OPERATIVA (°C)	28,70°C	29,40°C	29,40°C	28,65°C	29,20°C	28,30°C	28,55°C
TRANSMISIÓN TÉRMICA (°C)	2,8°C	2,5°C	3,10°C	2,40°C	2,70°C	2,50°C	2,20°C

TABLA DE RECOLECCION DE DATOS TERMICOS EN ESPACIO HABITABLE CONSTRUIDO CON SUPERADOBE										
19/02/2021- 1:30 pm	19/02/2021- 6:00 pm	20/02/2021- 8:00 am	20/02/2021- 1:30 pm	20/02/2021- 6:00 pm	22/02/2021- 8:00 am	22/02/2021- 1:30 pm	22/02/2021- 6:00 pm	23/02/2021- 8:00 am	23/02/2021- 1:30 pm	23/02/2021- 6:00 pm
28,30°C	28,4°C	28,30°C	29,30°C	27,80°C	28,90°C	28,50°C	28,9°C	28,40°C	28,30°C	27,80°C
1,2 M/S	1,3 m/s	1,0 m/s	0,9 M/S	1,2 m/s	1,3 m/s	1,1 m/s	1,4 m/s	1,1 m/s	1,2 M/S	1,2 m/s
25,30°C	25,40°C	25,30°C	26,40°C	25,40°C	26,10°C	25,90°C	25,70°C	25,40°C	25,30°C	25,70°C
27,10°C	26,40°C	26,30°C	27°C	26,30°C	26,60°C	26,60°C	26,70°C	26,50°C	27,10°C	26,30°C
31,30°C	30,10°C	30,20°C	31,50°C	29,20°C	30,30°C	30,20°C	29,40°C	30,40°C	31,30°C	29,60°C
51%	50%	52%	54%	50%	51%	50%	50%	51%	51%	50%
29,70°C	29,80°C	28,80°C	29,20°C	28,40°C	29,20°C	29,80°C	29,80°C	28,90°C	29,70°C	28,80°C
30,2°C	29,50°C	29,60°C	29,7°C	29,10°C	30,10°C	29,70°C	29,50°C	29,80°C	30,2°C	29,40°C
29,70°C	29,80°C	28,80°C	29,20°C	28,40°C	29,20°C	29,80°C	29,80°C	28,90°C	29,70°C	28,80°C
0,3 m/s	0,6 m/s	0,4 m/s	0,3 m/s	0,5 m/s	0,3, m/s	0,5 m/s	0,9 m/s	0,4 m/s	0,3 m/s	0,6 m/s
29°C	29,10°C	28,55°C	29,25°C	28,10°C	29,15°C	29,20°C	29,35°C	28,65°C	29°C	28,30°C
2,60°C	3,40°C	2,50°C	2,20°C	2,10°C	2,60°C	3,20°C	3,10°C	2,40°C	2,60°C	2,50°C

TABLA DE RECOLECCION DE DATOS TERMICOS EN ESPACIO HABITABLE CONSTRUIDO CON SUPERADOBE								
24/02/2021- 8:00 am	24/02/2021- 1:30 pm	24/02/2021- 6:00 pm	25/02/2021- 8:00 am	25/02/2021- 1:30 pm	25/02/2021- 6:00 pm	26/02/2021- 8:00 am	26/02/2021- 1:30 pm	26/02/2021- 6:00 pm
28,40°C	28,30°C	28,9°C	28,60°C	28,30°C	29°C	28,30°C	29,30°C	28,6°C
1,1 m/s	1,2 M/S	1,4 m/s	1,0 m/s	1,2 M/S	1,2 m/s	1,0 m/s	0,9 M/S	1,4 m/s
25,40°C	25,30°C	25,70°C	25,50°C	25,30°C	25,70°C	25,30°C	26,40°C	25,70°C
26,50°C	27,10°C	26,70°C	26,40°C	27,10°C	26,70°C	26,30°C	27°C	26,50°C
30,40°C	31,30°C	29,40°C	30,10°C	31,30°C	30,10°C	30,20°C	31,50°C	29,40°C
51%	51%	50%	53%	51%	50%	52%	54%	50%
28,90°C	29,70°C	29,80°C	28,50°C	29,70°C	29,80°C	28,80°C	29,20°C	29,80°C
29,80°C	30,2°C	29,50°C	29,40°C	30,2°C	29,50°C	29,60°C	29,7°C	29,50°C
28,90°C	29,70°C	29,80°C	28,50°C	29,70°C	29,80°C	28,80°C	29,20°C	29,80°C
0,4 m/s	0,3 m/s	0,9 m/s	0,5 m/s	0,3 m/s	0,9 m/s	0,4 m/s	0,3 m/s	0,9 m/s
28,65°C	29°C	29,35°C	28,55°C	29°C	29,40°C	28,55°C	29,25°C	29,35°C
2,40°C	2,60°C	3,10°C	2,20°C	2,60°C	3,10°C	2,50°C	2,20°C	3,10°C

27/02/2021- 8:00 am	27/02/2021- 1:30 pm	27/02/2021- 6:00 pm	PROMEDIO GENERAL
28,20°C	29,30°C	28,4°C	28,40°C
1,3 m/s	0,9 M/S	1,3 m/s	1,16 m/s
25,3°C	26,40°C	25,40°C	25,63°C
26,4°C	27°C	26,40°C	26,70°C
30,5°C	31,50°C	30,10°C	28,40°C
53%	54%	50%	49,73%
29,20°C	29,20°C	29,80°C	28,31°C
29,10°C	29,7°C	29,50°C	29,67°C
29,20°C	29,20°C	29,80°C	29,29°C
0,8 m/s	0,3 m/s	0,6 m/s	0,53 m/s
28,70°C	29,25°C	29,10°C	28,93°C
2,8°C	2,20°C	3,40°C	2,58°C

Nota. Cuadro realizado por los autores del análisis de caso (2021).

El promedio general de los datos proporcionados, demuestra en comparación con los datos teóricos descritos con anterioridad, que el método constructivo del Superadobe no posee el confort térmico. Sin embargo, la mayoría de los beneficiarios del espacio habitable, en la encuesta proporcionada hacia ellos, supieron expresar que ellos si se sentían cómodos dentro del domo. Manifestaron, que es un espacio agradable, con gran ventilación y que se mantiene fresco a pesar de las altas temperaturas externas.

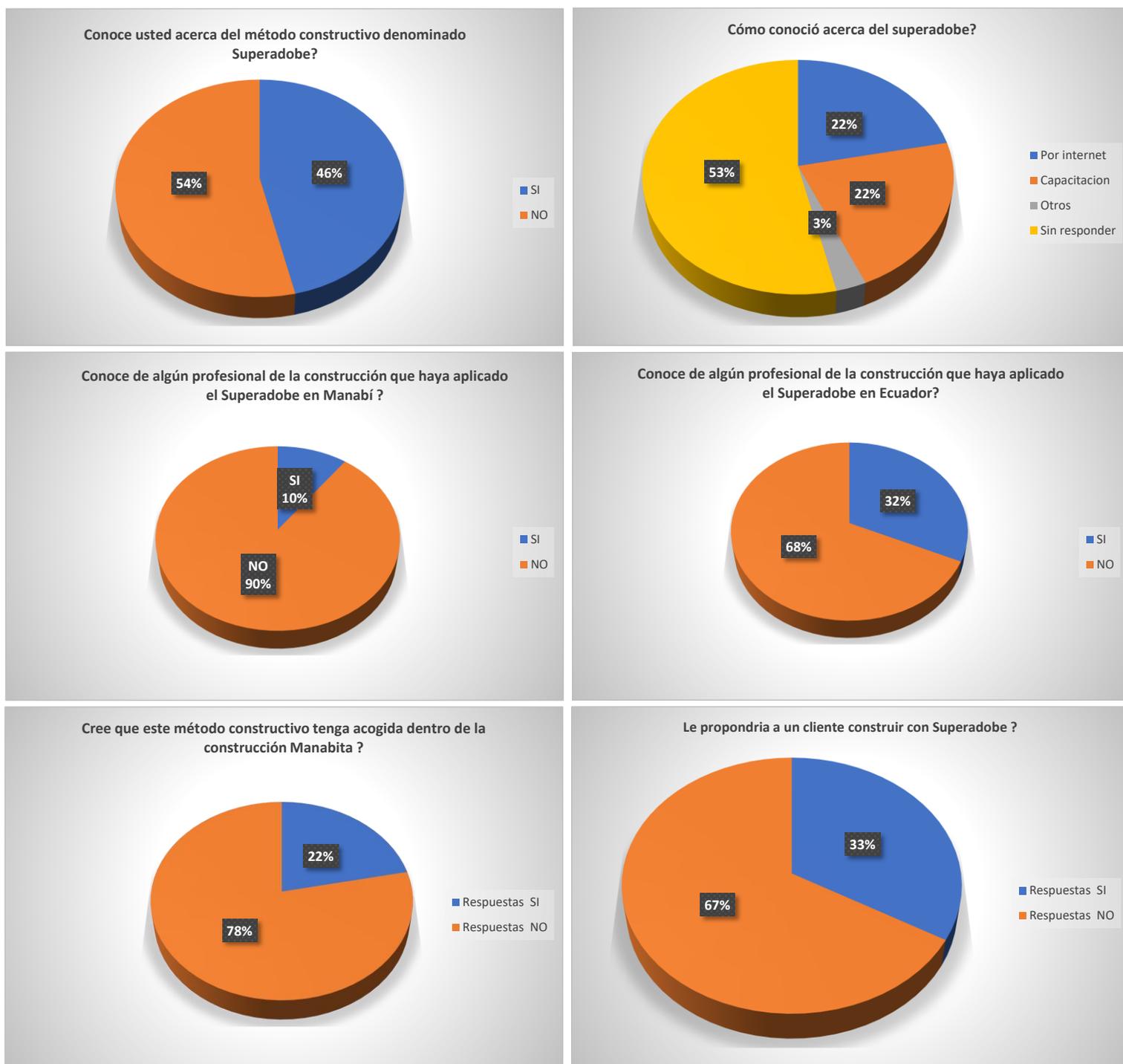
Uno de los beneficiarios, el cual posee una enfermedad que hace elevar su temperatura corporal, supo expresar que no se sentía cómodo dentro del domo. Esto demuestra que para personas que presentan ciertas particularidades puede tornarse poco agradable permanecer por mucho tiempo en este tipo de construcciones; sin embargo, hay que tomar en cuenta que el espacio habitable construido no contaba con acabados de enlucidos en paredes, ni pisos, características que pueden variar las temperaturas internas dentro del proyecto.

Resultado de la encuesta aplicada a los profesionales de la construcción

Los siguientes datos, contienen los resultados obtenidos de la población de profesionales de la construcción de Manabí [69 personas], sobre los conocimientos que poseen acerca del Superadobe.

Figura 27

Porcentajes gráficos de preguntas realizadas a profesionales de la construcción



Nota. Gráficos realizados por los autores del análisis de caso (2021).

Se aprecia un patrón clave en las respuestas de la mayoría de los encuestados y es que existe desconocimiento de la técnica constructiva del Superadobe, lo que conlleva a aseverar sobre la desinformación que hay entre los profesionales de la construcción sobre este método constructivo amigable con el ambiente. Los profesionales que comprenden sobre este método constructivo mencionan que indagaron sobre esta técnica por iniciativa propia, es decir; investigaciones realizadas por ellos mismos en internet después de observar un video o una publicación relacionada en las redes sociales.

Los encuestados supieron expresar que poseen conocimiento sobre el desarrollo de viviendas realizadas con Superadobe en la región Sierra, pero muy pocos han escuchado mencionar sobre construcciones realizadas con esta técnica en Manabí, respuesta preocupante debido a la fuerza que los materiales industrializados están tomando en la provincia, más que todo en las zonas rurales en donde debe prevalecer las construcciones con materiales naturales, con el fin de no perder la identidad cultural de los manabitas.

Según la información proporcionada por los encuestados en las últimas preguntas realizadas, la mayoría de los profesionales coinciden que este método constructivo no tendría acogida dentro de la construcción manabita y de igual manera no le propondrían a un cliente de ellos realizar un proyecto con este método constructivo debido a que consideran [además de la falta de información sobre el Superadobe] que es una arquitectura “pobre”, con un acabado poco refinado y rustico. Sin embargo, los profesionales que, si conocen sobre el método a profundidad, mencionan que es una construcción flexible, amigable con el ambiente, económica y sismorresistente que ayudaría a reducir el impacto ambiental que producen las construcciones

convencionales que necesitan del uso excesivo de maquinaria que hace uso de combustibles fósiles.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Como resultado de las técnicas de investigación aplicadas en este análisis de caso, se determinaron las siguientes conclusiones:

- El costo total del espacio habitable construido con Superadobe muestra un ahorro del 35% en comparación al costo que tendría el mismo espacio construido con hormigón y del 55% si el espacio se construyera con madera y caña.
- El uso de mano de obra especializada, tiempo de construcción, materiales industrializados y contaminantes ambientales, como los equipos mecánicos, si se reduce en casi el 80% en comparación con las construcciones tradicionales.
- A pesar de que el proceso constructivo del Superadobe es sencillo, demanda más fuerza de trabajo, lo que aumenta la fatiga en el personal que elabora en este tipo de construcciones.
- El material utilizado en este tipo de construcciones, efectivamente permite que el espacio construido sea confortable, brindando una calidad de vida apropiada. Además de ser un sistema constructivo resistente y duradero.
- La ventilación promedio dentro del domo es de 0.53 m/s, brindando un ambiente agradable incluso en días calurosos. Obviamente, como en todas las construcciones bioclimáticas, esto depende de la disposición u orientación de la construcción respecto a los vientos predominantes del sector en donde se construye.
- La poca información que se posee sobre este método constructivo en Ecuador, genera poco interés sobre cómo funciona el Superadobe, lo que conlleva a que la mayoría de

los profesionales de la construcción consideren este método inadecuado para la aplicación técnica dentro del país.

- Un porcentaje mínimo de los profesionales que sí conocen sobre el método constructivo, consideran que el Superadobe es un método retrograda, tomando en cuenta todos los avances tecnológicos que actualmente existen en el ambiente de la construcción.

Recomendaciones

- Se recomienda utilizar sacos de polipropileno laminado para realizar la cimentación del domo, debido a que estos sacos están expuestos a más humedad que los superiores. Esto brinda una capa extra de impermeabilización. Para los sacos superiores se debe utilizar sacos de polipropileno convencional.
- Se debe de realizar los ensayos de suelo antes de realizar la construcción, debido a que si el material del sitio tiene limo dentro de su composición esté no podrá ser utilizado en el desarrollo del proyecto.
- La orientación del domo es de suma importancia, debido a que esto ayudara de manera directa al confort térmico dentro del domo. Proporcionando una buena ventilación y regeneración del aire dentro del espacio.
- Se recomienda realizar campañas de socialización sobre métodos alternativos para la construcción dentro del Ecuador, brindando capacitaciones de cómo construirlos, esto con el fin de darle más impulso a las construcciones bioclimáticas y económicamente eficientes como el Superadobe.

- El confort térmico es de gran importancia para mantener un espacio confortable, por lo tanto, en el Ecuador se deben de impulsar las capacitaciones sobre el estudio térmico y cómo afecta de manera directa al ser humano, con el fin de brindar más espacios cómodos y confortables a la ciudadanía.
- A pesar que las viviendas en Superadobe pueden ser realizadas con mano de obra no especializada, se recomienda la guía de un profesional técnico conocedor del tema para evitar cometer ciertos errores durante el proceso constructivo.

Referencias Bibliográficas

- Andino Maldonado, C. (2014). *Evaluación del comportamiento térmico de los domos de Superadobe en climas fríos*. [Trabajo final, Master en arquitectura, Energía y Medio ambiente, Universitat Politècnica de Catalunya]. CamilaAndino_TMF. <https://n9.cl/bs5x>
- Andrade Maureira, L. (2014). *Estudio de la bioconstrucción: proyecto domo de superadobe*. [Trabajo de grado, Carrera de Ingeniería, Universidad Andres Bello]. Repositorio Institucional – Universidad Andres Bello. <http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/14594>
- Arias, F. (1999). *EL PROYECTO DE INVESTIGACION, Guía para su elaboración* (3. ^ª Ed.). Episteme.
- Arnabat, I. (2014). *Capacidad térmica y su fórmula*. Calor y frio.com el portal sectorial de las instalaciones. <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/calefaccion-instalaciones-componentes/capacidad-termica-formula.html>
- Arzoz, M. (2014). *De habitabilidad y arquitectura*. Arquine. <https://www.arquine.com/habitabilidad-y-arquitectura/>
- Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador. (2008, 20 de octubre). Sección cuarta, habitad y vivienda. *Constitución de la República del Ecuador 2008*. 169-170. <https://n9.cl/c514a>
- Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador. (2016, 30 de junio). Capítulo II, PRINCIPIOS RECTORES Y DERECHOS ORIENTADORES DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y PLANEAMIENTO DEL USO Y GESTIÓN DEL SUELO. *Ley orgánica de ordenamiento territorial, uso y gestión del suelo*. 6-7.

<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/Ley-Organica-de-Ordenamiento-Territorial-Uso-y-Gestion-de-Suelo1.pdf>

Benalcázar, W. (2016). *CONSTRUIR, GUIA PARA LA CASA IDEAL*. El comercio.

<https://www.elcomercio.com/construir/urkuwasi-miradorturistico-construccion-sanpablo.html>

Cagel Comunicaciones SA. (2020). ¿Qué es la bioarquitectura? *Revista México Proyecta, Diseña y Construye*, 12. <http://www.revistaconstruye.com.mx/noticias/2838->

<http://www.revistaconstruye.com.mx/noticias/2838-%C2%BFqu%C3%A9-es-la-bioarquitectura.html>

Ceballos Salas, P. (1992). Las construcciones en tierra en Ecuador. Innovaciones tecnológicas.

Revista INVI, 7(16), 18-25.

<http://revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/156/651>

Cid, J, Mazarrón, F. R. & Cañas, I. (2011). Las normativas de construcción con tierra en el mundo. *Informes de la construcción*, 63(523), 159-169.

oa.upm.es/10611/2/INVE_MEM_2011_95320.pdf

Ciudad, M. (2014). *Manual de superadobe*.

<https://sf2217758f40e4116.jimcontent.com/download/version/1573824485/module/13081198131/name/MANUAL%20SUPERADOBE%202014.pdf>

Construir una casa ecológica: bioconstrucción con COB. (2016). *Construir una casa ecológica:*

bioconstrucción con COB. Verde por dentro.

<https://www.verdepordentro.com/2016/09/01/construir-una-casa-ecol%C3%B3gica-bioconstrucci%C3%B3n-con-cob/>

ConstruyePais. 2020. *Construcción paso a paso de una casa con sacos de tierra*. ConstruyePais, *noticiero de Arquitectura e Ingeniería*. <https://construyenpais.com/construccion-paso-a-paso-de-una-casa-con-sacos-de-tierra/>

Coppini, M. V. (2019). *El impacto ambiental y los riesgos en la salud humana*. Geo innova. <https://geoinnova.org/blog-territorio/impacto-ambiental-riesgos-salud/>

Earthbag construction. (2020, 31 de octubre). En *Wikipedia*. https://es.qaz.wiki/wiki/Earthbag_construction

Ecomundo, (2017). *Ventajas de la construcción con Superadobe*. Ecomundo. <http://www.ecomundo.com.ar/ventajas-la-costruccion-superadobe/>

Espinosa Rufat, C. (2016). *Qué es la bioconstrucción*. Arquitectura y Salud. <https://www.arquitecturaysalud.com/bioconstruccion/que-es-la-bioconstruccion>

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Portoviejo. (2018). SECCION IX, DE LA PROTECCION DE LA VEGETACION, ESPACIOS Y ELEMENTOS NATURALES. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwifkY3WicXtAhWko1kKHx9rDUwQFjAFegQICBAC&url=http%3A%2F%2Fonline.portoviejo.gob.ec%3A9090%2Fordenanzas%2Fordenanza.down%3Fid_archivo%3D1637&usg=AOvVaw0b6TYuG3X_VOsgG78VmaOc

Harke, W. (2010). *Domótica para viviendas y edificios*. Marcombo.

Haverland. (2015). *¿Qué es la inercia térmica?* Haverland. <https://haverland.com/2015/01/21/que-es-la-inercia-termica/>

Hernández Jiménez, M. (2017). *El superadobe como técnica de autoconstrucción*. [Trabajo de grado, Universidad Veracruzana]. Universidad Veracruzana facultad de ingeniería civil el superadobe como técnica de autoconstrucción.

https://www.academia.edu/32671889/UNIVERSIDAD_VERACRUZANA_FACULTAD_DE_INGENIER%3%8DA_CIVIL_EL_SUPERADOBE_COMO_T%3%89CNICA_DE_AUTOCONSTRUCCI%3%93N_Nombre_del_Alumno

Hildebrandt Gruppe. (2015). *Elementos que definen el confort higrotérmico en un edificio*.

Eficiencia energética. <http://www.hildebrandt.cl/elementos-que-definen-el-confort-higrotermico-en-un-edificio/>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2010). *Población y demografía*. Instituto

Ecuatoriano de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>

Jiménez Guzmán, J. D., Guerrero Aguilar, S., Vidal Lopez, J., Gonzales Coria, R & J. (2019).

Propiedades térmicas de los materiales, diapositivas de física del estado sólido. Docsity. <https://www.docsity.com/es/propiedades-termicas-de-los-materiales/5166049/>

META2020 arquitectos. (2016). *Construcción en tierra. METAVIENTEVIENTE*.

<https://www.meta2020arquitectos.com/construccion-con-tierra/>

Ministerio de desarrollo urbano y vivienda. (2018, 5 de febrero). Norma ecuatoriana de la construcción. *Eficiencia energética edificaciones residenciales (EE)*, 4. p. [9].

Mompó García, M. (2015). *Construcción sostenible: Bloques de tierra comprimida BTC*.

Arquitectura y empresa. <https://arquitecturayempresa.es/noticia/construccion-sostenible-bloques-de-tierra-comprimida-btc>

Monjo Carrió, J. (2005). La evolución de los sistemas constructivos en la edificación. Procedimientos para su industrialización. *Informes de la construcción*, 57. 38.
<https://core.ac.uk/download/pdf/36034013.pdf>

Organización mundial de la propiedad intelectual, (s.f). *La técnica arquitectónica nacida de la poesía*. Wipo.int. https://www.wipo.int/ipadvantage/es/articles/article_0138.html

Palacios Carvajal, M. & Donoso León, C. (2019). ANÁLISIS TÉRMICO DEL SUPERADOBE UBICADO EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA. *Caribeña de Ciencias Sociales*, 1. 1-10.
<https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/05/analisis-termico-superadobe.html>

Portoviejo, G. A. (2018). *CÓDIGO MUNICIPAL DEL CANTON PORTOVIEJO COMPONENTE SOCIOCULTURAL*. Portoviejo.

Rivera Herrera, N., & Ledezma Elizondo, M. (2010). La permacultura una alternativa en los sistemas constructivos sustentables. *Contexto Revista de la Facultad de Arquitectura Universidad Autónoma de Nueva León*, 4, 61-68.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6264884>

Significados. (s.f). *Que es identidad cultural*. Significados.
<https://www.significados.com/identidad-cultural/>

Sulbaran, L. (3 de febrero 2016). Una mirada hacia la arquitectura de Ecuador. *Arquitectura en Ecuador*. <http://leninsulbaran.blogspot.com/2016/02/una-mirada-hacia-la-arquitectura-en.html>

Tapial. (2020, 4 de octubre). En *Wikipedia*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Tapial>

Universidad de Alicante. (2011). *Comportamiento térmico de materiales aplicados a la arquitectura*. Universidad de Alicante. <https://web.ua.es/es/tysea/lineas-investigacion/comportamiento-termico-de-materiales-aplicados-a-la-arquitectura.html>

Anexos

Figura 28

Estudio de velocidad del viento con anemómetro



Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 29

Estudio de temperatura de las paredes internas del espacio habitable con termómetro digital



Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 30

Estudio de temperatura del suelo y humedad relativa



Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 31

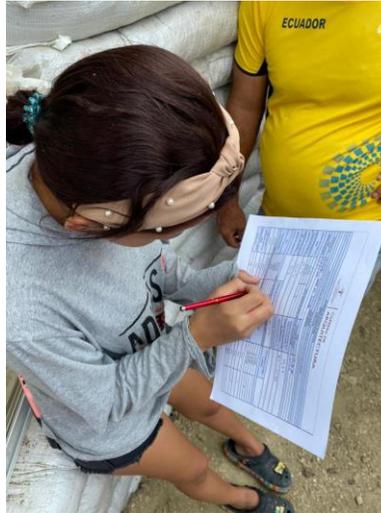
Velocidad del viento exterior realizado con anemómetro



Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 32

Encuesta realizada a beneficiarios del espacio habitable para determinar la confortabilidad dentro del espacio



Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 33

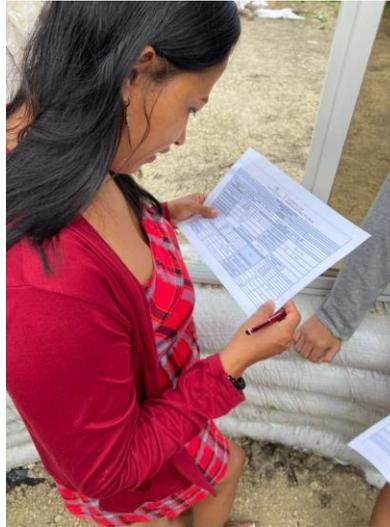
Encuesta realizada a beneficiarios del espacio habitable para determinar la confortabilidad dentro del espacio



Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 34

Encuesta realizada a beneficiarios del espacio habitable para determinar la confortabilidad dentro del espacio



Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 35

Ensayo de limite liquido realizado con el equipo casa grande



Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 36

Preparación del material para ensayo Proctor



Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 37

Tamizaje del material de la muestra



Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 38

Pesaje del molde con material compactado



Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 39

Peso de tara con material poco saturado



Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 40

Raspado de material compactado



Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 41

Compactación de material dentro del molde por capas



Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 42

Compactación de material dentro del molde por capas



Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 43

Medición del diámetro y altura del molde para determinar volumen del mismo



Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 44

Pesaje del molde sin material



Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 45

Tamizaje de material saturado de agua



Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 45

Tamizaje del material para ensayo de limites



Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).

Figura 46|

Secado de material tamizado en horno



Nota. Imagen proporcionada por los autores del análisis de caso (2021).