



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA  
*La Universidad Católica de Loja*

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE ARQUITECTO

Material compuesto de Arenas Limosas y refuerzo de Abacá con adición de  
Opuntia ficus-indica, (Nopal) y Aloe Vera (Sábila)

TRABAJO DE TITULACIÓN

**AUTORA:** Murillo Valle, Sandra Elizabeth

**DIRECTOR:** Mgtr. Balcázar Arciniega, Cristian André, Arq.

LOJA-ECUADOR

2016

## APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Magister.

Cristian André Balcázar Arciniega.

### DOCENTE DE LA TITULACIÓN.

De mis consideraciones:

El presente trabajo de titulación: “**Material compuesto de Arenas Limosas y refuerzo de Abacá con adición de Opuntia ficus-indica, (Nopal) y Aloe Vera (Sábila)**”, realizado por Sandra Elizabeth Murillo Valle, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, septiembre del 2016

f).....

Arq. Cristian André Balcázar Arciniega

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo Sandra Elizabeth Murillo Valle, declaro ser autora del presente trabajo de titulación, “Material compuesto de Arenas Limosas y refuerzo de Abacá con adición de Opuntia ficus-indica, (Nopal) y Aloe Vera (Sábila)”, de la titulación de arquitectura, siendo Arq. Cristian André Balcázar Arciniega, director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, concepto, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f. \_\_\_\_\_

Autor. Sandra Elizabeth Murillo valle

Cedula. 0704763259.

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la capacidad y sabiduría para realizar esta investigación, a mis padres Elsa y Alcides, quienes con sacrificio y esfuerzo me han apoyado incondicionalmente, a mi esposo Juan Carlos, a mis hermanos María Gabriela, Pedro y Cristian, y especialmente a mi hijo Juan Carlos por darme fuerzas y valor para concluir este trabajo.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida.

A mi madre Elsa Valle, por su apoyo incondicional y su anhelo de verme realizada profesionalmente.

A mi director de tesis Arq. Cristian Balcázar quien me supo guiar y brindarme tiempo y apoyo incondicional. Y de manera especial al Ing. Ángel Tapia, por brindarme su ayuda y conocimientos en las pruebas de laboratorio quien a más de ser un excelente profesor, es un amigo.

Al Ing. Diego Mata e Ing. Berenice Zúñiga por su ayuda en el laboratorio.

Y a todas las personas que ayudaron a que mi vida estudiantil sea llena de alegrías, y existo, gracias.

## INDICE DE CONTENIDOS

CARATULA	I
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
INDICE DE CONTENIDOS	VI
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	3
METODOLOGÍA	4
<b>CAPITULO I</b>	
<b>CARACTERIZAR LA TIERRA DE LA MINA DEL SR JULIO ALVARADO LEÓN, RESINAS Y ADITIVOS COMO EL ALOE (SABILA) Y OPUNTIA FICUS-INDICA, (NOPAL)</b>	
1.1 INTRODUCCIÓN.	6
1.2 CONSTRUCCIÓN CON TIERRA CRUDA.	6
1.3 DEFINICIÓN DE COMPOSITE.	8
1.4 FIBRAS NATURALES Y MUCILAGOS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN.	8
1.4.1 procesos heterogéneos.	9
1.4.1.1 Consolidantes.	9
1.5 MINA DEL SR. JULIO ALVARADO LEÓN.	11
1.6 SELECCIÓN DE TIERRA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL COMPOSITE (ADOBE).	11
1.7 NORMATIVAS APLICADAS A LA CONSTRUCCIÓN DEL COMPOSITE (ADOBE).	12
1.8 ALOE VERA (SÁBILA).	17
1.8.1 Historia.	17
1.8.2 Características.	17
1.8.3 Estructura.	17
1.9 RESINA DEL OPUNTIA FICUS-INDICA, (NOPAL).	18
1.9.1 Historia.	18
1.9.2 Características y estructura del Opuntia ficus-indica (Nopal).	19
1.10 MUSA TEXTILIS (ABACÁ).	20
1.10.1 Historia.	20
1.10.2 Características.	21
	VI

1.10.3 Estructura.	21
1.11 ADOBE TRADICIONAL.	22
1.11.1 Historia.	22
1.12 Fabricación del adobe tradicional en la parroquia Vilcabamba.	22
<b>CAPITULO II</b>	
<b>PROPUESTA, Y EXPERIMENTACIÓN DEL LADRILLO ECOLÓGICO</b>	
2.1 INTRODUCCIÓN.	25
2.2 SELECCIÓN DE MATERIALES.	25
2.3 ENSAYOS DE LABORATORIO PREVIOS DE LAS CONDICIONES DEL SUELO.	26
2.3.1 Reducción de muestra (cuarteo). AASHTO T 248.	27
2.3.2 Contenido de humedad. AASHTO T- 265	27
2.3.3 Limite Líquido. AASHTO T 89	28
2.3.4 Limite Plástico. AASHTO T 90.	29
2.3.5 Análisis Granulométrico del suelo por tamizado. AASHTO T 88.	30
2.3.6 Clasificación del suelo según el sistema S.U.C.S.	32
2.4 PROCESO DE EXTRACCIÓN DE LOS ADITIVOS.	34
2.4.1 Abacá.	34
2.4.2 Aloe Vera, (sábila).	35
2.4.3 Opuntia ficus-indica, (Tuna).	36
2.5 FABRICACIÓN DEL COMPOSITE.	37
2.6 PRESUPUESTO.	39
<b>CAPITULO III</b>	
<b>RESISTENCIA DEL LADRILLO ECOLOGICO MEDIANTE ENSAYOS MECANICOS Y FISICOS DE LABORATORIO</b>	
3.1 ENSAYOS DE LABORATORIO.	45
3.2 ENSAYO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	45
3.3 PERMEABILIDAD.	49
3.4 ADSORCIÓN TOTAL.	50
3.5 CONCLUSIONES.	53
3.6 RECOMENDACIONES.	54
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS.</b>	<b>57</b>

## **RESUMEN**

En el presente proyecto de investigación se plantea el análisis físico y mecánico de un adobe de dosificación tradicional adicionando aloe vera (Sábila) y opuntia ficus-indica, (nopal), y refuerzo de fibra de abacá. Los aditivos cumplen la función de retardar el ingreso de agua haciéndolo impermeable y alargando su ciclo de vida. La fibra actúa como elemento de refuerzo permitiendo superar los valores de resistencia a la compresión, exigida en la normativa.

**Palabras claves:** adobe, abacá, aloe, mucilago.

## **ABSTRACT**

In this research project the physical and mechanical analysis of a traditional adobe adding dosage aloe vera (Aloe Vera) and Opuntia ficus-indica (prickly pear), and abaca fiber reinforcement arises. Additives serves to retard water ingress making it waterproof and extending its life shekel. The fiber acts as stiffening element allowing to overcome the values of compressive strength, required by the regulations

**Keywords:** adobe, abacá, aloe, mucilage.

## INTRODUCCIÓN

Desde hace varios miles de años la arcilla sirvió al hombre como materia prima en la construcción de múltiples objetos. Con el tiempo su importancia económica llegó a ser tan grande que no existen prácticamente, actividades donde no se le considere o no se le utilice. Aquí en la industria de la construcción la utilizamos para, la fabricación de paredes, ladrillos, revoques, etc. (Besoain, 1985).

En la ciudad de Loja los artesanos de ladrilleras, bloque de cemento se encuentran acomodados en sus actividades de producción de mampostería clásica, y lamentablemente no buscan nuevas alternativas de fabricación del mismo, o de nuevas condiciones que sean más saludables y ecológicamente sostenibles, además que su precio es muy elevado en comparación con el bloque ecológico, a este lo podemos fabricar en el mismo sitio de la construcción, y además este bloque no necesita de quemado, por tal motivo no gastamos en leña, ni transporte nos ahorraremos un 50% de nuestro dinero. Los materiales hacen que este sea adaptable para el trabajador aligerando el tiempo de construcción.

En el presente trabajo se busca nuevas alternativas de construcción, se basó en la utilización de refuerzo de fibra de abacá y aditivos de aloe vera.

En el primer capítulo se analizó la normativa en tierra cruda y características de cada aditivo.

El segundo capítulo, realizaremos la selección de materiales y ensayos previos de laboratorio para continuar a la construcción del adobe.

El tercer capítulo, aplicaremos ensayos físicos y mecánicos para determinar la resistencia, permeabilidad y absorción total del mismo, terminado esta investigación con conclusiones y recomendaciones.

## OBJETIVOS

### **General:**

Desarrollar un adobe a partir de fibras de abacá, y adición de sábila y Opuntia ficus-indica, (Nopal)

### **Específicos:**

1. Investigar las características de las tierras de la mina Yamburara Alto de la parroquia Vilcabamba, (tipos) fibras, resinas y aditivos naturales, como el aloe de la sábila y Opuntia ficus-indica, (Nopal)
2. Desarrollar experimentalmente en el laboratorio de construcciones varios prototipos del ladrillo ecológico con clasificaciones adecuada en bases referentes constructivos.
3. Analizar el comportamiento mecánico y físico del composite con diferentes porcentajes de adición de fibras.

### **HIPÓTESIS**

El refuerzo de fibra de abacá y la adición de Opuntia ficus-indica (Nopal) y Aloe Vera (Sábila) mejorar el comportamiento físico del composite.

### **METODOLOGÍA**

**MÉTODO INVESTIGATIVO:** Consiste en la recopilación de la mayor cantidad de información relevante sobre el tema de estudio. Para obtener esta información se desarrollarán, consultas bibliográficas, información en internet, visitas a la parroquia Vilcabamba, entrevistas a los lugareños y extranjeros.

**MÉTODO EXPERIMENTAL:** Consiste en comprobar, medir las variaciones o efectos que sufre una situación cuando ellas se introduce una nueva causa dejando las demás causas en igual estudio. Para lograr esta comprobación, se desarrollarán pruebas en el laboratorio

## **CAPITULO I**

**CARACTERIZAR LA TIERRA DE LA MINA DEL SR JULIO ALVARADO LEÓN, RESINAS  
Y ADITIVOS COMO EL ALOE (SABILA) Y OPUNTIA FICUS-INDICA, (NOPAL)**

## 1.1 Introducción.

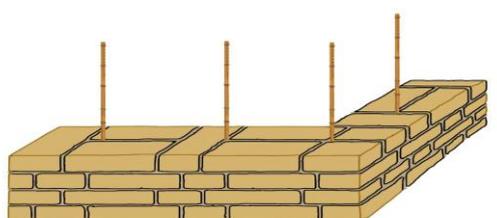
Es importante preservar y desarrollar a la tierra sin cocer como una forma de producir el habitat futuro, porque es un material que existe en casi todas partes y es económico, para su empleo hace falta mucho menos energía de producción que para fabricar otros materiales o mampuestos, forma parte del sistema de conocimientos de la gente, por sus potencialidades como sistema de autoconstrucción, posibilita varios sistemas constructivos de buena calidad tecnológica, y no es contaminante. (Supisiche, 2006)

## 1.2 Construcción con tierra cruda.

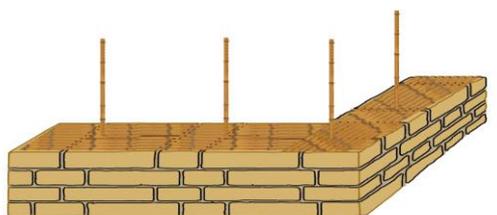
A las puertas de la actual visión de la arquitectura sostenible, es obligado recuperar la tierra cruda como material de construcción; tan conocido y validado por la historia como también casi olvidado por el progreso del siglo XX. (Bestraten, Hormías, & Altemir, 2011)

A continuación definiremos las tecnologías más usadas en la ciudad de Loja.

- **Adobe.**- es un sistema constructivo en tierra cruda, es un material que resulta de la combinación de arcilla, arena y la paja, que es introducida para evitar el surgimiento de grietas en la superficie. La realización de este material debe tener un mantenimiento constante se supervisión para mejor acabado.(Rivera Torres, 2012)



Refuerzo con cañas verticales entre adobes, vienen desde el cimiento

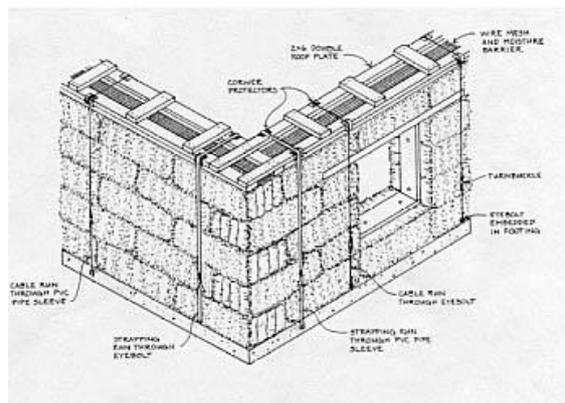


Refuerzo horizontal de caña chancada, cada 4 hileras de adobe, amarradas y/o trenzadas

**Imagen 1.1:** Sistema Constructivo

Fuente: Recuperado de: <http://goo.gl/DAz1ab>>2012

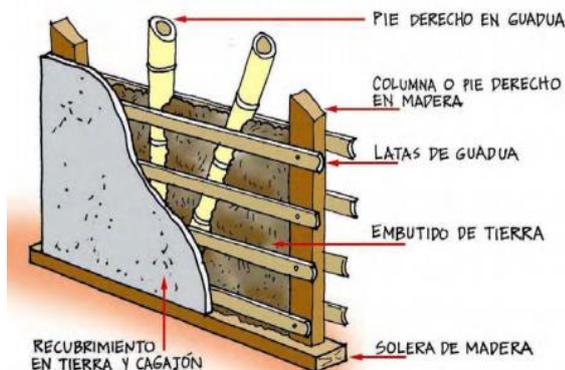
- **Tapial.** - es una construcción de tierra pisada que debemos preparar un molde de madera con tabla barata de encofrar, las medidas del molde suelen ser de 100 cm de alto por 200 cm de largo que necesita una base seca que normalmente está constituida por un zócalo-cimiento del terreno. Para empezar cavaremos con la azada una zanja de 50 o 60 cm de ancho y de 30 a 40 cm de profundidad, luego iremos colocando piedra en seco o con mortero hasta levantarnos por encima del terreno, se colocan los tableros sobre el zócalo y se pone una tapa en un testero, este se coloca sobre un pilar de ladrillo de piedra que hará de remate lateral del tapial.(Cuchí, 1996)



**Imagen 1.2:** Sistema Constructivo

**Fuente:** Manual de evaluación y rehabilitación sismo resistente.2002

- **Bahareque.** - es un sistema de entramados de madera aserrada y caña guadua, tiene un relleno de tierra sostenido por carrizo de guadua y con recubrimiento con base en cagajón de caballo, tierra y cal. (Carazas Aedo, 2012)



**Imagen 1.3:** Sistema Constructivo

**Fuente:** Manual de evaluación y rehabilitación sismo resistente. 2002

### **1.3 Definición de composite.**

Material compuesto es aquél constituido por dos, o más, componentes cuyas propiedades son superiores a las que tienen cada uno por separado, permaneciendo todos perfectamente identificables en la masa del elemento. (Santiago, 2003)

El material compuesto no es una invención humana, ya que existe en la propia naturaleza, así, la madera, es un ejemplo bastante típico puesto que está constituido por armaduras de fibras de celulosa envueltas en una matriz de resinas naturales; las fibras dan, en algunas direcciones, la resistencia necesaria al vegetal. También en el cuerpo humano existen materiales compuestos, como los huesos, formados por una especie de cemento cálcico y fibras de colágeno. En edificación, el primer material compuesto debido al hombre es el adobe, formado por barro y una armadura a base de paja, y también se utiliza, aunque en menor medida, el yeso armado con crines de caballo. Sin embargo, es el hormigón armado el material compuesto más famoso y más utilizado en la construcción y la ingeniería civil. La denominación de compuesto está justificada ya que el refuerzo y la matriz existen. Esta denominación también se emplea en materiales como el amianto-cemento, morteros y hormigones reforzados con fibras de acero, de vidrio o polimérica. (Santiago, 2003)

A partir de los 70, dentro de los denominados nuevos materiales han aparecido los «composites», que hoy en día son los nuevos materiales de mayor producción y aplicación, lo que explica que, en muchos casos, se crea que composites y nuevos materiales son la misma cosa. (Santiago, 2003)

### **1.4 Fibras naturales y mucilagos utilizados en la construcción.**

Desde tiempos remotos, las únicas fibras utilizadas para prendas de vestir y diversos artículos eran las fibras naturales, obtenidas de los reinos vegetal y animal, fibras como el algodón, seda, lana, yute, abacá y pelos de diversos animales, sin embargo, a partir del siglo pasado, su uso disminuyó debido al desarrollo de las fibras artificiales y sintéticas (Arroyo, Ruiz, Vargas, & González, 2010).

Las fibras naturales pueden ser vegetales teniendo como componente principal la celulosa (algodón, lino, yute y abacá), animales, adquiriendo como componente principal proteínas como la albumina (lana y seda) y en fibras minerales como el asbesto (Kirk & Othmer, 2001).

Las fibras sirven para conformar una especie de “red” a la que se adhieren las partículas del suelo y se desarrolla mediante la introducción de materiales fibrosos que pueden ser de origen vegetal como es el caso de la paja de diferentes gramíneas, virutas de madera, acículas de

pináceas, cáscaras de coco, tallos del maíz, fibras de pita o sisal, yute, cabuya y actualmente fibras de Abacá, estas fibras cumplen su función principal en el momento de la elaboración de elementos constructivos, que es cuando se busca evitar la aparición de fisuras, las fibras modifican la textura de los componentes constructivos haciéndolos más ásperos (Guerrero , 2007).

Los mucilagos son un tipo de fibra soluble de naturaleza viscosa. Actualmente los mucilagos han sido usados mayoritariamente para la industria farmacológica, cosmética y alimentaria. En las plantas pueden presentarse diversos tipos de polisacáridos, como la celulosa, el almidón, las pectinas, las gomas, los mucílagos y las hemicelulosas. Dentro de estos, los mucilagos constituyen el segundo compuesto más abundante en la naturaleza, después de la celulosa, y junto con ésta constituyen las paredes celulares de los vegetales ( Larionova, 2006).

#### **1.4.1 procesos heterogéneos.**

Los métodos de estabilización de tipo heterogéneo consisten en agregar al suelo componentes ajenos a su condición natural, los cuales le confieren propiedades estables ante la presencia del agua. Estos procesos se pueden dividir en tres subgrupos en función de su forma de actuación sobre el suelo: los estabilizantes por consolidación, los estabilizantes por fricción y los estabilizantes por impermeabilización.

##### **1.4.1.1 Consolidantes.**

Consolidación proporciona ayuda a las arcillas en la acción aglutinante que ejercen sobre las partículas inertes del suelo. Es decir, forman cadenas con los limos y arenas para mantenerlas unidas, con lo que se complementa el trabajo de las arcillas. La recuperación de una cultura constructiva El mejor estabilizante por consolidación con que se cuenta y cuya eficacia ha sido probada a lo largo de los siglos en todo el mundo, es la cal. Como es sabido, durante el proceso natural de carbonatación de esta sustancia, que se denomina químicamente hidróxido de calcio, sirve de liga a las partículas del suelo aumentando su resistencia a la comprensión y cortante, además de disminuir sus niveles de absorción hídrica y, por lo tanto, su posible retracción al secado. Las mejores respuestas se consiguieron agregando solamente entre 4 y 8% de cal (Hoffman, 2002, p. 72). Por otra parte, existe un sinnúmero de sustancias de origen orgánico que también pueden cumplir funciones aglutinantes y que incluso se han aplicado en paralelo al uso de hidróxido de calcio a lo largo de la historia. Este es el caso de los polímeros extraídos de vegetales como las cactáceas o las suculentas, así como las proteínas animales provenientes de la leche, la sangre o el huevo. Estos productos

se han utilizado desde tiempo inmemorial, pero debido a la escasez de información documental y de trabajos experimentales en su aplicación, es difícil proponer su manejo en sitios donde la tradición que les dio origen se ha perdido o nunca existió. En el caso de México y Perú todavía pervive la costumbre de usar la pulpa del cactus de tuna –baba de nopal– que desde la época prehispánica formaba parte de los adhesivos tanto para el manejo de la tierra utilizada como material constructivo como para el caso de los revoques y pinturas a la cal. (Vaca, 2007)

**Fibras:** Los estabilizantes por fricción sirven para conformar una especie de “red” a la que se adhieren las partículas del suelo y que controla su desplazamiento, dilatación y retracción durante el fraguado. Asimismo, modifican los patrones de agrietamiento derivados de cambios de humedad y temperatura mediante el trazado de un sistema de microfisuras que no afectan la estabilidad del conjunto. Esta “red” se desarrolla mediante la introducción de materiales fibrosos que pueden ser de origen vegetal como es el caso de la paja de diferentes gramíneas, virutas de madera, acículas de pináceas, cáscaras de coco, tallos del maíz y fibras de pita o sisal. También existen sitios en los que históricamente se han empleado materiales de origen animal provenientes de la lana de ovejas o cabras, crines de caballo, pelo de llama o hasta cabello humano. (Vaca, 2007)

Es importante hacer notar que las fibras deben utilizarse en condiciones secas ya que de lo contrario se corre el riesgo de que se pudran perdiendo todas sus cualidades, son causa de deterioros posteriores en las estructuras por los microorganismos que generan. En este sentido, la que mayor difusión ha alcanzado por su extensivo uso en el medio rural es la paja, principalmente de trigo o arroz. Este material ha sido estudiado con bastante rigor y se ha puesto en evidencia que presenta amplias cualidades de durabilidad, plasticidad y resistencia. Se recomienda utilizar paja cortada en tramos de aproximadamente 10 cm de longitud y en una proporción de alrededor de 1% en peso, lo que significa una relación de un volumen de paja por dos de tierra, ambas en estado seco y sin comprimir. Lógicamente, la dimensión de la paja va a variar según la especie de gramínea de la que procede, el proceso agrícola que la produce en cada región y la tradición constructiva local. La paja o cualquier otra fibra que se utilice para estabilizar la tierra, cumple su función principal en el momento de la elaboración de elementos constructivos, que es cuando se busca evitar la aparición de fisuras. No obstante, estos agregados siguen trabajando en los edificios con el paso del tiempo, al funcionar como “articulaciones” que flexibilizan las estructuras ante posibles fallas derivadas de sobrecargas o movimientos sísmicos. Asimismo, las fibras modifican la textura de los componentes constructivos haciéndolos más ásperos, con lo que se incrementa notablemente

la adherencia entre ellos y con el resto de los componentes estructurales y los revestimiento (Vaca, 2007)

### 1.5 Mina del Sr. Julio Alvarado León.

En la parroquia Vilcabamba, se encuentra la cantera de tierra del Sr. Julio Alvarado León, está ubicada en el sector Yamburara Alto, en las coordenadas 17H0699307 y UTM 9527984, con una altura sobre el nivel del mar de 1628m.



**Foto 1.1:** Mina de arcilla Propiedad del Sr. Julio Alvarado León

**Fuente:** (Autor, 2016)

De esta cantera se obtendrá las respectivas muestras para llevar al laboratorio analizarlas.

### 1.6 Selección de tierra para la construcción del composite (adobe).



**Foto 1.2:** Suelo orgánico

**Fuente:** (Autor, 2016)



**Foto 1.3:** Suelo apto para la construcción de adobes

**Fuente:** (Autor, 2016)

La tierra para la fabricación debe estar conformada por 25 a 45% de limos, arcilla y el resto de arena. La proporción máxima de arcilla será del 15 al 17%. La tierra no debe ser de cultivo o suelo orgánico, se puede identificar fácilmente las tierras inadecuadas por su color o sabor,

tierra con materia orgánica, color negruzco. Tierra color blanquecino y sabor salado. (Roberto Morales morales. Dr Rafael Torres Cabrejos, 1993)

### **1.7 Normativas aplicadas a la construcción del composite (adobe).**

La tierra es cada vez más valorada como material de construcción. Dado 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 de las técnicas de construcción con tierra cruda.(Cid, Mazarrón, & Cañas, 2011).

La calificación del producto, según las normas españolas, colombianas, y brasileñas, contienen los requisitos relativos a la resistencia a la compresión y al comportamiento con respecto a la acción del agua a pesar de los parámetros diferenciados en función de la aplicación del BTC. La comparación entre los valores establecidos como límite en la resistencia a la compresión de las normas no es posible ya que los métodos de ensayo para su determinación son bastante diferentes.(Proterra & Proterra, n.d.).

**Tabla 1:** Requisitos y criterios de las normas brasileñas, colombiana y española.

Norma	Brasileña		Colombiana				Española			
Parámetro	Valor	condiciones	Valor	condiciones			Valor	condiciones		
Dimensiones (L x E x h) (cm)	20 x 9,5 x 5 23 x 11 x 5 ( bloque macizo)	un solo sentido prensado	29,5 x 14 x 9,5 22 x 22 x 9,5 ( bloque macizo)	no informa sobre el prensado			fabricante informa	no informa sobre el prensado		
	39 x 9 x 14 39 x 14 x 14 39 x 19 x 14 ( bloques con huecos)	sentido doble de prensado								
Tierra	100% ≤ 5 mm 10% a 50% ≤ 0,075 mm LL ≤ 45% IP ≤ 18%		presenta diagrama de granulometría y límites (LL e IP)				presenta diagrama de granulometría y límites ( LL e IP ) arcilla ≥ 10% materia orgánica ≤ 2% sales solubles ≤ 2%			
Estabilizante	cemento		cemento				cemento, cal, yeso y otros			
Resistencia a la compresión mínima (Mpa)	2	húmeda	BSC20	BSC40	BSC60	seca	BTC1	BTC2	BTC3	seca
			2,00	4,00	6,00		1,30	3,00	5,00	
			1,00	2,00	3,00		humedad			
	h ≤ 7 cm - bloque partido y unido h ≥ 7 cm - bloque entero		bloque partido y uniendo las dos partes				bloque entero			
resistencia a la abrasión mínima ( cm <sup>2</sup> /g)	no cita		2	5	7	expuesto a la abrasión	no cita			
Capilaridad máx. (g/cm <sup>2</sup> x min <sup>1/2</sup> )	no cita		débil	poco	pared externa		fabricante informa		pared externa	
Absorción de agua máx. (%)	20%	obligatorio	no cita				no cita			
mojado y secado	no cita		no cita				sin grietas sin fragmentación		condiciones severas	
erosión	no cita		no cita				0 ≤ D ≤ 10			
hielo y deshielo	no cita		no cita				fabricante informa			
esfuerzo cortante	no cita		no cita				ensayo		uso estructural	

**Fuente:** (Proterra & Proterra, n.d.)

**Elaboración:** (Proterra & Proterra, n.d.)

**Tabla 2:** Normas agrupadas por país.

Año	País	Norma
1979	Perú	NTP 331.201,NTP 331202, NTP331.203
1980	India	IS 2110
1982	India	IS 1725
1985	Turquía	TS 537, TS 2514, TS 2515
1986	Brasil	NBR 8491, NBR 8492
1989	Brasil	NBR 10832. NBR 10833
1990	Brasil	NBR 12025
1992	Brasil	NBR12023,NBR12024
1993	India	IS 13827
1994	Brasil	NBR 10834, NBR 10835, NBR 10836
1996	Brasil	NBR 13554, NBR 13555, NBR 13553
	Región África	ARS 670 ARS 683
	Túnez	NT 21.33, NT 21.35
1997	Nigeria	NIS 369
1998	Nueva Zelanda	NZS 4297, NZS 4298
1999	Nueva Zelanda	NZS 4299
	Kenia	KS 02-1070
2000	Perú	NTE E 0.80
2001	Francia	XP P 13-901
	Zimbabue	SAZS 724
2002	Camerún	NC 102 – NC 114
2004	Colombia	NTC 5324
	Italia	Ley n° 378, 2004
2006	Italia	L.R. 2/06
2008	España	UNE 41410
2009	EEUU	NMAC, 17.7.4, 2009
	Sri Lanka	SLS 1382-1, SLS 1382-2, SLS 1383-3.
	Burkina Faso	NBF 0.2-001 – NBF 0.2-008
2010	EEUU	ASTM E 2392 M-10

**Fuente:** (Cid et al., 2011)

**Elaboración:** (Cid et al., 2011)

Agrupación de normas por país. Según (Cid et al., 2011).

**Grupo 1: Brasil**, ha emitido 13 normas desarrolladas por la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT) desde 1986 hasta 1996, sobre el suelo cemento y sus aplicaciones constructivas en forma de bloque suelo cemento y pared monolítica.

**Grupo 2: Colombia**, en el año 2005 se emite la norma colombiana NTC 5324 (ICONTEC 2004) editada por ICONTEC, siendo una traducción de la norma experimental francesa XP P13-901,2001(AFNOR 2001) sobre bloques de tierra comprimida.

**Grupo 3-4: EEUU**, el reglamento de Nuevo México (CID 2009) lo emite el CID (Construcción Industries División) en el 2009, basado en dos códigos actualmente derogados. Este documento tras varias modificaciones entra en vigor el 1 de enero del 2011. Este organismo ha ido actualizando y revisando la norma vigente publicando diferentes versiones, (versión 2003 y 2006) hasta alcanzar la versión que actualmente conocemos. Recientemente, la organización internacional “American Society for Testing and Materials” ha desarrollado la norma técnica ASTM E2392 M10 (ASTM 2010) aprobada en enero del 2010 y publicada en marzo de ese mismo año. Se trata de una guía de diseño para sistemas construidos con tierra.

**Grupo 5: España**, a finales de 2008 se desarrolla la primera norma española (AENOR 2008a) de construcción en tierra, y primera norma europea actual no experimental para bloques de tierra comprimida, emitida por el subcomité AEN/CTN 41 SC 10 “Edificación con tierra cruda”.

**Grupo 6: Francia**, la norma experimental XP P13-901:2001 (AFNOR 2001) es un documento provisional y accesible al público, desarrollado por el organismo nacional AFNOR con el objeto de poder obtener la necesaria experiencia en su aplicación, sobre la cual basar una futura norma.

**Grupo 7: India**, el organismo regulador de la India desde 1987 es el BIS (Bureau of Indian Standards) cuyo antecesor fue el ISI (Indian Standards Institution) que publicó las normas IS 2110 (BIS 1980) revisada en mayo del 2007, la norma IS 1725 (BIS 1982) y la norma IS 13827 (BIS 1993).

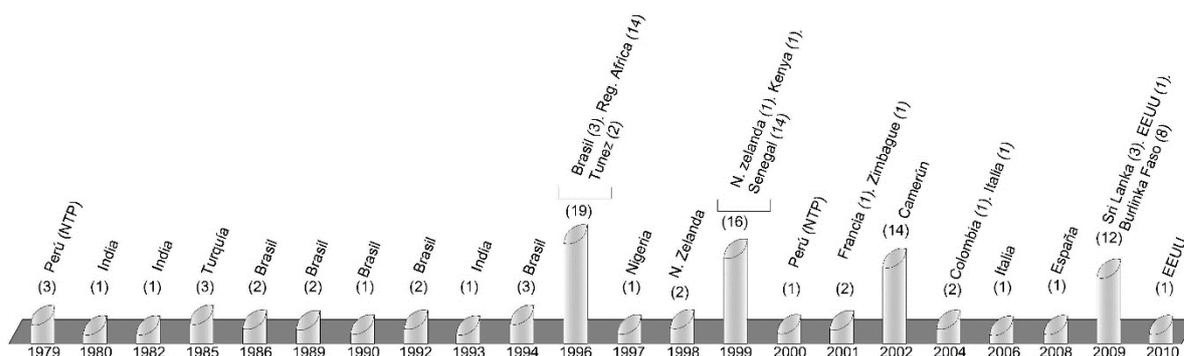
**Grupo 8: Kenia**, la KS 02-1070 (KEBS 1999) emitida por el KEBS (Kenya Bureau of Standards) es una revisión de la norma de 1993.

**Grupo 9: Nueva Zelanda**, en 1996 se publicaron las tres normas NZS (SNZ 1998a; SNZ 1998b; SNZ 1999) emitidas por el Organismo Nacional de normalización SNZ (New Zealand Standards).

**Grupo 10-11:** La norma peruana NTE E 080 (35) del 2000 procede de una versión anterior de 1977 del ININVI (Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda) que fue absorbido por el organismo público SENCICO (Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción). Actualmente la norma peruana se encuentra en una segunda revisión y ampliación. Las normas NTP (36-38), emitidas por el sistema Peruano de Normalización INDECOPI.

Las Normas NTP (INDECOPI 1978a; INDECOPI 1978b; INDECOPI 1978c), emitidas por el *sistema* Peruano de Normalización INDECOPI, actualmente tienen poca aplicabilidad quedando en un segundo plano por la norma peruana NTE E 080 (SENCICO 2000).

En Agosto del 2007, el comité especializado sobre adobe del país publica un comunicado tras el terremoto sufrido, en el que se afirmaba que todos los edificios que habían cumplido las especificaciones técnicas de dicha norma habían soportado las condiciones del seísmo.



**Imagen 1.4:** Normas y reglamentos ordenados por orden cronológico según año de creación.  
**Fuente:** (Cid et al., 2011)

**Grupo 12: Regional África**, en 1998 se emiten 14 normas ARS 670- ARS 686 (ARSO 1996a; ARSO 1996b; ARSO 1996c; ARSO 1996d; ARSO 1996e; ARSO 1996f; ARSO 1996g; ARSO 1996h; ARSO 1996i; ARSO 1996j; ARSO. 1996k; ARSO 1996l; ARSO 1996m; ARSO 1996n) sobre bloques de tierra comprimida editados por la organización regional de normalización africana (ARSO), publicadas en una serie tecnológica Del CDI/CRATerre (CRATerre-EAG 1998). Grupo 13: Sri Lanka, el instituto de normalización de Sri Lanka (SLSI) desarrolla a finales del 2009 tres normas SLS 1382 (SLSI 2009a; SLSI 2009b; SLSI 2009c) sobre los bloques de tierra comprimida estabilizados.

**Grupo 14: Túnez**, dos normas NT 21.33 y NT 21.35 (INNORPI 1996a; INNORPI 1996b) publicadas en 1996 por el organismo normalizador de Túnez, INNORPI, sobre bloques de tierra comprimida.

**Grupo 15: Zimbabue**, la norma de Zimbabue (SAZ 2001) fue emitida en 2001 por el organismo nacional de Normalización (SAZ) y se basa en una publicación de Keable 1996 (keable.J 1996). Hace referencia al tapial, Como técnica constructiva en tierra. (Jesús, 2012)

## **1.8 Aloe vera (sábila).**

### **1.8.1 Historia.**

El aloe vera es nativo de las zonas tropicales de Asia y África y se conoce desde hace más de 5000 años, y es utilizada en Egipto desde los tiempos de los faraones, hace alrededor de 3,000 años A.C, se le tribuye a Cleopatra, Nefertiti y hasta la Reina de Saba, el haberla empleado para mantener su belleza. (Ortiz, 2010)

En Arabia y en Europa la utilizaban con fines medicinales, en Francia durante el siglo XVII, fue empleada en la preparación de un medicamento llamado “Elixir de Larga Vida” ya que siempre se le ha atribuido esta propiedad de prolongar los años. (Ortiz, 2010).

En el Continente Americano fue traída por navegantes europeos desde el descubrimiento, en el año 1492. Estos la conocían por el nombre de Zabaria, según narra el cronista español, Gonzalo Fernández de Oviedo. (Ortiz, 2010).

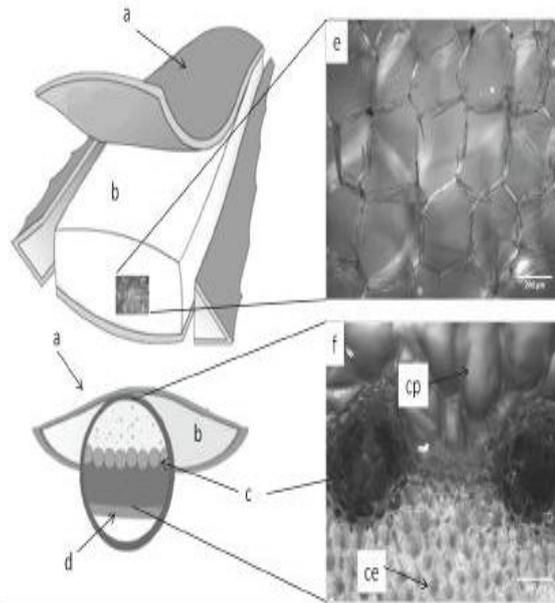
El nombre de Sábila que usamos los hispanohablantes, proviene de la voz árabe “Sabbra” o “Sabaira” que quiere decir amargo. El nombre genérico “Aloe”, empleado a nivel mundial, proviene del latín Aloe el cual también quiere decir amargo, por el sabor acibarado de la savia de sus hojas. (Ortiz, 2010).

### **1.8.2 Características.**

El Aloe vera es una planta herbácea perenne familia de las Liliaceas, se compone de raíz, tallo, hojas y flores. Las hojas crecen alrededor del tallo a nivel del suelo en forma de roseta, desde el centro hacia arriba, crece el tallo que al florecer forma densos racimos de flores tubulares amarillas, las hojas tienen formas lanceoladas y dentadas con pinchos que le sirven de protección a la planta, puede alcanzar 0,60 m de alto. (Ortiz, 2010)

### **1.8.3 Estructura.**

La estructura de las hojas está formada por el exocarpio o corteza, a cuál está cubierta de una cutícula delgada. La corteza representa aproximadamente del 20 al 30% del peso de toda la planta y dicha estructura es de color verde o verde azulado. El parénquima, conocido comúnmente como pulpa o gel se localiza en la parte central de la hoja y representa del 65 al 80 % del peso total de la planta. (Domínguez-Fernández1, 2012)

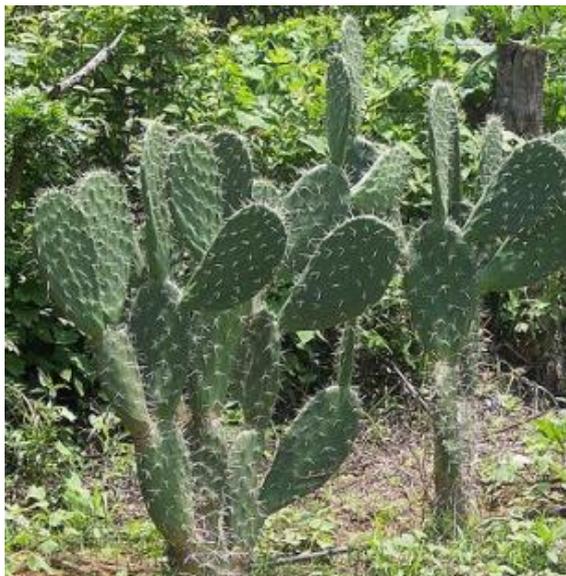


**Imagen 1.4:** Estructura y microestructura de la hoja de Aloe vera: exocarpio (a). Pulpa o tejido parenquimático (b), conductos de aloína (c) y cutícula (d). En la imagen se muestran figuras de microscopio de luz tomadas a una magnificación de 5x de las células del parénquima (e) y de un corte seccional de la hoja de Aloe vera (f) donde se observan con gran detalle células internas del exocarpio (ce), células el parénquima (cp) y conductos de aloína (c).

Fuente: <<https://goo.gl/lcyVkm>>2012

## 1.9 Resina del *Opuntia ficus-indica*, (Nopal).

### 1.9.1 Historia.



**Foto 1.4:** *Opuntia ficus-indica* (nopal)

Fuente: (Autor, 2016)

*Opuntia ficus-indica* es originaria de México, donde fue domesticado (Griffith, 2004; Reyes-Agüero et al., 2004). No se han encontrado plantas silvestres y se ha propuesto que deriva de *o. amyclae* (Berger, 1905, citado por Britton y Rose, 1919) u *o. megacantha* (Benson y Walkington, 1965), dos especies distribuidas en SMO México. El grado más extremo de domesticación de cualquier especie se caracteriza por su dependencia de hábitats artificiales para sobrevivir (Harlan 1992). En este sentido, todos los cultivares de *o. ficus-indica* se encuentran en ambientes protegidos, plantaciones o huertos (Figueroa et al., 1979; Colunga et al., 1986; Flores, 2001), ya que su supervivencia en áreas expuestas a vertebrados herbívoros es poco probable. El proceso de domesticación de *Opuntia* fue dirigido hacia la producción de plantas con pencas que carece de espinas y con frutos dulces grandes (Colunga et al., 1986), un proceso desarrollado en el sur de la sierra meridional de México (González, 1978). Se ha presumido que la etnia Otomí fue la protagonista en la domesticación de esta especie (Reyes Agüero et al., 2004). Aunque arcaico botánico no hay evidencia que indica el uso de *Opuntia* étnicas de varios grupos desde hace unos 8000 años (González, 1978), nada de eso puede ser asociado directamente a *o. ficus-indica*. En el siglo XVI *O. ficus-indica* ya era un cultivo importante en México central (Díaz, 1955). Los españoles llevaron esta especie a su patria, dada sus peculiaridades morfológicas y debido a sus frutos comestibles, propiedades anti escorbuto y por ser el anfitrión de la cochinilla, de la cual se obtuvo el tinte de cochinilla comercialmente importante. Luego, tanto México como España, *o. ficus-indica* fue introducido a otras partes del mundo, particularmente a la región mediterránea (Reyes-Agüero<sup>1</sup>, 2005)

### **1.9.2 Características y estructura del *Opuntia ficus-indica* (Nopal).**

Plantas de arbustivas a arborescentes, de 1.7 m de altura, con un tallo primario lignificado, bien definido. Tallo castaño oscuro, verde o gris, cilíndrico, de 45 cm de largo, a 20 cm de diámetro. Cladodios usualmente elípticos, pero también obovados, ovados, circulares, oblongos, oblanceolados o rómbicos, 32-44 cm de largo en cladodios de dos a tres años de edad, 18-25 cm de anchura, 1.8-2.3 cm de grosor, con un área de 462-796 cm<sup>2</sup>, por lo general verde pálido, a oscuro con series de aréolas espirales, con una distancia entre series de 3-4 cm; cladodios jóvenes con podario prominente, con hojas cónicas de 5.7 mm de longitud, las aréolas con 0-1 espina acicular y 0-2 espinas cerdosas. Aréolas de cladodios desarrollados 52-69 por cara, con densidad de 8-14 aréolas por cada 100 cm<sup>2</sup>, elípticos, obovados, oblanceolados u ovados, raramente circulares o rómbicas, 3-4 mm de longitud, 2-3 mm de anchura. Las espinas usualmente están ausentes, pero a veces hay pocos cladodios con una espina, generalmente acicular, hundida y blanca, 4-7 mm de longitud. Los gloquidios generalmente son abundantes en las aréolas próximas al cladodio, pero algunas veces

ausentes. Flores de antesis diurna, hasta diez por cladodio, casi siempre en la parte apical del margen del cladodio; pericarpelo generalmente cilíndrico, algunas veces obovoide, ovoide o cónico, 4.6-6.0 cm de longitud, 2.5-3.1 cm de diámetro; aréolas generalmente oblanceoladas, pero algunas veces circulares, elípticas o rómbicas, de 1.8-2.8 mm de longitud, 2-2.8) mm de anchura, algunas veces con espinas caducas y delgadas, éstas de 8-12 mm de longitud, con tricomas numerosos y cortos, de 1.4 mm de longitud, también con numerosos gloquidios castaños de 1.3-3.4 mm de longitud, y con varios más largos de 4.5-11 mm de longitud; segmentos externos del perianto de verdes a amarillo verdoso, con orillas hialinas, carinados, los más largos generalmente amarillo verdosos, con una franja central verde, un ápice rojizo, succulentos, llegando a ser membranosas en la parte interna, de ampliamente oblanceolados a espatulados, truncados en la base, mucronados, margen entero o sinuoso, de 0.6-1.3 cm de longitud, 0.5-1.1 cm de anchura; segmentos internos del perianto amarillo brillante, algunas veces rojo o naranja, membranosas, espatuladas, en ocasiones oblanceolados o cordados, atenuadamente truncados en la base, obtusos en el ápice, a veces mucronados, emarginados o fimbriados, margen entero, de 1.8-2.8 cm de longitud, 1.2-2.0 cm de ancho en la porción más ancha; numerosos estambres, erectos, ligeramente reclinados hacia el pistilo; filamentos blancos o amarillos, sensibles al tacto en las primeras horas de la antesis, 0.6-1.0 cm de longitud; anteras amarillas, sub-basifijas, 1.4-2.1 mm de longitud; estilo blanco, algunas veces rojo rosado, cilíndrico o subcónico, 14-20 mm de longitud, 4-6 mm de diámetro en la porción más ancha; estigma verde o amarillo, al principio capitado tornándose radiante con 8-10 lóbulos. (Reyes-Agüero1, 2005)

## 1.10 Musa Textilis (Abacá).

### 1.10.1 Historia.



**Imagen 1.5:** Plantación y fibra de Abacá  
Fuente: <<https://goo.gl/ew6zis>>2011

El abacá es nombre Tagalo de una variedad que recibe de plátano que recibe también las denominaciones de Cáñamo de Manila. Cáñamo de China, Cáñamo de Ambonio, Plátano, Banano, etc. Los filipinos lo denominaban igualmente bandala, los australianos banana, los chinos tsiau-pou, los japonesés basho, en Malasia se la conoce por pisango-etan, en Ambosio por Kalia-abbal, en Terante por fana, en Mindana y Las Antillas se la conoce por kaffo, platano; en Guadalupe por bananiercorde, en Guayana abacá. Casi todos estos nombres se aplican indistintamente ya sea a la planta abacá o la fibra textil que se extrae de la misma y que los ingleses denominan también Manila rope o también a los tejidos que se fabrican con ese filamento, conocido en Alemania por Manilahanfgewebe. (Palacios, 2000)

### **1.10.2 Características.**

El abacá, Musa textil, es una planta monocotiledónea, de la familia de las musáceas, cuyo nombre genérico, musa procede de la palabra árabe mous. Constituye una de las variedades del plátano de tallo monocarpio, originario de Filipinas y de las Molucas, muy extendido en la Polinesia en el archipiélago Filipino, en Australia, Asia, África y América. (Palacios, 2000)

### **1.10.3 Estructura.**

La parte de la planta que suministra el Cáñamo de Manila es el tronco formado por hojas arrolladas sólidamente unas alrededor de otras que terminan en pedúnculos y se componen de una masa parenquimatosa, de celdas extraordinariamente grandes llenas de aire, cuyas paredes contienen las hebras fibrosas colocadas en sentido de la longitud del tronco. El diámetro de este, es de unos 20cm, en la base, y va disminuyendo hasta la altura de 5 a 4 m. en la parte de las hojas que constituye el tronco y dirigidas hacia el exterior, se encuentran las masas principales de los grupos vasculares, que alcanzan en este sitio su más completo desarrollo. Este vegetal herbáceo cuyo aspecto difiere poco del plátano común, es de color verde, oscuro y termina en un conjunto de hojas ovales oblongas y rígidas. Estas hojas tienen a veces 2m de longitud por 50 cm de ancho estando atravesado por un gran nervio central longitudinal, de donde arrancan numerosas nerviaciones transversales y paralelas. Las flores blanquecinas, están situadas en la extremidad de un pedúnculo corto, tienen cinco estambres y el labio inferior de la corola, de dos pétalos casi sin escotaduras. Sus frutos no son comestibles. (Palacios, 2000).

## 1.11 Adobe tradicional.

### 1.11.1 Historia.

Como es conocido por todos, el adobe constituye la técnica que mayor nivel de difusión ha tenido tanto por la semejanza que presenta con el resto de los sistemas constructivos mampuestos, como por la posibilidad de prefabricar, almacenar y transportar las piezas para su uso posterior. Héctor Gallegos consigna la existencia de adobes modelados a mano en la ciudad de Jericó, que datan del octavo milenio antes de nuestra era. Asimismo, se sabe de adobes encontrados en el valle de Casma en el Perú de hace cinco mil años, poco antes de que aparecieran casi simultáneamente los moldes de madera en los poblados de Erudi en Sumeria y en el valle peruano de Chicama. El uso de moldes o gaveras de geometría regular propició, por una parte, el aumento en la velocidad de producción constructiva, pero, sobre todo, influyó directamente en el incremento en la resistencia de las estructuras, con lo que se estuvo en posibilidad de realizar construcciones más altas y sofisticadas. El proceso de moldeado permitió mantener el control de la calidad de las piezas en forma, tamaño y capacidad de carga, además de facilitar su aparejo y trabado en las uniones de los muros, que han hecho posible preservar estables a los edificios por siglos. La técnica consiste básicamente en el moldeado de bloques de barro de dimensiones que varían según la tradición local, que se secan al sol y posteriormente permiten construir estructuras portantes de muros, arcos, bóvedas o cúpulas por hiladas sobrepuestas. (Vaca, 2007)

### 1.12 Fabricación del adobe tradicional en la parroquia Vilcabamba.

La tierra para elaborar los adobes se selecciona de cantera y se le aplican las pruebas pertinentes, para ver si es apta para la construcción.



**Foto1.5:** A Selección de arcilla, B remojo de tierra 24 horas, C Adobes puestos a secar, 28 días.  
**Fuente:** (Autor, 2016)

Una vez realizadas las pruebas dejamos remojada el día anterior, para garantizar la homogenización de las partículas de arcilla, pasado las 24 horas batimos la mezcla con los

pies, hasta lograr su perfecta combinación, posteriormente procedemos a colocar en el molde la mezcla, para evitar formaciones de aire en el adobe se compacta con el pisón, y enrazamos con mano húmeda, para su posterior desmolde, dejamos secar bajo cubierta por 28 días. De 3 a 7 días se los deja secar sin moverlos, después de este tiempo se los gira para quitarles sobrantes y enrazarlos.

Es recomendable utilizar agua de río para la fabricación del adobe ya que esta no contiene cloro.



**Foto 1.6:** A Batido de tierra, B Apisonamiento, C Adobes colocados de lado para su posterior secado.  
**Fuente:** (Autor, 2016)

## **CAPITULO II**

### **PROPUESTA, Y EXPERIMENTACIÓN DEL LADRILLO ECOLÓGICO**

## 2.1 Introducción.

En el presente capítulo realizaremos ensayos de laboratorio para clasificar, si el material seleccionado es apto para construir el composite, se estudiará el proceso de extracción de los aditivos y fabricación del mismo.

Se realizará un presupuesto para determinar el costo del composite.

## 2.2 Selección de materiales.

Para la construcción del composite se utilizó los siguientes materiales:

- Arenas limosas de la Cantera Ubicada en la Parroquia Vilcabamba.
- Musa Textilis, (Abacá)
- Aloe vera (sábila)
- Opuntia ficus-indica (Nopal)

Estos materiales aplicaremos a la fabricación del composite de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 3:** Dosificaciones

Código	Adobe Tradicional	Abacá 0,5%	Abacá 1%	Aloe Vera (sábila) 1%	Aloe Vera (sábila) 3%	Opuntia ficus-indica (Tuna) 1%	Opuntia ficus-indica (Tuna) 3%
1	x						
2	x		x				
3	x	x					
4	x		x		x		
5	x	x		x			
6	x		x				x
7	x	x				x	
8	x		x		x	x	
9	x			x			x
10	x				x	x	

Fuente: Autor

Elaboración: (Autor, 2016)

**Tabla 4:** Dosificación en peso para aplicación de los aditivos y fibras.

Código	Adobe Tradicional peso kg	Abacá 0,5% peso (kg)	Abacá 1% peso (kg)	Aloe Vera (sábila) 1% peso (kg)	Aloe Vera (sábila) 3% peso (kg)	Opuntia ficus-indica (Tuna) 1% peso (kg)	Opuntia ficus-indica (Tuna) 3% peso (kg)
1	12						
2	12		0,12				
3	12	0,06					
4	12		0,12		0,36		
5	12	0,06		0,12			
6	12		0,12				0,36
7	12	0,06				0,12	
8	12		0,12		0,36	0,12	
9	12			0,12			0,36
10	12				0,36	0,12	

Fuente: Autor

Elaboración: (Autor, 2016)

Es recomendable utilizar las fibra (abacá) picada en trozos de 10 cm de largo, en un porcentaje de alrededor del 1% en peso, aplicar a composite. (Norma E-80).



**Foto 2.1:** (A) Cortado de fibra de abacá de 10 cm de largo, (B) pesado de fibra de abacá.

Fuente: (Autor, 2016)

### 2.3 Ensayos de laboratorio previos de las condiciones del suelo.

Realizaremos distintas pruebas para comprobar si el material seleccionado es apto para la construcción del composite según las normas AASHTO, (American Association of State Highway and Transportation officials).

**Tabla 5:** Normas utilizadas para la realización de ensayos de laboratorio.

N°	ENSAYO	NORMA
1	CONTENIDO DE HUMEDAD	AASHTO T-265
2	LÍMITE LÍQUIDO	AASHTO T-89
3	LÍMITE PLÁSTICO	AASHTO T-90
4	GRANULOMETRÍA	AASHTO T-88
5	REDUCCIÓN DE MUESTRAS (CUARTEO)	AASHTO T-248

Fuente: Autor

Elaboración: (Autor, 2016)

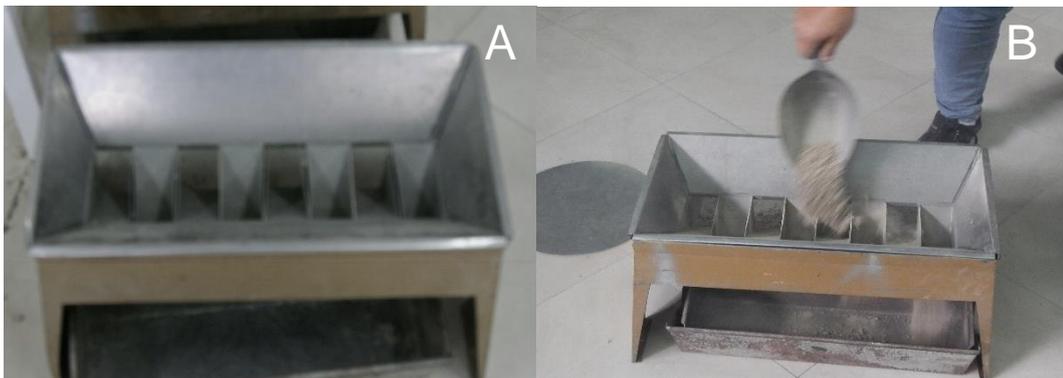
### 2.3.1 Reducción de muestra (cuarteo). AASHTO T 248.

Mediante este procedimiento se realiza la reducción de grandes muestras de suelo obtenidas en el campo, para efectuar las pruebas de laboratorio que se requieran, empleando técnicas que intentan minimizar la variación de las características entre la muestra de ensayo y la muestra grande, hasta obtener los tamaños adecuados.

Equipos a utilizarse: Pala, brocha, cuarteador mecánico.

Procedimiento:

- Colocar la muestra madre, en un recipiente.
- Distribuir la muestra uniformemente de borde a borde en el cuarteador mecánico.



**Foto 2.2:** (A) Cuarteador mecánico, (B) Colocación de muestra en el cuarteador mecánico.

Fuente: (Autor, 2016)

### 2.3.2 Contenido de humedad. AASHTO T- 265

La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este, por ejemplo saturación, cambios de volumen y estabilidad mecánica.

Por tal importancia determinaremos la estabilización del mismo.

El contenido de humedad es la relación que existe entre el peso de agua contenida en la muestra en estado natural y el peso de la muestra después de ser secada en el horno a una temperatura entre los  $110 \pm 5$  °C. Se expresa de forma de porcentaje, puede variar desde cero cuando está perfectamente seco hasta un máximo determinado que no necesariamente es el 100%.

Equipos a utilizar: Horno, balanza, recipientes metálicos (jarros), guantes.

Procedimiento:

- Pesar los recipientes secos y limpios.
- Colocar las muestras húmedas a ensayarse en el recipiente y pesar.
- Colocar en el horno a una temperatura entre los  $110 \pm 5$  °C, por 15 o 16 horas.
- Retirar la muestra del horno y pesar.



**Foto 2.3:** Colocación de muestra en recipientes.  
Fuente:( Autor, 2016)

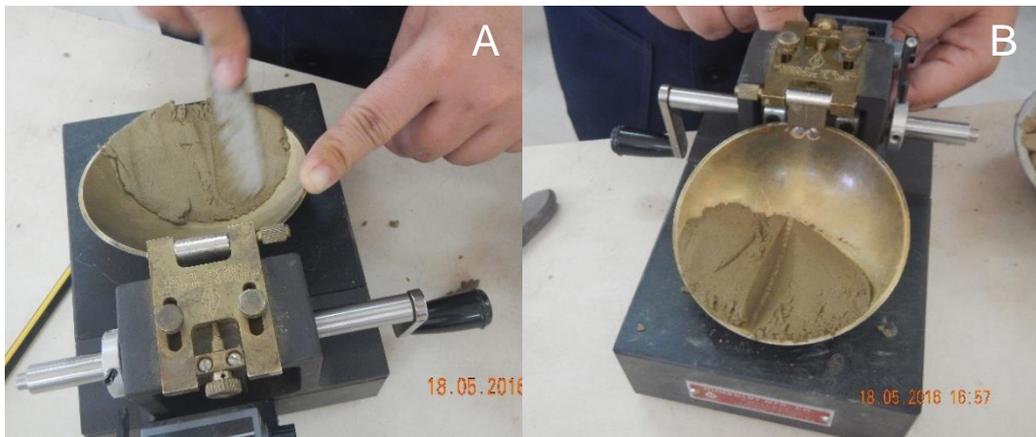
### 2.3.3 Limite Líquido. AASHTO T 89

El Límite Líquido de un suelo es el contenido de humedad que este tiene, en el cual el suelo pasa de estado plástico al líquido.

Equipos a utilizar: Plato, espátula, copa Casagrande, Ranurador, calibrador, recipientes, balanza, horno.

Procedimiento.

- Pasar la muestra por el tamiz N° 40.
- Colocar la muestra en el plato y agregue de 15 a 20 ml de agua destilada, y mezclar hasta lograr la homogenización de la muestra.
- Poner cantidad suficiente de la muestra en la copa Casagrande, extiende a muestra del centro hacia los extremos sin aplicar presión excesiva.
- Se hace una firme pasada con el Ranurador en la parte central dela muestra.
- Accionar la copa Casagrande para alzar y dejar caer la copa en dos golpes por segundo hasta conseguir que la muestra se una en el fondo de la ranura consiguiendo la unión de 13 mm registrando el número de golpes necesarios para cerrar la ranura.
- Se toma una rodaja dela muestra de aproximadamente 2 cm de ancho por todo el largo de la copa de borde a borde y en ángulo recto.
- Poner el recipiente la porción de muestra seleccionada pese, y meter al horno.



**Foto 2.4:** (A) Muestra extendida copa Casagrande, (B) Muestra ranurada  
**Fuente:** (Autor, 2016)

#### 2.3.4 Limite Plástico. AASHTO T 90.

Según su grado de humedad, el suelo puede ser líquido, plástico o sólido. El aspecto y la consistencia de los suelos y en particular de las arcillas presentes, varían de manera muy nítida conforme la cantidad del agua que contiene.

Equipos a utilizar: plato, espátula, superficie de rodadura (placa de vidrio), recipientes, horno, balanza, tamiz N°40.

Procedimiento:

- Tamizado de muestra por el tamiz N° 40.
- Tomamos una porción de 1.5 a 2 g de esfera de suelo y formamos una masa elipsoidal, rodamos la masa de suelo entre la palma de la mano y el plato de vidrio, hasta formar un hilo, el cual se ira deformando hasta que su diámetro alcance 3mm, luego rompemos el hilo en 6 pedazos y recogemos las porciones de suelo disgregado y colocamos en un recipiente seco.
- Pesamos y colocamos en el horno de 15 a 16 horas hasta obtener una masa constante.



**Foto 2.5:** Muestra deformada  
**Fuente:** (Autor, 2016)

### **2.3.5 Análisis Granulométrico del suelo por tamizado. AASHTO T 88.**

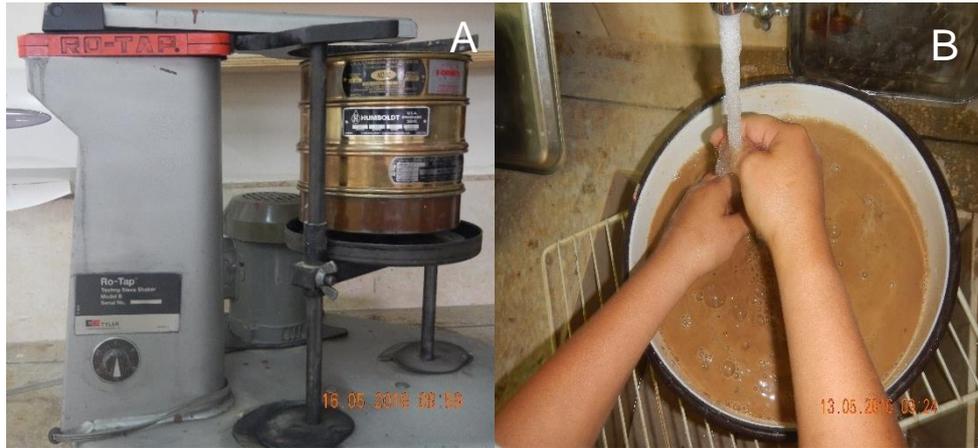
La granulometría describe el procedimiento para la determinación cuantitativa de la distribución el tamaño de las partículas del suelo.

Equipos a utilizar: Horno, balanza, tamices, 1", 3/4, 1/2, 3/8, N°4, N°10, N°40, N° 200.

Procedimiento.

- Muestra cuarteada, ingresar la muestra al horno hasta conseguir una homogenización, esto se consigue en un periodo de 15 a 16 horas.
- Pasar la muestra por los tamices 1", 3/4, 1/2, 3/8, N°4, N°10, N°40, N° 200.

- Pesamos la muestra retenida en cada tamiz.
- Se lava la muestra sobre el tamiz N° 200 con abundante agua, sin perder ninguna partícula de muestra retenida.
- Se recoge el contenido en un recipiente, después de lavado, y se seca en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.



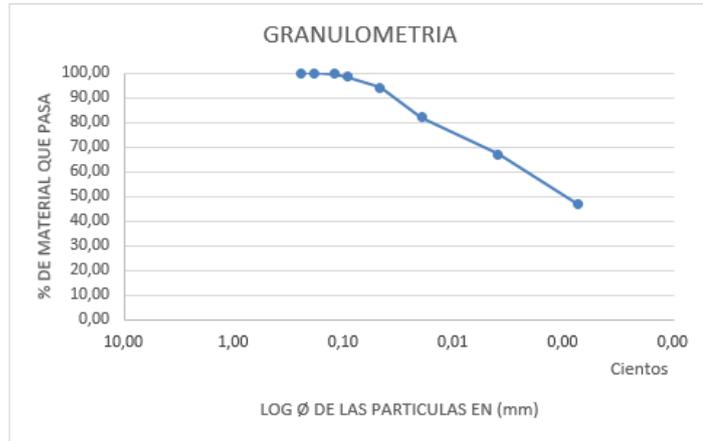
**Foto 2.6:** (A) Tamizadora Mecánica, (B) Lavado de muestra  
**Fuente:** (Autor, 2016)

Después de tamizar la muestra seleccionada obtuvimos los siguientes resultados:

**Tabla 6:** % de material que pasa por cada tamiz

Tamiz	% Pasa
1"	100
3/4"	100
1/2"	100
3/8"	99
No. 4	94
No. 10	82
No. 40	67
<b>No. 200</b>	<b>47</b>

**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** (Autor, 2016)



**Figura 2.1:** Curva granulométrica.  
**Fuente:** (Autor, 2016)

### 2.3.6 Clasificación del suelo según el sistema S.U.C.S.

Procedimiento auxiliar para identificación de suelo en el laboratorio.

Según **S.U.C.S** (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), denomina que son suelos, **arenas Limosa (SM)**, ya que nos arrojan los siguientes resultados después de las pruebas realizadas, del límite líquido, límite plástico, determinando el índice de plasticidad.

**Tabla 7:** Resultados de LL y LLP

Lim. Líquido	Golpes	Peso Hum.	Peso Seco	Capsula	w%	Resultado
	24	79,06	76,45	59,83	15,70397	<b>15,6</b>
	27	77,60	75,39	61,08	15,44375	
	30	68,02	65,97	52,31	15,00732	
	34	79,16	76,85	61,18	14,74154	
<b>Lim. Plástico</b>		68,50	68,27	66,32	11,79	<b>11,83</b>
		7,86	74,60	72,41	11,87	

**Fuente:** El autor

**Elaboración:** (Autor, 2016)

- **Índice de plasticidad:  $IP = LL - LP$ .**

**Tabla 8:** Resultados de LL y LP

Ind. Plasticidad	Lim. Líquido	Lim. Plástico	INDICE PLASTICO (IP)
	16	12	4

**Fuente:** El autor

**Elaboración:** (Autor, 2016)

### Procedimiento a seguir según S.U.C.S

- Hágase un examen visual del suelo para determinar si es altamente orgánico, de partículas gruesas o de partículas finas, en los casos de fronteras determínese la cantidad que pasa a malla N° 200.
- **Suelos de partículas gruesas**, más del 50% se retiene en la malla N° 200.
- Hágase granulometría.
- **Arenas (S)**, más del 50% de la fracción gruesa pasa la malla N°4.
- Más del 12% pasa la malla N° 200.
- Determínese LL y LP en la fracción menor que la malla N° 40.
- Debajo de la “línea A” o  $L_p < 4$  en la carta de plasticidad.

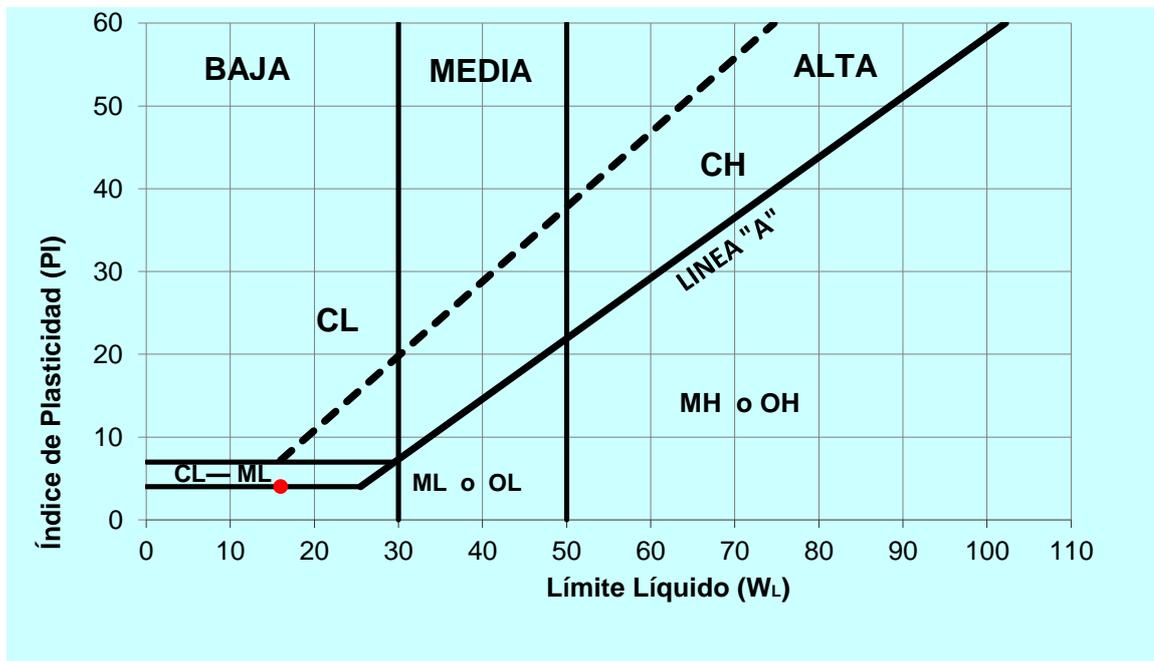


Figura 2.2: Carta de Casagrande

Fuente: (Autor, 2016)

- **SM**. Arenas limosas. (Ver anexo pág., 64)

## 2.4 Proceso de extracción de los aditivos.

### 2.4.1 Abacá.

Proceso para la extracción de la fibra: Realizamos el deshoje y despuntamos los tallos que están maduros, se corta el tallo con un corte inclinado a 10 cm del suelo. El tallo cortado que se encuentra en el suelo se separa las vainas que lo rodean, después cortamos tiras de 5-8 cm de ancho por 2-4 cm de espesor, y todo el largo del tallo. Para transportar se amarran bultos que llevan a lomo de caballo hasta la desfibradora.



**Imagen 2.1:** (A) Deshoje de tallos de abacá, (B) Separación de vainas del tallo de abacá.

**Fuente:** <<http://terranovapapers.com/es/el-abaca/>>2016

**Desfibrado** lo tenemos que hacer de 8 a 12 horas a partir del corte del tallo, este consiste en pasarlo por una máquina que se compone de dos partes, el motor a diésel que genera movimiento a un rodillo, y la desfibradora que se compone del rodillo, cuchillas y un sistema de embargo y apertura de las cuchillas, o también lo podemos hacer rústicamente.



**Imagen 2.2:** (A) Desfibrado de abacá a máquina, (B) Desfibrado rústicamente de abacá.

**Fuente:** <<http://terranovapapers.com/es/el-abaca/>>2016

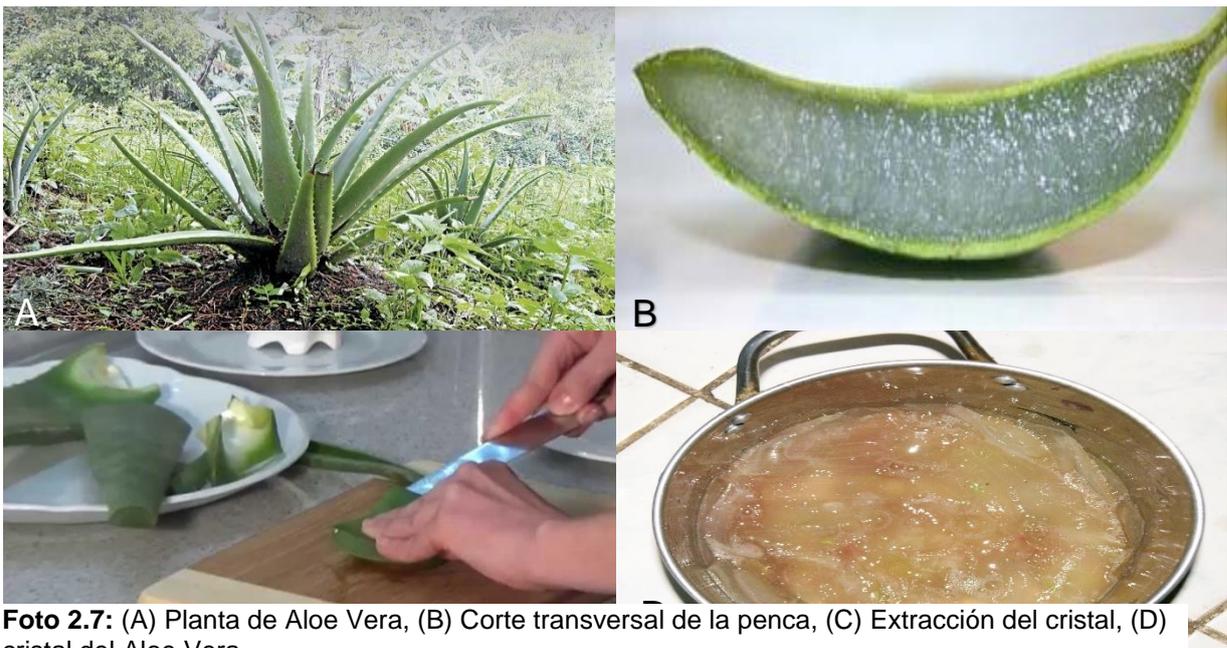
**Secado.** Después de sacarla de la desfibradora la colocamos en tendales de caña guadua el tiempo que sea necesario para su secado este pueden ser días o horas según las condiciones climatológicas. Después del secado la fibra se guarda en un lugar seco pero con buena ventilación.



**Imagen 2.2:** (A) Secado de la fibra de abacá, (B) Pacas de abacá en bodega.  
**Fuente:** (A) <<https://goo.gl/xvIGXH>>2015 B) <http://www.chingbee.com/our-abaca/2016>

#### 2.4.2 Aloe Vera, (sábila).

Cortamos y lavamos la penca, posteriormente la despuntamos y rebanamos sus filos o bordes espinosos, para proceder a partirla por la mitad, después con un cuchillo extraemos el cristal de la penca para colocarlo en un recipiente.



**Foto 2.7:** (A) Planta de Aloe Vera, (B) Corte transversal de la penca, (C) Extracción del cristal, (D) cristal del Aloe Vera.  
**Fuente:** (Autor, 2016)

Cuando ya tenemos el cristal de la penca extraído lo procedemos a licuar para obtener una sustancia líquida adherente.



**Foto 2.:** (A) Cristal del Aloe Vera, (B) Cristal licuado, (C) Cristal adherentes.  
**Fuente:** (Autor, 2016)

#### **2.4.3 Opuntia ficus-indica, (Tuna).**

Cortamos la hoja, le quitamos las espinas y lavamos, posteriormente procedemos a partirla por la mitad, después con una cuchara raspamos el mucilago de la hoja y lo colocamos en un recipiente. Posteriormente procedemos a licuarlo para obtener una sustancia líquida adherente.



**Foto 2.8:** (A) Planta de Nopal, (B) Hojas de nopal, (C) Extracción del mucilago, (D) Mucilago extraído.

**Fuente:** El Autor (2016)

## 2.5 Fabricación del composite.

En vista de que las dimensiones de los adobes son variadas, explicaremos algunas recomendaciones de carácter general.

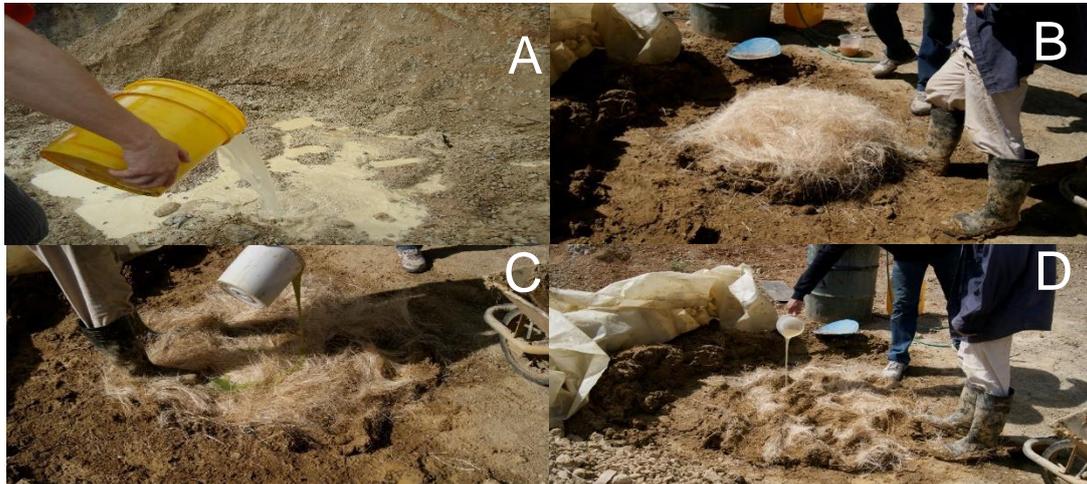


**Figura 2.3:** Dimensiones del composite a construir.

**Fuente:** (Autor, 2016)

La longitud no debe ser mayor que el doble de su ancho más el espesor de una junta de pega tanto la longitud como el ancho tendrán una dimensión máxima de 40cm. Para facilidades constructivas y de comportamiento mecánico se recomienda la forma rectangular del composite.

**Mezclado:** agregamos al barro la cantidad de agua necesaria y realizamos el mezclado con los pies, pisando y caminando enérgicamente. Agregamos a la mezcla los materiales, fibra de abacá seca, nopal, y aloe vera.



**Foto 2.9:** (A) Colocación de agua a la muestra madre, (B) Agregamos fibra de abacá a la muestra, (C) Adicionamos Mucilago del Nopal, (D) Adicionamos Aloe Vera.

**Fuente:** (Autor, 2016)

Antes de realizar el moldeo es recomendable hacer la siguiente prueba. Tomar un puñado de la mezcla y formar una bola, dejarla caer al suelo desde una altura de un metro, si se rompe en pocos pedazos grandes, hay suficiente agua, si se aplasta sin romperse, hay demasiada agua, y si se pulveriza en muchos pedazos pequeños falta agua.



**Foto 2.10:** (A) Mezcla, (B) Mezcla a 1m de altura, (C) Muestra lista para la construcción del composite.

**Fuente:** (Autor, 2016)

**Moldeo:** será tradicional, utilizaremos moldes de madera de 30 x 15 x 15 cm sin fondo, en el cual vaciaremos la muestra, y con un pisón, apisonamos el composite para evitar que queden vacíos, después con mano o lo la ayuda de una regla de madera enrasaremos el mismo y posteriormente procedemos a sacar el molde.



**Foto 2.11:** (A) Molde sin fondo, (B) Muestra colocada en el molde, (C) Apisonando el Composite, (D) Nivelación de composite, (E) Extracción del molde, (F) Composite listo para secar.  
**Fuente:** (Autor, 2016)

**Secado y almacenado:** la superficie debe ser horizontal y limpia y libre de impurezas orgánicas o sales, espolvoreamos, arena fina sobre esta, para evitar el pegado, a los tres días los composite se podrán poner de canto y al cabo de una semana deberán ser apilados.



**Foto 2.12:** (A) Composites listos, (B) Composites de canto, (C) Composites apilados en el laboratorio.  
**Fuente:** (Autor, 2016)

## 2.6 PRESUPUESTO.

El presente análisis económico lo realizaremos por cada dosificación, que tiene 6 composites contruidos cada una de estas.

**Tabla 9:** Costo unitario del composite por dosificación.

<b>DOSIFICACION 1</b>					
Ítem	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	\$ PRECIO UNIT.	\$ PRECIO PARCIAL
<b>MATERIALES</b>					
1	Arena Limosa	palas	6	0,3	1,80
2	Agua	l	0,33	0	0,00
<b>MANO DE OBRA</b>					
3	Maestro		1	0,9	0,90
<b>HERRAMIENTAS</b>					
4	Herramientas manuales		1	0	0,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>2,70</b>
<b>INPREVISTOS (1%)</b>					<b>0,03</b>
<b>TOTAL</b>					<b>2,73</b>
<b>DOSIFICACION 2</b>					
Ítem	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	\$ PRECIO UNIT.	\$ PRECIO PARCIAL
<b>MATERIALES</b>					
1	Arena Limosa	palas	6,00	0,30	1,80
2	Agua	l	0,33	0,00	0,00
3	Fibra de Abacá	kg	0,12	2,30	0,28
<b>MANO DE OBRA</b>					
3	Maestro		1	0,90	0,90
<b>HERRAMIENTAS</b>					
4	Herramientas manuales		1	0	0,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>2,98</b>
<b>INPREVISTOS (1%)</b>					<b>0,03</b>
<b>TOTAL</b>					<b>3,01</b>
<b>DOSIFICACION 3</b>					
Ítem	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	\$ PRECIO UNIT.	\$ PRECIO PARCIAL
<b>MATERIALES</b>					
1	Arena Limosa	palas	6,00	0,30	1,80
2	Agua	l	0,33	0,00	0,00
3	Fibra de Abacá	kg	0,06	2,30	0,14
<b>MANO DE OBRA</b>					
3	Maestro		1,00	0,90	0,90
<b>HERRAMIENTAS</b>					
4	Herramientas manuales		1	0	0,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>2,84</b>

			<b>INPREVISTOS (1%)</b>		0,03
			<b>TOTAL</b>		<b>2,87</b>
<b>DOSIFICACION 4</b>					
Ítem	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	\$ PRECIO UNIT.	\$ PRECIO PARCIAL
<b>MATERIALES</b>					
1	Arena Limosa	palas	6,00	0,30	1,80
2	Agua	l	0,33	0,00	0,00
3	Fibra de Abacá	kg	0,12	2,30	0,28
4	Aloe Vera	Kg	0,36	0,00	0,00
<b>MANO DE OBRA</b>					
3	Maestro		1	0,90	0,90
<b>HERRAMIENTAS</b>					
4	Herramientas manuales		1	0	0
			<b>SUBTOTAL</b>		2,98
			<b>INPREVISTOS (1%)</b>		0,03
			<b>TOTAL</b>		<b>3,01</b>
<b>DOSIFICACION 5</b>					
Ítem	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	\$ PRECIO UNIT.	\$ PRECIO PARCIAL
<b>MATERIALES</b>					
1	Arena Limosa	palas	6,00	0,30	1,80
2	Agua	l	0,33	0,00	0,00
3	Fibra de Abacá	kg	0,06	2,30	0,14
4	Aloe Vera	Kg	0,12	0,00	0,00
<b>MANO DE OBRA</b>					
3	Maestro	kg	1,00	0,90	0,90
<b>HERRAMIENTAS</b>					
4	Herramientas manuales		1,00	0	0,00
			<b>SUBTOTAL</b>		2,84
			<b>INPREVISTOS (1%)</b>		0,03
			<b>TOTAL</b>		<b>2,87</b>
<b>DOSIFICACION 6</b>					
Ítem	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	\$ PRECIO UNIT.	\$ PRECIO PARCIAL
<b>MATERIALES</b>					
1	Arena Limosa	palas	6,00	0,30	1,80
2	Agua	l	0,33	0,00	0,00
3	Fibra de Abacá	kg	0,12	2,30	0,28
4	Nopal	Kg	0,36	0,00	0,00
<b>MANO DE OBRA</b>					
3	Maestro		1,00	0,90	0,90
<b>HERRAMIENTAS</b>					
4	Herramientas manuales		1	0	0,00
			<b>SUBTOTAL</b>		2,98
			<b>INPREVISTOS (1%)</b>		0,03

				TOTAL	3,01	
<b>DOSIFICACION 7</b>						
Ítem	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	\$ PRECIO UNIT.	\$ PRECIO PARCIAL	
<b>MATERIALES</b>						
1	Arena Limosa	palas	6,00	0,30	1,80	
2	Agua	l	0,33	0,00	0,00	
3	Fibra de Abacá	kg	0,06	2,30	0,14	
4	Nopal	Kg	0,12	0,00	0,00	
<b>MANO DE OBRA</b>						
3	Maestro		1	0,90	0,90	
<b>HERRAMIENTAS</b>						
4	Herramientas manuales		1	0	0,00	
				<b>SUBTOTAL</b>		2,84
				<b>INPREVISTOS (1%)</b>		0,03
				<b>TOTAL</b>		<b>2,87</b>
<b>DOSIFICACION 8</b>						
Ítem	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	\$ PRECIO UNIT.	\$ PRECIO PARCIAL	
<b>MATERIALES</b>						
1	Arena Limosa	palas	6,00	0,30	1,80	
2	Agua	l	0,33	0,00	0,00	
3	Fibra de Abacá	kg	0,12	2,30	0,28	
4	Nopal	Kg	0,12	0,00	0,00	
5	Aloe Vera	kg	0,36	0,00	0,00	
<b>MANO DE OBRA</b>						
3	Maestro		1	0,90	0,90	
<b>HERRAMIENTAS</b>						
4	Herramientas manuales		1	0	0,00	
				<b>SUBTOTAL</b>		2,98
				<b>INPREVISTOS (1%)</b>		0,03
				<b>TOTAL</b>		<b>3,01</b>
<b>DOSIFICACION 9</b>						
Ítem	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	\$ PRECIO UNIT.	\$ PRECIO PARCIAL	
<b>MATERIALES</b>						
1	Arena Limosa	palas	6,00	0,30	1,80	
2	Agua	l	0,33	0,00	0,00	
3	Nopal	Kg	0,36	0,00	0,00	
4	Aloe Vera	kg	0,12	0,00	0,00	
<b>MANO DE OBRA</b>						
3	Maestro	kg	1	0,90	0,90	
<b>HERRAMIENTAS</b>						
4	Herramientas manuales		1	0	0,00	
				<b>SUBTOTAL</b>		2,70
				<b>INPREVISTOS (1%)</b>		0,03

				<b>TOTAL</b>		<b>2,73</b>	
<b>DOSIFICACION 10</b>							
Ítem	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	\$ PRECIO UNIT.	\$ PRECIO PARCIAL		
<b>MATERIALES</b>							
1	Arena Limosa	palas	6	0,3	1,80		
2	Agua	l	0,33	0	0,00		
3	Nopal	Kg	0,12	0	0,00		
4	Aloe Vera	kg	0,36	0	0,00		
<b>MANO DE OBRA</b>							
3	Maestro	kg	1	0,9	0,90		
<b>HERRAMIENTAS</b>							
4	Herramientas manuales		1	0	0,00		
					<b>SUBTOTAL</b>		<b>2,70</b>
					<b>INPREVISTOS (1%)</b>		<b>0,03</b>
					<b>TOTAL</b>		<b>2,73</b>

**Fuente:** Autor

**Elaboración:** (Autor, 2016)

En la tabla N°10, observamos el precio de cada dosificación de los composites construidos, dándonos un total de \$28,74 por los 60 composites construidos.

**Tabla 10:** Costo unitario del composite por dosificación.

Ítem	DOSIFICACIÓN	PRECIO X UNIDAD (\$)	PRECIO X 6 UNIDADES (\$)
1	1	0,45	2,70
2	2	0,50	3,00
3	3	0,48	2,88
4	4	0,50	3,00
5	5	0,48	2,88
6	6	0,50	3,00
7	7	0,48	2,88
8	8	0,50	3,00
9	9	0,45	2,70
10	10	0,45	2,70
<b>TOTAL</b>		<b>4,79</b>	<b>28,74</b>
<b>TOTAL 60 COMPOSITES</b>			<b>28,74</b>

**Fuente:** Autor

**Elaboración:** (Autor, 2016)

### **CAPITULO III**

## **RESISTENCIA DEL LADRILLO ECOLOGICO MEDIANTE ENSAYOS MECANICOS Y FISICOS DE LABORATORIO**

### 3.1 Ensayos de laboratorio.

Realizaremos los siguientes ensayos para determinar la compresión, permeabilidad y absorción total de agua a los composites, en el laboratorio de la UTPL.

### 3.2 Ensayo a la resistencia a la compresión.

Probetas a ensayarse.

**Tabla 11:** Dimensiones de cada composite.

DOSIFICACIÓN	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )
1C	29,63	14,84	14,15	439,71	6221,89
1D	29,64	14,79	14,06	438,38	6163,56
2A	29,54	14,65	14,11	432,761	6106,26
2C	29,74	14,65	14,4	435,691	6273,95
3A	29,34	14,70	14,42	431,30	6219,32
3E	29,40	14,63	14,24	430,12	6124,94
4B	29,80	14,85	13,91	442,53	6155,59
4D	29,65	14,86	13,85	440,60	6102,30
5B	29,42	14,58	14,66	428,94	6288,31
5F	29,44	14,47	14,36	426,00	6117,31
6B	29,80	14,75	14,03	439,55	6166,89
6C	29,83	14,68	14,50	437,90	6349,61
7C	29,47	14,52	14,54	427,90	6221,73
7F	29,42	14,66	14,60	431,30	6296,94
8A	29,45	14,73	14,04	433,80	6090,53
8D	29,65	14,66	14,30	434,67	6215,77
9C	29,63	14,93	13,46	442,38	5954,38
9F	29,72	14,72	14,51	437,48	6347,81
10C	29,32	14,60	13,85	428,07	5928,80
10F	29,34	14,61	13,92	428,66	5966,91

**Fuente:** Autor

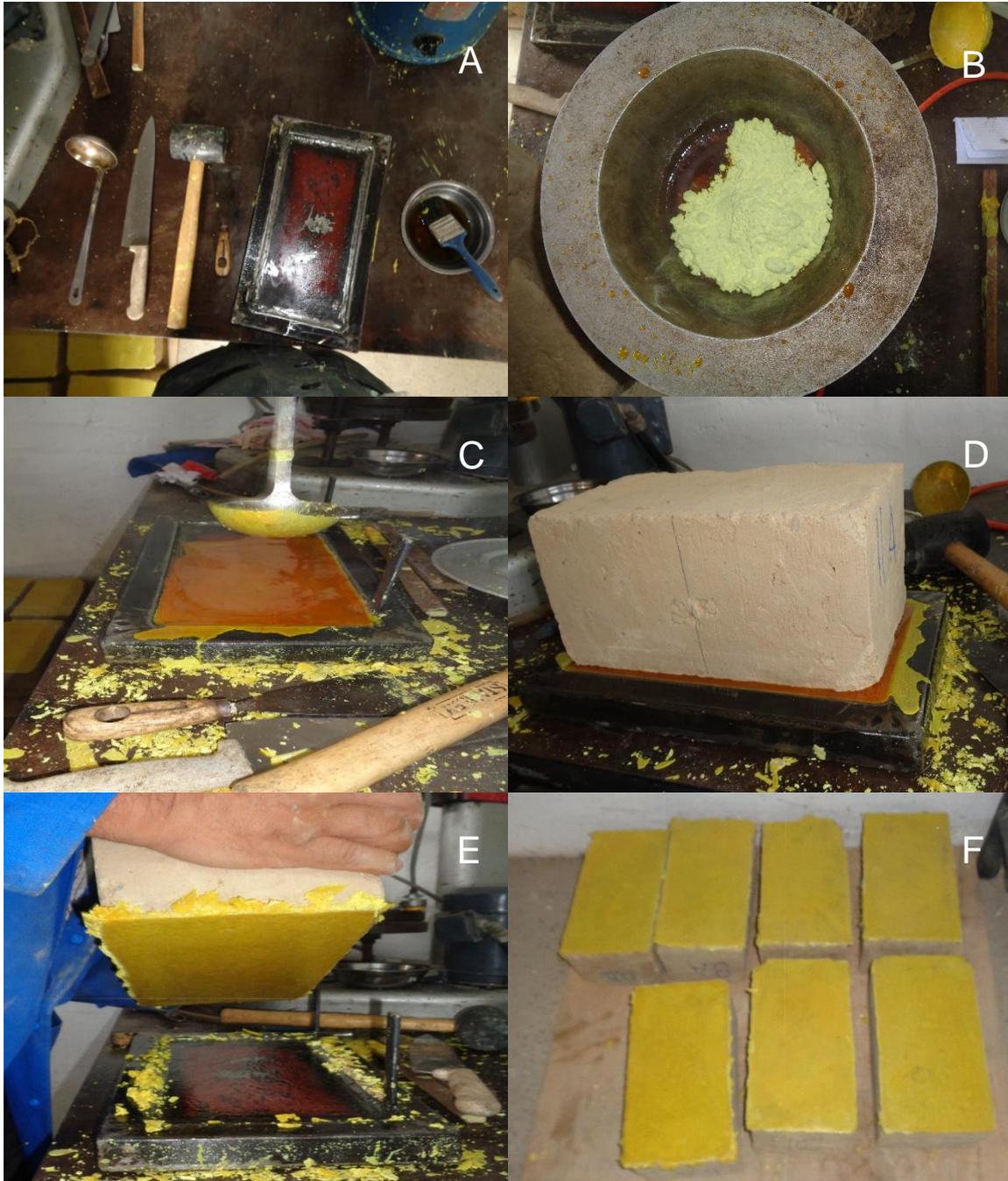
**Elaboración:** (Autor, 2016)

Las caras de los composites deben estar paralelas para proceder aplicar el ensayo, de compresión, para esto se los ha refrentado.

**Refrentar.** Colocación de azufre a las caras del composite.

**Materiales:** azufre, olla de fundición, cucharón, molde de metal, mascarilla, gafas, cuchillo, mazo de goma, aceite, brocha, plana.

**Procedimiento:** colocamos el azufre en la olla a 150 °C, esperamos que se derrita en una sustancia líquida, seguidamente ponemos azufre líquido en la placa y colocamos el composite. Ver foto N° 3.1.



**Foto 3.1:** (A) Herramientas manuales, (B) Azufre pasando ha estado líquido, (C) Colocación de azufre en placa, (D) Aplicación del azufre a composite, (E) Desmolde del composite ya con azufre, (F) Composites listos para en ensayo de laboratorio.

**Fuente:** (Autor, 2016)

**Tabla 12:** Resistencia de cada dosificación.

PROBETA	Resistencia Mpa	Resistencia Mpa
1C	2,28	2,3
1D	2,36	
2A	2,89	3,0
2C	3,14	
3A	2,17	2,3
3E	2,50	
4C	2,65	2,8
4D	2,87	
5B	2,01	2
5F	2,01	
6C	3,19	3,3
6B	3,31	
7F	3,12	3,3
7C	3,40	
8D	2,26	2,3
8A	2,26	
9C	2,83	2,9
9E	2,89	
10C	2,86	2,8
10F	2,69	

**Fuente:** Autor

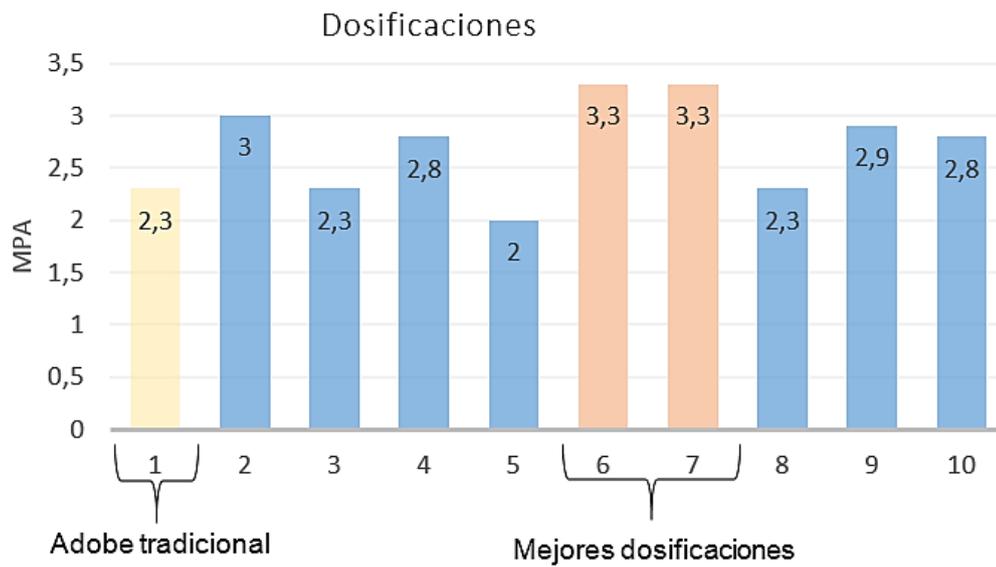
**Elaboración:** (Autor, 2016)

Los aspectos que influyen en el esfuerzo del composite. La resistencia dada del adobe tradicional es de 2.3 Mpa.

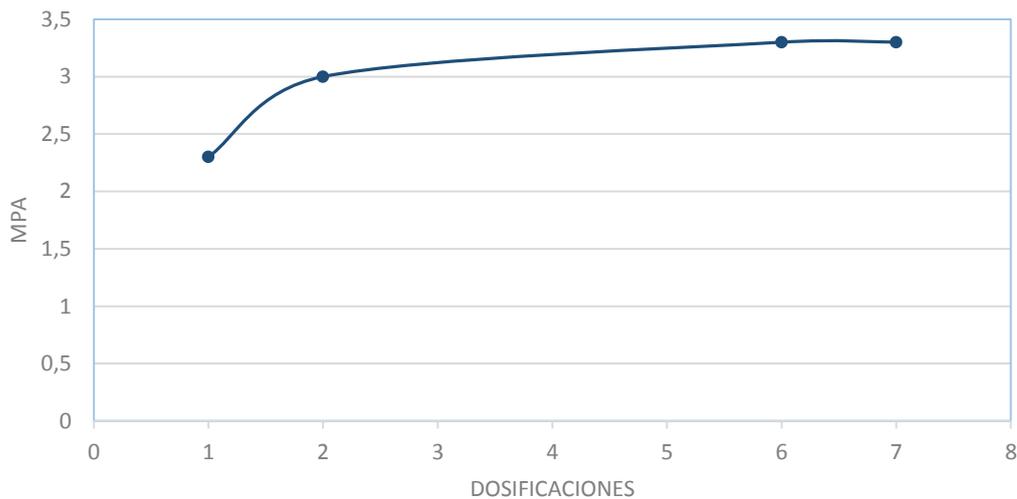
- La mejor adición: Al colocar fibra de abacá en un porcentaje de 0,5% y 1% más la adición de Mucilago de Nopal en 1% y 3%, aumenta la resistencia a la compresión en 43,50%, equivalente a 3,3 Mpa.
- Al colocar mayor fibra de abacá la resistencia aumenta en un 30%.



Foto 3.2: Probetas ensayadas.  
Fuente: (Autor, 2016)



**Imagen 3.1:** Compresión  
**Fuente:** (Autor, 2016)



**Imagen 3.2:** Curva indicada de incremento de resistencia a la compresión.  
**Fuente:** (Autor, 2016)

### 3.3 Permeabilidad.

La permeabilidad la mediremos según la tabla: realizada por el Ing. Valle Rodas. (Ver anexo pág. 66)

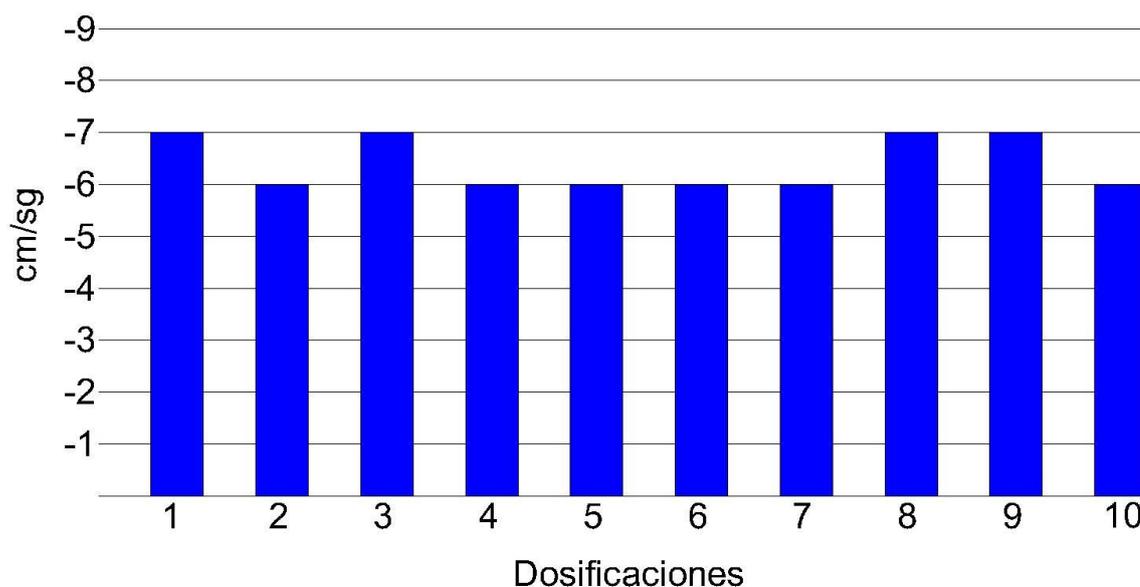
No existe influencia alguna de la fibra de abacá, y aditivos del aloe vera (Sábila), y Opuntia Ficus-Indica (Nopal), en la permeabilidad del adobe, por lo tanto se concluye que nos da arenas limosas impermeables.

**Tabla 13:** Resultados Permeabilidad

Dosificación	Permeabilidad cm/sg.
1	7,80E-07
2	4,04E-06
3	5,68E-07
4	1,33E-06
5	1,48E-06
6	1,50E-06
7	1,02E-06
8	5,28E-07
9	5,92E-07
10	1,30E-06

Fuente: Autor

Elaboración: (Autor, 2016)



**Figura 3.3:** Permeabilidad en cm/sg.

Fuente: (Autor, 2016)

### 3.4 Adsorción total.

La mejor dosificación. Al colocar fibra de abacá al 1% más mucilago de nopal y aloe vera al 3%, estos cumplen con la función de retardar el ingreso de agua, realizándolos impermeables y aptos para paredes exteriores con un 8,14 y 8,95 %.

A menor colocación de aditivos y fibra la absorción aumenta haciéndolos permeables y acortándoles el tiempo de vida útil.

Tabla 14: Resultados del ensayo de absorción Total.

Probeta	Ms	Md	(Ms-Md)	/Md	*100	Ws (%)
1	7,84	12,20	-4,36	-0,36	100,00	-35,74
2	12,06	12,00	0,06	0,01	100,00	0,50
3	11,14	12,00	-0,86	-0,07	100,00	-7,17
4	12,22	11,30	0,92	0,08	100,00	8,14
5	11,72	12,00	-0,28	-0,02	100,00	-2,33
6	12,42	11,40	1,02	0,09	100,00	8,95
7	11,80	11,58	0,22	0,02	100,00	1,90
8	10,36	12,45	-2,09	-0,17	100,00	-16,79
9	9,50	11,98	-2,48	-0,21	100,00	-20,70
10	10,72	12,38	-1,66	-0,13	100,00	-13,41
11,00	8,10	12,58	-4,48	-0,36	100,00	-35,61

Fuente: Autor

Elaboración: (Autor, 2016)

Md, masa de la probeta después del secado (g)

Ms, masa de la probeta después de la inmersión (g)

Ws, porcentaje de absorción de agua de la probeta (%)

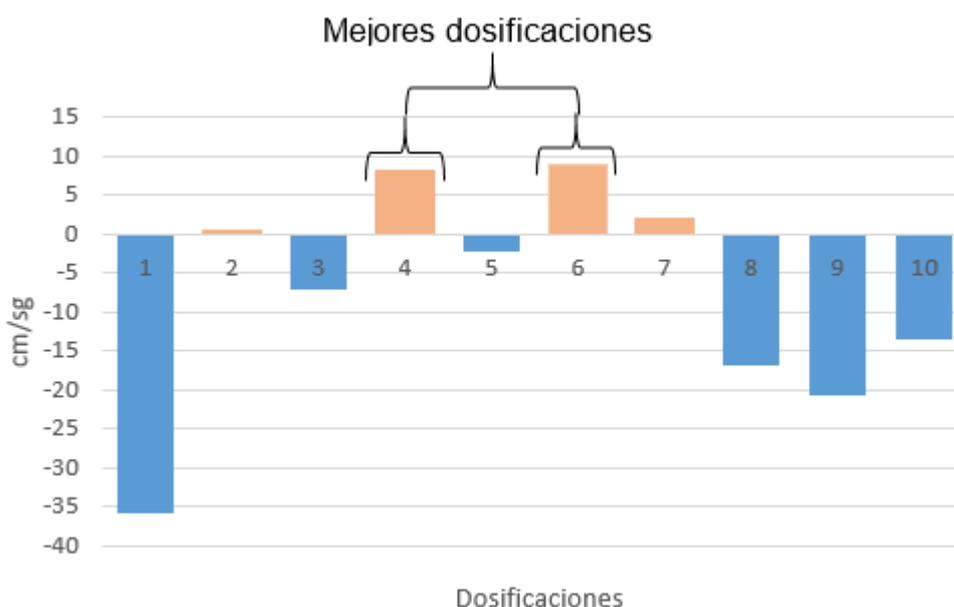
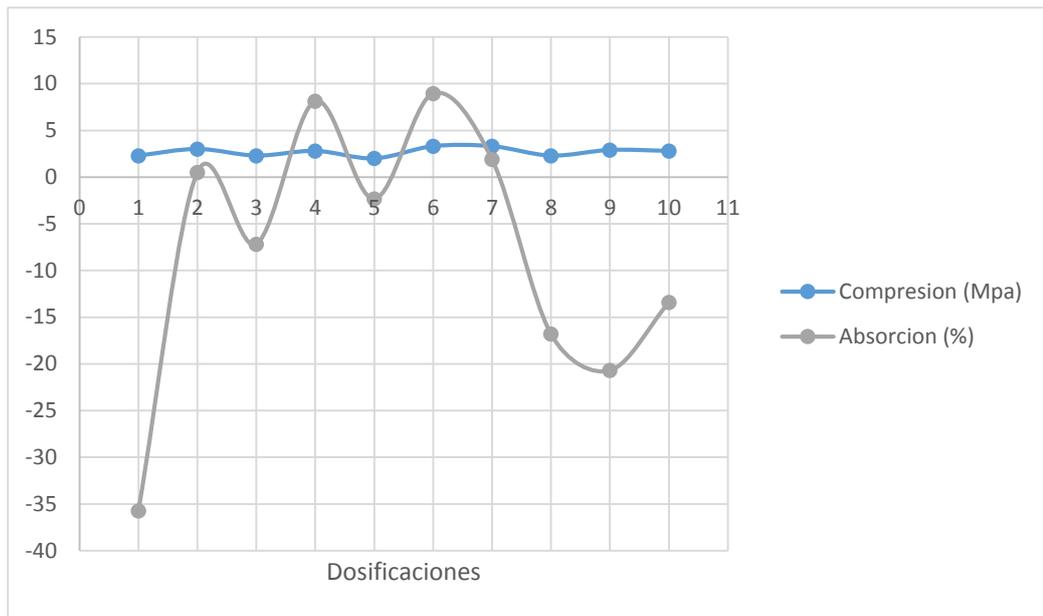


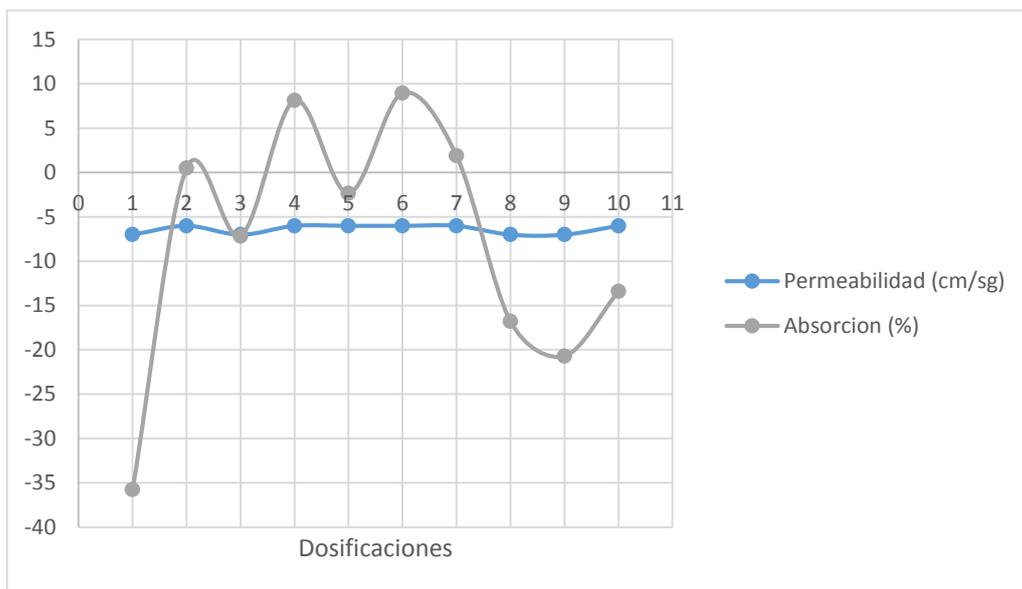
Figura 3.4. Absorción total

Fuente: (Autor, 2016)



**Figura 3.5:** Resistencia a la compresión, absorción  
**Fuente:** (Autor, 2016)

Al adicionar al adobe tradicional, Fibra de abacá en 1% y Mucilago de Nopal en un 3%, obtenemos la mejor dosificación a los ensayos de laboratorio de compresión y absorción total.



**Figura 3.4:** Permeabilidad, Absorción total  
**Fuente:** (Autor, 2016)

Al colocar al adobe tradicional, fibra de abacá al 0,5% y mucilago de Nopal al 1%, nos da la mejor dosificación para permeabilidad y Absorción total.

### 3.5 Conclusiones.

En el presente trabajo se analiza el comportamiento físico y mecánico de un adobe tradicional, con refuerzo de fibra de abacá y aditivos de aloe vera (sábila) y opuntia ficus-indica (nopal), cada ensayo experimental se hizo con diez diferentes dosificaciones.

- Las dosificaciones 6 y 7, arrojaron los mejores resultados, presentando los adobes de mayor resistencia mecánica, con un reforzamiento de fibra de abacá en 1% y 0,5% respectivamente más aditivo de mucilago de nopal distribuido en 1% y 3%.
- A menor porcentaje de fibra de abacá-aloe vera, la resistencia a la compresión disminuye.
- La colocación de fibra de abacá y aditivos de aloe vera y mucilago de nopal no influyen en la permeabilidad del objeto. Obteniendo como resultado impermeabilidad en todas las dosificaciones.
- Según los resultados obtenidos en la dosificación 4, 5 y 6, a mayor refuerzo de aditivos de mucilago de nopal con aloe vera y fibra de abacá, éstos retardan el ingreso del agua, mejorando sus características ante la humedad lo que mejorara la durabilidad del material, y estas dosificaciones se las usara, para paredes exteriores ya que tienen que tolerar agentes climáticos, como la lluvia, viento, etc.
- Las mejores dosificaciones son 6 - 7 para la permeabilidad y compresión obtenido los más altos porcentajes, y la dosificación 7 es mejor para permeabilidad y absorción total.
- Las dosificaciones 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, se recomienda que su utilización sea en paredes interiores, por agentes climáticos.

### **3.6 Recomendaciones.**

- El presente trabajo investigativo se centra en la influencia que tiene la fibra de abacá más aditivos de aloe vera y mucilage de nopal, según los resultados obtenidos se recomienda la eliminación del uso de aloe vera, en construcción con tierra cruda porque disminuye la resistencia del objeto.
- Es recomendable estudiar los materiales de préstamo (arena), para obtener parámetros similares a los que se ha obtenido en el presente proyecto.
- Después del estudio realizado es recomendable construir el adobe, ya que los materiales son de fácil acceso y se lo puede fabricar en el lugar de la edificación.
- Es recomendable experimentar con diferentes dimensiones de fibra de abacá, para experimentar, si la resistencia a la compresión disminuye o aumenta.
- Si los materiales no cumplen con los requisitos recomendados, se debe realizar dosificaciones, de arcilla, arena, para determinar su plasticidad.

## BIBLIOGRAFIA

- Bestraten, S., Hormías, E., & Altemir, A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI-- Earthen Construction in the 21st Century. *Informes de La Construcción*, 63(523), 5–20. <http://doi.org/10.3989/ic.10.046>
- Carmen esparza, Ángel Tapia, Belizario Zarate, Juan Guanín. (2008). *Guia de preparacion para el programa de certificación vial*. Loja: Ediloja.
- Carazas Aedo, W. (2012). *Aprendamos a construir con Bahareque*.
- 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. <http://doi.org/10.3989/ic.10.011>
- Cuchí, A. (1996). La técnica tradicional del tapial. *Primer Congreso Nacional de Historia de La Construcción*, 19–21.
- Domínguez-Fernández<sup>1</sup>, I. A.-V.-P.-C.-G.-D.-F.-L. (2012). El gel de Aloe vera: estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*.
- Jesús, C. F. (marzo de 2012). Durabilidad de los bloques de tierra comprimida, evaluación y recomendaciones para la normalizacion de los ensayos de erosion y absorción. Madrid, Madrid, España.
- Ortiz, J. L. (2010). Aloe Vera La planta del Futuro (Sábila). En J. L. Ortiz, Aloe Vera La planta del Futuro (Sábila) (págs. 6, 7). Bloomington, Indiana: Bloomington.
- Palacios, M. (2000). El Abacá . *Revista de Agricultura*, 119-120-121.
- Proterra, R. E. D. I., & Proterra, R. I. (n.d.). *C é l i a N e v e s O b e d e B o r g e s F a r i a*  
Célia Neves Obede Borges Faria.
- Reyes-Agüero<sup>1</sup>, J. A. (julio de 2005). NOTAS SISTEMÁTICAS Y UNA DESCRIPCIÓN DETALLADA DE *Opuntia ficus-indica* (L.) MILL. (CACTACEAE). J. Antonio Reyes-Agüero J. Rogelio Aguirre-Rivera and Héctor M. Hernández. DF, DF, Mexico.
- Rivera Torres, J. C. (2012). El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda : caracterización con fines estructurales. *Apuntes*, 25, 164–181.
- Roberto Morales morales. Dr Rafael Torres Cabrejos, I. L. (1993). *MANUAL PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS DE ADOBE*. LIMA.
- Santiago, M. O. (2003). *LOS COMPOSITES : características y aplicaciones en la edificación*

(CHARACTERISTICS AND APPLICATIONS IN BUILDING). Informes De La Construcción, 54(Tabla 1), 46–62.

Supisiche, R. O.-M. (2006). Arquitectura en Tierra Cruda. Buenos Aires: Buenos Aires - Argentina.

Vaca, L. F. (2007). Arquitectura en tierra. En L. F. Vaca, Arquitectura en Tierra (págs. 188 - 190).

**ANEXOS.**

## SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.) INCLUYENDO IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN

DIVISIÓN MAYOR		SIMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO		
<b>SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS</b> Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 ⊕	Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4  Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4  PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE ½ cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu: mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA Cc: entre 1 y 3. $Cu = D_{60} / D_{10}$ $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$		
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos		NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.	
		* GM	d	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.	Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.
		u				
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.	de símbolos dobles.	
		SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	Cu = $D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; Cc = $(D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3.	No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW	
		SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.	Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.	
		* SM	d	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.	de símbolos dobles.
		u				
		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.	de símbolos dobles.	
<b>SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS</b> Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 ⊕	Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.  LÍMITE LÍQUIDO Menor de 50  LÍMITE LÍQUIDO Mayor de 50  SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo C – Arcilla, W – Bien Graduada, P – Mal Graduada, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad		
		CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.		<b>CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)</b> 	
		OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.			
		MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatómicos, más elásticos.			
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.			
		OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.			
		P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.			

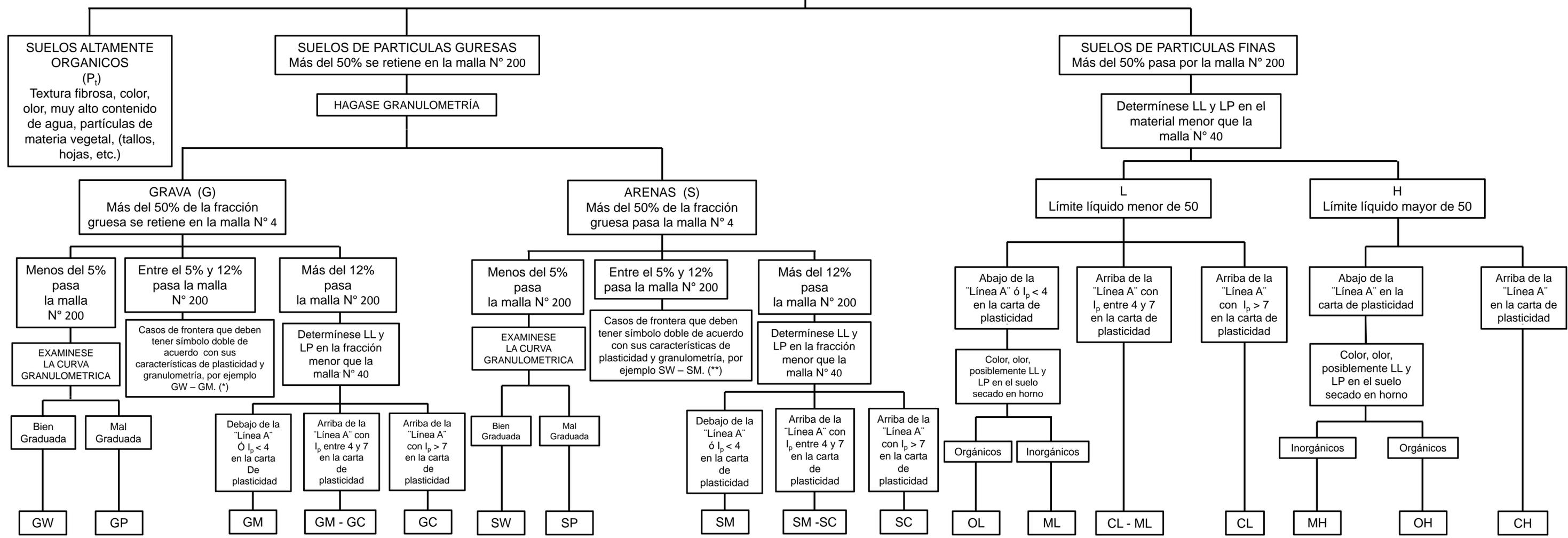
\*\* CLASIFICACIÓN DE FRONTERA- LOS SUELOS QUE POSEAN LAS CARACTERÍSTICAS DE DOS GRUPOS SE DESIGNAN CON LA COMBINACIÓN DE LOS DOS SÍMBOLOS; POR EJEMPLO GW-GC, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA BIEN GRADUADAS CON CEMENTANTE ARCILLOSO.

⊕ TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS U.S. STANDARD.

\* LA DIVISIÓN DE LOS GRUPOS GM Y SM EN SUBDIVISIONES d Y u SON PARA CAMINOS Y AEROPUERTOS UNICAMENTE, LA SUB-DIVISIÓN ESTA BASADA EN LOS LÍMITES DE ATTERBERG EL SUFIIJO d SE USA CUANDO EL L.L. ES DE 28 O MENOS Y EL I.P. ES DE 6 O MENOS. EL SUFIIJO u ES USADO CUANDO EL L.L. ES MAYOR QUE 28.

**PROCEDIMIENTO AUXILIAR PARA IDENTIFICACION DE SUELOS EN EL LABORATIO S.U.C.S.**

HAGASE UN EXAMEN VISUAL DEL SUELO PARA DETERMINAR SI ES ALTAMENTE ORGANICO, DE PARTICULAS GRUESAS O DE PARTICULAS FINAS, EN LOS CASOS DE FRONTERAS DETERMINESE LA CANTIDAD QUE PASA LA MALLA N° 200



	Coeficiente de uniformidad (C <sub>u</sub> )	Coeficiente de curvatura (C <sub>c</sub> )
Grava bien graduada	C <sub>u</sub> = D <sub>60</sub> / D <sub>10</sub> mayor de 4	C <sub>c</sub> = (D <sub>30</sub> ) <sup>2</sup> / (D <sub>10</sub> x D <sub>60</sub> ) entre 1 y 3
Grava mal graduada	No se satisfacen todos los requisitos de graduación para GW	

	Coeficiente de uniformidad (C <sub>u</sub> )	Coeficiente de curvatura (C <sub>c</sub> )
Arena bien graduada	C <sub>u</sub> = D <sub>60</sub> / D <sub>10</sub> mayor de 6	C <sub>c</sub> = (D <sub>30</sub> ) <sup>2</sup> / (D <sub>10</sub> x D <sub>60</sub> ) entre 1 y 3
Arena mal graduada	No se satisfacen todos los requisitos de graduación para SW	





**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
LABORATORIOS UTPL

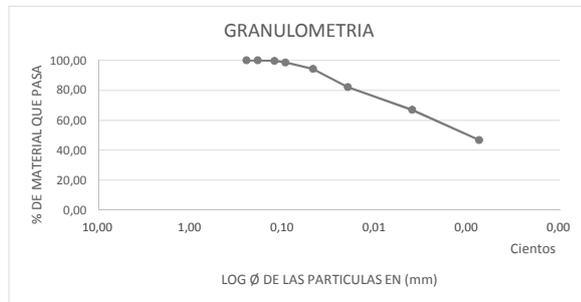
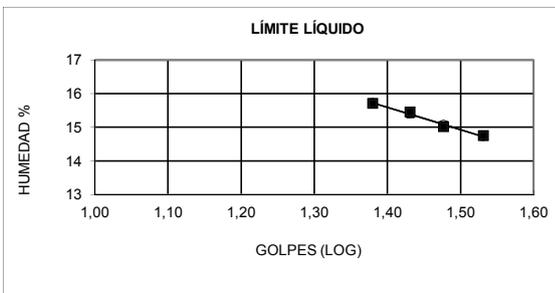
**ENSAYO DE CLASIFICACIÓN**

PROYECTO : Material compuesto de matriz tierra y refuerzo de abacá con aditivos del Opuntia ficus-indica, (Nopal) y Aloe Vera\*  
 LOCALIZACIÓN: Yamburara Alto - Vilcabamba POZO: 1  
 SOLICITADO: Arq. Cristian Balcazar MUESTRA: 1  
 FECHA: Mayo 2016 PROFUNDIDAD: 1 m  
 REALIZADO: Murillo Sandra

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		537,42	521,55	54,61	3,40	3,47
		581,56	563,75	61,43	3,55	
2.- LIM. LIQUIDO	24	79,06	76,45	59,83	15,70	15,60
	27	77,60	75,39	61,08	15,44	
	30	68,02	65,97	52,31	15,01	
	34	79,16	76,85	61,18	14,74	
3.- LIMITE PLASTICO		68,50	68,27	66,32	11,79	11,83
		74,86	74,60	72,41	11,87	

4.- GRANULOMETRIA	5.- CLASIFICACIÓN
PESO IN= 2013,83 (H/S) S	GRAVA 6
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 2013,83	ARENA 47
	FINOS 47

TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	
1"	0,00	0	100	LL = 16,00 LP = 12,00 IP = 4,00
3/4"	0,00	0	100	
1/2"	5,36	0	100	
3/8"	26,78	1	99	CLASIFICACIÓN SUCS : SM AASHTO: A-4 IG(86): 2 IG(45): 2
No. 4	115,42	6	94	
No. 10	357,39	18	82	
No. 40	664,55	33	67	
No. 200	1070,12	53	47	



**CLASIFICACION SUCS: Arenas Limosa (SM)**

Observaciones: La toma de muestras es realizada por egresada Sandra Murillo y llevada al laboratorio de DEGMIC.

Ing. Ángel Tapia Ch.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS

Egresada: Sandra Murillo  
Tesisista



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

PROYECTO: Material compuesto de matriz tierra y refuerzo de abacá con aditivos del Opuntia ficus-indica, (Nopal) y Aloe Vera.  
LOCALIZ.: VILCABAMBA-YAMBURARA ALTO MUESTRA: 1  
SOLICITADO: Arq. Cristian Balcazar  
FECHA: 01/07/2016 REALIZADO: Murillo S

Datos del ensayo.

Diámetro de la muestra, (O) = 10,12      Área = 80,44 cm.  
Peso del suelo + molde = 4015,72 gr.      Altura (L) = 11,62 cm.  
Peso del molde = 1891,74 gr.      Volumen = 934,67 cm<sup>3</sup>.  
Peso del suelo = 2123,98 gr.      W. Unitario = 2,272 gr/cm<sup>3</sup>

Ensayo N°	h1 (cm)	h2 (cm)	t seg	Q. inicial. cm3	Q. final cm3	T C	Ensayo N°	h1 cm	h2 cm	t seg	T C
1	160,3	154	80220		6,6	18,5					
2											
3											
4											
Promedio								160,30	154	80220	19,1

Área de la tubería (a) = 1,12 cm.

$nT/n20 = 1,0223$

$KT = a \times L/At \times \ln h1/h2 = 8,08675E-08 \text{ cm/seg}$

$K20 = KT \times nT/n20 = 1.009292 \times 10^{-6} \times 1.0223 \text{ cm/seg}$

$K20 = 8,26708E-08 \text{ cm/seg}$

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (k20) = 8,267E-08 cm/seg

CLASIFICACIÓN COMO : Arenas limosas, impermeables

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la alumna Murillo S. y llevada al laboratorio de la U.T.P.L.

Ing. Ángel Tapia Ch.

Egresada: Sandra Murillo  
Tesisista

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

PROYECTO: Material compuesto de matriz tierra y refuerzo de abacá con aditivos del Opuntia ficus-indica, (Nopal) y Aloe Vera.  
LOCALIZ.: VILCABAMBA-YAMBURARA ALTO MUESTRA: 2  
SOLICITADO: Arq. Cristian Balcazar  
FECHA: 01/07/2016 REALIZADO: Murillo S

Datos del ensayo.

Diámetro de la muestra, (O) = 10,12 Área = 80,44 cm. Altura (L) = 11,62 cm.  
Peso del suelo + molde = 3790,93 gr. Volumen = 934,67 cm3.  
Peso del molde = 1891,74 gr. W. Unitario = 2,032 gr/cm3  
Peso del suelo = 1899,19 gr.

Ensayo N°	h1 (cm)	h2 (cm)	t seg	Q. inicial. cm3	Q. final. cm3	T C	Ensayo N°	h1 cm	h2 cm	t seg	T C
1	160,7	142,5	4920		16,5	18,5					
2											
3											
4											
							Promedio	160,70	142,5	4920	19,1

Área de la tubería (a) = 1,12 cm.

$$nT/n20 = 1,0223$$

$$KT = (a \times L/At) \times \ln h1/h2 = 3,95277E-06 \text{ cm/seg}$$

$$K20 = KT \times nT/n20 = 1.009292 \times 10^{-6} \times 1.0223 \text{ cm/seg}$$

$$K20 = 4,04092E-06 \text{ cm/seg}$$

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (k20) 4,041E-06 cm/seg

CLASIFICACIÓN COMO : Arenas Limosas , Impermeables

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la alumna Murillo S. y llevada al laboratorio de la U.T.P.L.

Ing. Ángel Tapia Ch.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS

Egresada: Sandra Murillo  
Tesis



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**ENSAYO DE PERMEABILIDAD**

PROYECTO: Material compuesto de matriz tierra y refuerzo de abacá con aditivos del Opuntia ficus-indica, (Nopal) y Aloe Vera.  
 LOCALIZ.: VILCABAMBA-YAMBURARA ALTO MUESTRA: 10 3  
 SOLICITADO: Arq. Cristian Balcazar  
 FECHA: 01/07/2016 REALIZADO: Murillo S

Datos del ensayo.

Diámetro de la muestra, (O) = 10,12 Área = 80,44 cm. Altura (L) = 11,62 cm.  
 Peso del suelo + molde = 3794,04 gr. Volumen = 934,67 cm3.  
 Peso del molde = 1891,74 gr. W. Unitario : 2,035 gr/cm3  
 Peso del suelo = 1902,3 gr.

Ensayo N°	h1 (cm)	h2 (cm)	t seg	Q. inicial. cm3	Q. final cm3	T C	Ensayo N°	h1 cm	h2 cm	t seg	T C
1	160,7	148,3	23400		13,5	18,5					
2											
3											
4											
Promedio								160,70	148,3	23400	19,1

Área de la tubería (a) = 1,12 cm.  
 $nT/n20 = 1,0223$   
 $KT = (a \times L/At) \times \ln h1/h2 = 5,55243E-07 \text{ cm/seg}$   
 $K20 = KT \times nT/n20 = 1.009292 \times 10^{-6} \times 1.0223 \text{ cm/seg}$   
 $K20 = 5,67625E-07 \text{ cm/seg}$

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (k20) = 5,676E-07 cm/seg

CLASIFICACIÓN COMO : Arenas Limosas , Impermeables

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la alumna Murillo S. y llevada al laboratorio de la U.T.P.L.

Ing. Ángel Tapia Ch.  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Egresada: Sandra Murillo  
 Tesista



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

PROYECTO: Material compuesto de matriz tierra y refuerzo de abacá con aditivos del Opuntia ficus-indica, (Nopal) y Aloe Vera.  
LOCALIZ.: VILCABAMBA-YAMBURARA ALTO MUESTRA: 4  
SOLICITADO: Arq. Cristian Balcazar  
FECHA: 01/07/2016 REALIZADO: Murillo S

Datos del ensayo.

Diámetro de la muestra, (O) = 10,12 Área = 80,44 cm. Altura (L) 11,62 cm.  
Peso del suelo + molde = 3836,94 gr. Volumer 934,67 cm3.  
Peso del molde = 1891,74 gr. W. Unita 2,081 gr/cm3  
Peso del suelo = 1945,2 gr.

Ensayo N°	h1 (cm)	h2 (cm)	t seg	Q. inicial. cm3	Q. final cm3	T C	Ensayo N°	h1 cm	h2 cm	t seg	T C
1	160,7	136	20760		24,5	18,5					
2											
3											
4											
							Promedio	160,70	136	20760	19,1

Área de la tubería (a) = 1,12 cm.  
 $nT/n20 = 1,0223$   
 $KT = (a \times L/At) \times \ln h1/h2 = 1,30065E-06 \text{ cm/seg}$   
 $K20 = KT \times nT/n20 = 1.009292 \times 10^{-6} \times 1.C \text{ cm/seg}$   
 $K20 = 1,32965E-06 \text{ cm/seg}$

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (k20) 1,330E-06 cm/seg

CLASIFICACIÓN COMO : Arenas Limosas , Impermeables

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la alumna Murillo S. y llevada al laboratorio de la U.T.P.L.

Ing. Ángel Tapia Ch.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS

Egresada: Sandra Murillo  
Tesisista



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

PROYECTO: Material compuesto de matriz tierra y refuerzo de abacá con aditivos del Opuntia ficus-indica, (Nopal) y Aloe Vera.  
LOCALIZ.: VILCABAMBA-YAMBURARA ALTO MUESTRA: 5  
SOLICITADO: Arq. Cristian Balcazar  
FECHA: 01/07/2016 REALIZADO: Murillo S

Datos del ensayo.

Diámetro de la muestra, (O) = 10,12      Área = 80,44 cm.  
Peso del suelo + molde = 3839,76 gr.      Altura (L) = 11,62 cm.  
Peso del molde = 1891,74 gr.      Volumen = 934,67 cm<sup>3</sup>.  
Peso del suelo = 1948,02 gr.      W. Unitario : 2,084 gr/cm<sup>3</sup>

Ensayo Nº	h1 (cm)	h2 (cm)	t seg	Q. inicial. cm <sup>3</sup>	Q. final cm <sup>3</sup>	T C	Ensayo Nº	h1 cm	h2 cm	t seg	T C
1	160,7	142	13860		19	18,5					
2											
3											
4											
							Promedio	160,70	142	13860	19,1

Area de la tubería (a) = 1,12 cm.

$$nT/n20 = 1,0223$$

$$KT = (a \times L/At) \times \ln h1/h2 = 1,44418E-06 \text{ cm/seg}$$

$$K20 = KT \times nT/n20 = 1,009292 \times 10^{-6} \times 1,0223 \text{ cm/seg}$$

$$K20 = 1,47639E-06 \text{ cm/seg}$$

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (k2) 1,476E-06 cm/seg

CLASIFICACIÓN COMO : Arenas Limosas , Impermeables

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la alumna Murillo S. y llevada al laboratorio de la U.T.P.L.

Ing. Ángel Tapia Ch.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS

Egresada: Sandra Murillo  
Tesisista



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

PROYECTO: Material compuesto de matriz tierra y refuerzo de abacá con aditivos del Opuntia ficus-indica, (Nopal) y Aloe Vera.  
LOCALIZ.: VILCABAMBA-YAMBURARA ALTO MUESTRA: 6  
SOLICITADO: Arq. Cristian Balcazar  
FECHA: 01/07/2016 REALIZADO: Murillo S

Datos del ensayo.

Diámetro de la muestra, (O) = 10,12 Área = 80,44 cm. Altura (L) 11,62 cm.  
Peso del suelo + molde = 3914,01 gr. Volumen 934,67 cm<sup>3</sup>.  
Peso del molde = 1891,74 gr. W. Unit<sup>3</sup> 2,164 gr/cm<sup>3</sup>  
Peso del suelo = 2022,27 gr.

Ensayo N°	h1 (cm)	h2 (cm)	t seg	Q. inicial. cm <sup>3</sup>	Q.final cm <sup>3</sup>	T C	Ensayo N°	h1 cm	h2 cm	t seg	T C
1	160,7	150	7620		8,5	18,5					
2											
3											
4											
							Promedio	160,70	150	7620	19,1

Área de la tubería (a) = 1,12 cm.

$$nT/n20 = 1,0223$$

$$KT = (a \times L/At) \times \ln h1/h2 = 1,46306E-06 \text{ cm/seg}$$

$$K20 = KT \times nT/n20 = 1.009292 \times 10^{-6} \times 1.0 \text{ cm/seg}$$

$$K20 = 1,49568E-06 \text{ cm/seg}$$

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (k20) = 1,496E-06 cm/seg

CLASIFICACIÓN COMO : Arenas Limosas , Impermeables

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la alumna Murillo S. y llevada al laboratorio de la U.T.P.L.

Ing. Ángel Tapia Ch.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS

Egresada: Sandra Murillo  
Tesisista



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

PROYECTO: Material compuesto de matriz tierra y refuerzo de abacá con aditivos del Opuntia ficus-indica, (Nopal) y Aloe Vera.  
LOCALIZ.: VILCABAMBA-YAMBURARA ALTO MUESTRA: 7  
SOLICITADO: Arq. Cristian Balcazar  
FECHA: 01/07/2016 REALIZADO: Murillo S

Datos del ensayo.

Diámetro de la muestra, (O) = 10,12 Área = 80,44 cm. Altura (L) 11,62 cm.  
Peso del suelo + molde = 3777,36 gr. Volumen : 934,67 cm<sup>3</sup>.  
Peso del molde = 1891,74 gr. W. Unitari 2,017 gr/cm<sup>3</sup>  
Peso del suelo = 1885,62 gr.

Ensayo N°	h1 (cm)	h2 (cm)	t seg	Q. inicial. cm3	Q.final cm3	T C	Ensayo N°	h1 cm	h2 cm	t seg	T C
1	160,7	147,3	14160		10	18,5					
2											
3											
4											
							Promedio	160,70	147,3	14160	19,1

Área de la tubería (a) = 1,12 cm.

$$nT/n20 = 1,0223$$

$$KT = (a \times L/At) \times \ln h1/h2 = 9,94872E-07 \text{ cm/seg}$$

$$K20 = KT \times nT/n20 = 1.009292 \times 10^{-6} \times 1.0 \text{ cm/seg}$$

$$K20 = 1,01706E-06 \text{ cm/seg}$$

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (k20) = 1,017E-06 cm/seg

CLASIFICACIÓN COMO : Arenas Limosas , Impermeables

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la alumna Murillo S. y llevada al laboratorio de la U.T.P.L.

Ing. Ángel Tapia Ch.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS

Egresada: Sandra Murillo  
Tesisista



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

PROYECTO: Material compuesto de matriz tierra y refuerzo de abacá con aditivos del Opuntia ficus-indica, (Nopal) y Aloe Vera.  
LOCALIZ.: VILCABAMBA-YAMBURARA ALTO MUESTRA: 8  
SOLICITADO: Arq. Cristian Balcazar  
FECHA: 01/07/2016 REALIZADO: Murillo S

Datos del ensayo.

Diámetro de la muestra, (O) = 10,12 Área = 80,44 cm. Altura (L) 11,62 cm.  
Peso del suelo + molde = 3864,24 gr. Volumen 934,67 cm3.  
Peso del molde = 1891,74 gr. W. Unite 2,110 gr/cm3  
Peso del suelo = 1972,5 gr.

Ensayo N°	h1 (cm)	h2 (cm)	t seg	Q. inicial. cm3	Q. final cm3	T C	Ensayo N°	h1 cm	h2 cm	t seg	T C
1	160,8	147,4	27240		13,5	18,5					
2											
3											
4											
Promedio								160,80	147,4	27240	19,1

Área de la tubería (a) = 1,12 cm.

$$nT/n20 = 1,0223$$

$$KT = (a \times L/At) \times \ln h1/h2 = 5,16822E-07 \text{ cm/seg}$$

$$K20 = KT \times nT/n20 = 1.009292 \times 10^{-6} \times 1.02 \text{ cm/seg}$$

$$K20 = 5,28347E-07 \text{ cm/seg}$$

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (k20) = 5,283E-07 cm/seg

CLASIFICACIÓN COMO : Arenas Limosas , Impermeables

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la alumna Murillo S. y llevada al laboratorio de la U.T.P.L.

Ing. Ángel Tapia Ch.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS

Egresada: Sandra Murillo  
Tesisista



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

PROYECTO: Material compuesto de matriz tierra y refuerzo de abacá con aditivos del Opuntia ficus-indica, (Nopal) y Aloe Vera.  
LOCALIZ.: VILCABAMBA-YAMBURARA ALTO MUESTRA: 9  
SOLICITADO: Arq. Cristian Balcazar  
FECHA: 01/07/2016 REALIZADO: Murillo S

Datos del ensayo.

Diámetro de la muestra, (O) = 10,12      Área = 80,44 cm.  
Peso del suelo + molde = 3928,08 gr.      Altura (L) 11,62 cm.  
Peso del molde = 1891,74 gr.      Volumen : 934,67 cm3.  
Peso del suelo = 2036,34 gr.      W. Unitari 2,179 gr/cm3

Ensayo N°	h1 (cm)	h2 (cm)	t seg	Q. inicial. cm3	Q. final cm3	T C	Ensayo N°	h1 cm	h2 cm	t seg	T C
1	160,2	149,6	19140		11,5	18,5					
2											
3											
4											
							Promedio	160,20	149,6	19140	19,1

Área de la tubería (a) = 1,12 cm.  
 $nT/n20 = 1,0223$   
 $KT = (a \times L/At) \times \ln h1/h2 = 5,78701E-07 \text{ cm/seg}$   
 $K20 = KT \times nT/n20 = 1.009292 \times 10^{-6} \times 1.02 \text{ cm/seg}$   
 $K20 : 5,91606E-07 \text{ cm/seg}$

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (k20) = 5,916E-07 cm/seg

CLASIFICACIÓN COMO : Arenas Limosas , Impermeables

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la alumna Murillo S. y llevada al laboratorio de la U.T.P.L.

Ing. Ángel Tapia Ch.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Egresada: Sandra Murillo  
Tesisista



INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

PROYECTO: Material compuesto de matriz tierra y refuerzo de abacá con aditivos del Opuntia ficus-indica, (Nopal) y Aloe Vera.  
LOCALIZ.: VILCABAMBA-YAMBURARA ALTO MUESTRA: 10  
SOLICITADO: Arq. Cristian Balcazar  
FECHA: 01/07/2016 REALIZADO: Murillo S

Datos del ensayo.

Diámetro de la muestra, (O) = 10,12      Área = 80,44 cm.  
Peso del suelo + molde = 3883,98 gr.      Altura (L) = 11,62 cm.  
Peso del molde = 1891,74 gr.      Volumen = 934,67 cm<sup>3</sup>.  
Peso del suelo = 1992,24 gr.      W. Unitario 2,131 gr/cm<sup>3</sup>

Ensayo N°	h1 (cm)	h2 (cm)	t seg	Q. inicial. cm <sup>3</sup>	Q. final cm <sup>3</sup>	T C	Ensayo N°	h1 cm	h2 cm	t seg	T C
1	169	145,6	19020		14	18,5					
2											
3											
4											
							Promedio	168,99	145,6	19020	19,1

Área de la tubería (a) = 1,12 cm.

$$nT/n20 = 1,0223$$

$$KT = (a \times L/At) \times \ln h1/h2 = 1,2673E-06 \text{ cm/seg}$$

$$K20 = KT \times nT/n20 = 1.009292 \times 10^{-6} \times 1.0; \text{ cm/seg}$$

$$K20 = 1,29556E-06 \text{ cm/seg}$$

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (k<sub>20</sub>) = 1,296E-06 cm/seg

CLASIFICACIÓN COMO : Arenas limosas, Impermeables

OBSERVACIONES: La toma de muestras es realizada por la alumna Murillo S. y llevada al laboratorio de la U.T.P.L.

Ing. Ángel Tapia Ch.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Egresada: Sandra Murillo  
Tesisista



# UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La universidad Católica de Loja*

## Determinación de la resistencia a la compresión del Adobe compuesto

<b>Proyecto</b>	Material compuesto de matriz tierra de la Mina de la Parroquia Vilcabamba y refuerzo de abacá con aditivos del Opuntia ficus-indica, (Nopal) y Aloe Vera
<b>Localización:</b>	Vilcabamba-Yamburara Alto
<b>Solicitado:</b>	Arq. Cristian Balcazar
<b>Fecha:</b>	27/06/2016
<b>Realizado por:</b>	Tesista Sandra Murillo

### DATOS DE LA PROBETA

PROBETA	PESO (kg)	DIMENSIONES (cm)			W p	CARGA (Kg)	Carga total (kg)	AREA (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mpa
		largo	ancho	altura						
1C	12,2	29,63	14,84	14,15	24,22	10217,39	10241,61	439,71	23,29	2,3
1D	12,1	29,64	14,79	14,06	24,22	10543,7	10567,92	438,38	24,11	2,4
2A	11,8	29,54	14,65	14,11	24,22	12715,66	12739,88	432,76	29,44	2,9
2C	11,9	29,74	14,65	14,4	24,22	13908,71	13932,93	435,69	31,98	3,1
3A	12	29,34	14,7	14,42	24,22	9513,8	9538,02	431,30	22,11	2,2
3E	12	29,4	14,63	14,24	24,22	10931,18	10955,4	430,12	25,47	2,5
4C	11,45	29,78	14,87	14,72	24,22	11950,88	11975,1	442,83	27,04	2,7
4D	11,6	29,65	14,86	13,85	24,22	12878,81	12903,03	440,60	29,29	2,9
5B	11,98	29,42	14,58	14,66	24,22	8769,42	8793,64	428,94	20,50	2,0
5F	12	29,44	14,47	14,36	24,22	8718,44	8742,66	426,00	20,52	2,0
6C	11,42	29,83	14,68	14,5	24,22	14224,82	14249,04	437,90	32,54	3,2
6B	11,62	29,8	14,75	14,03	24,22	14816,24	14840,46	439,55	33,76	3,3
7F	11,85	29,42	14,66	14,6	24,22	13714,97	13739,19	431,30	31,86	3,1
7C	11,6	29,47	14,52	14,54	24,22	14795,85	14820,07	427,90	34,63	3,4
8D	12,58	29,65	14,66	14,3	25,02	10013,45	10038,47	434,67	23,09	2,3
8A	12,05	29,45	14,73	14,04	25,02	9993,06	10018,08	433,80	23,09	2,3
9C	11,8	29,63	14,93	13,46	25,02	12746,25	12771,27	442,38	28,87	2,8
9F	11,98	29,58	14,87	13,58	25,02	12644,28	12669,3	439,85	28,80	2,8
9E	11,98	29,69	14,92	13,49	24,22	13052,16	13076,38	442,97	29,52	2,9
10C	12	29,34	14,61	13,95	24,22	12460,73	12484,95	428,66	29,13	2,9
10F	12,2	29,53	14,8	14,31	24,22	11971,28	11995,5	437,04	27,45	2,7

Wp = placa de acero