

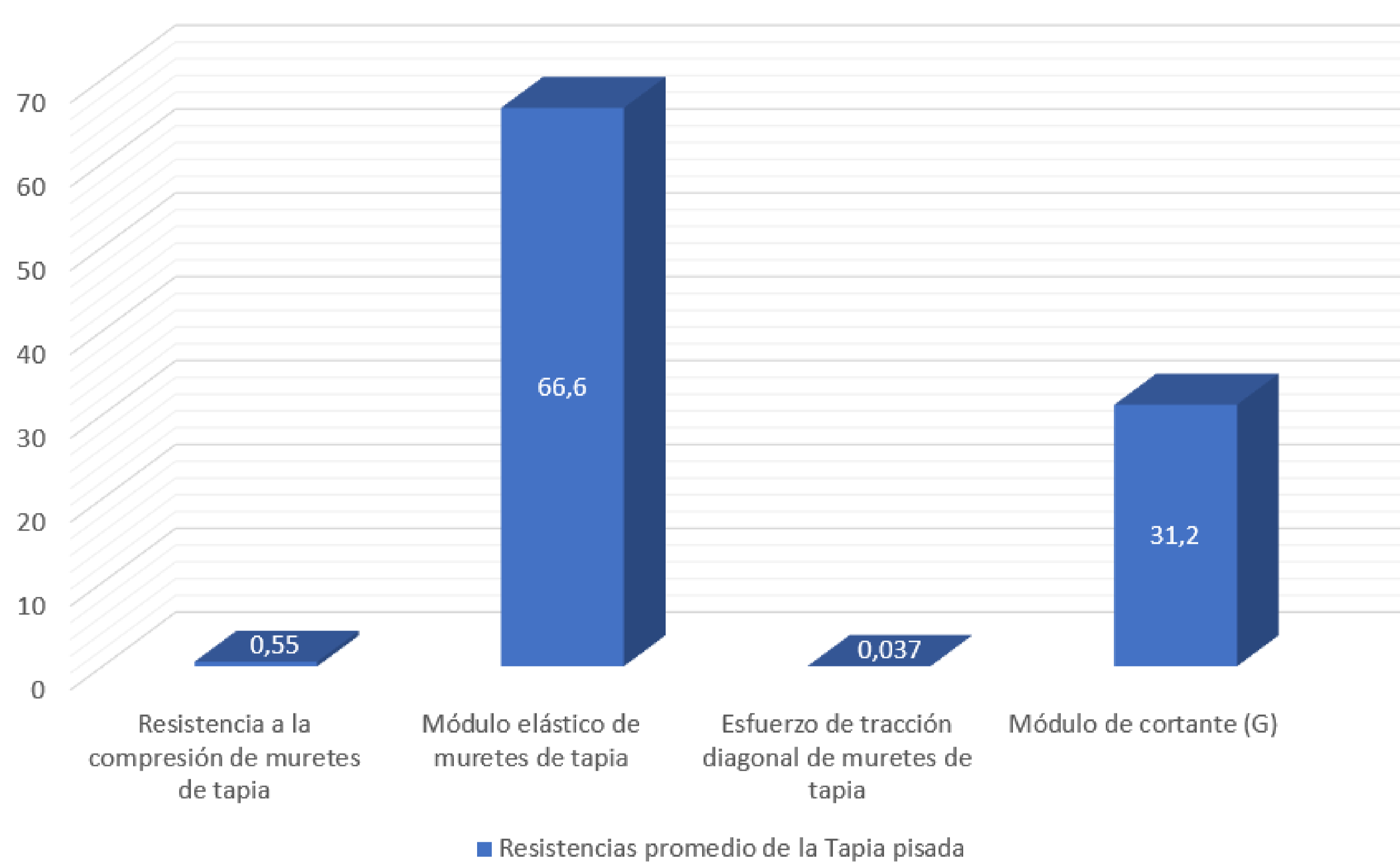
La finalidad de esta propuesta es mejorar la resistencia que pueda adquirir la tierra de la técnica vernácula de la tapia pisada, el cual está constituido únicamente de tierra compactadas en múltiples capas.



Fuente: <https://www.flickr.com/photos/fundaciontierraviva/99270750/in/photostream/>

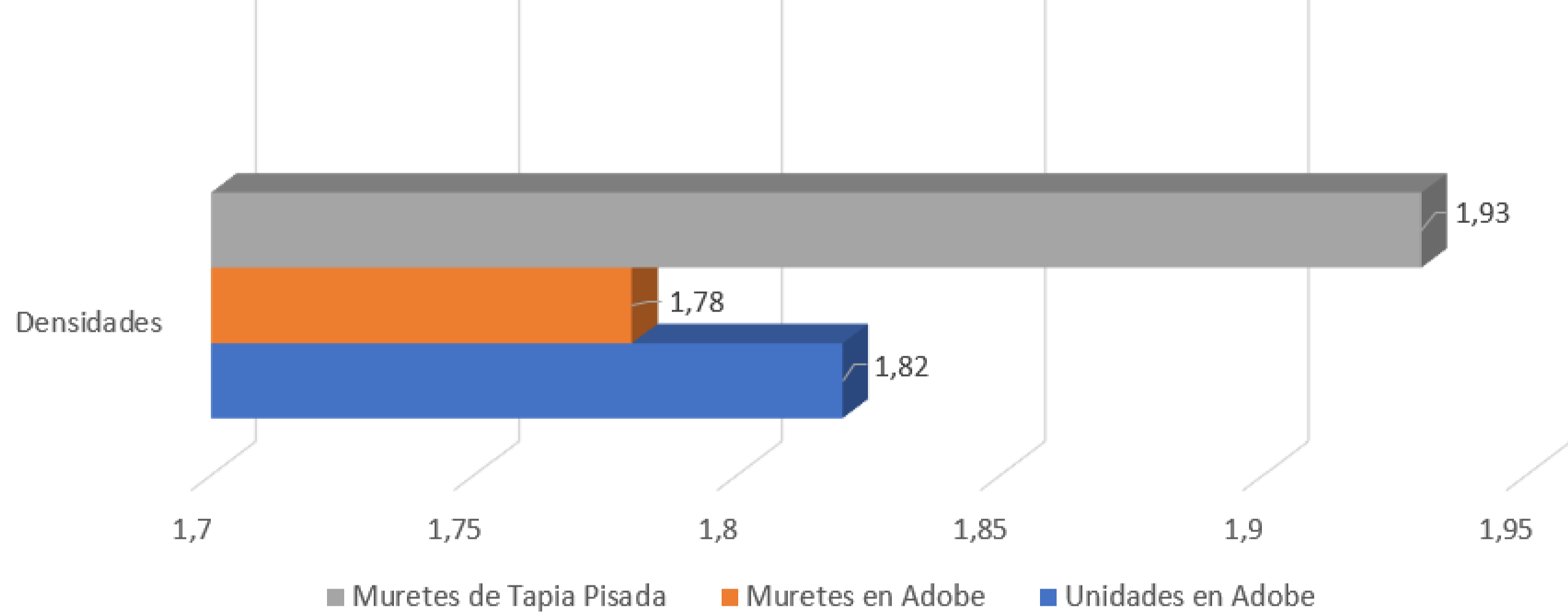
La cual mediante la utilización de diferentes agregados naturales que se pueden conseguir fácilmente en el lugar donde se esté haciendo la estructura, tratar de conseguir que este elemento constructivo adquiera mucha más resistencia a la compresión.

Resistencias promedio de la Tapia pisada



Fuente: Elaboración Propia

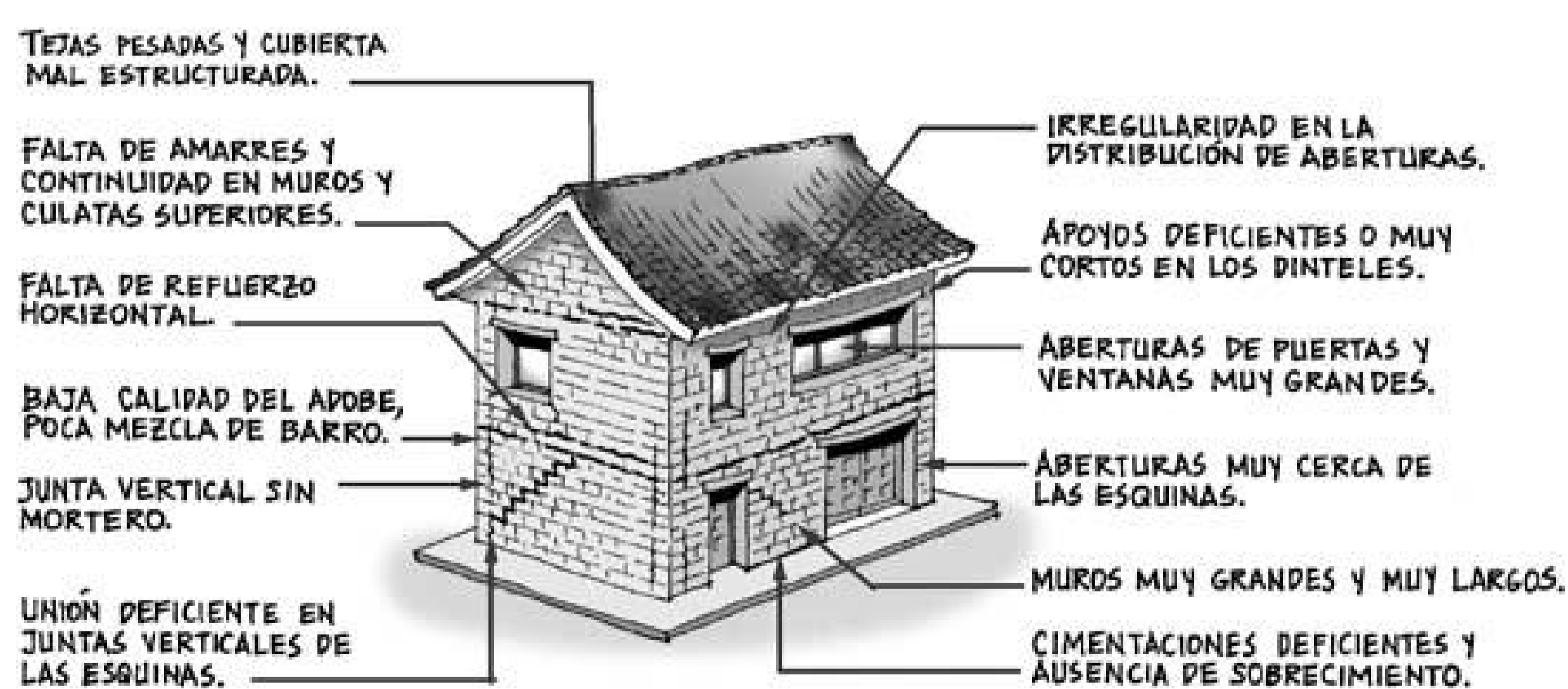
Valores promedios de la densidad de construcciones con tierra



Fuente: Elaboración Propia

Pregunta problema

¿Se pueden mejorar las cualidades físicas y mecánicas de la tierra empleada en la tapia pisada ante la compresión, mediante una serie de agregados naturales?

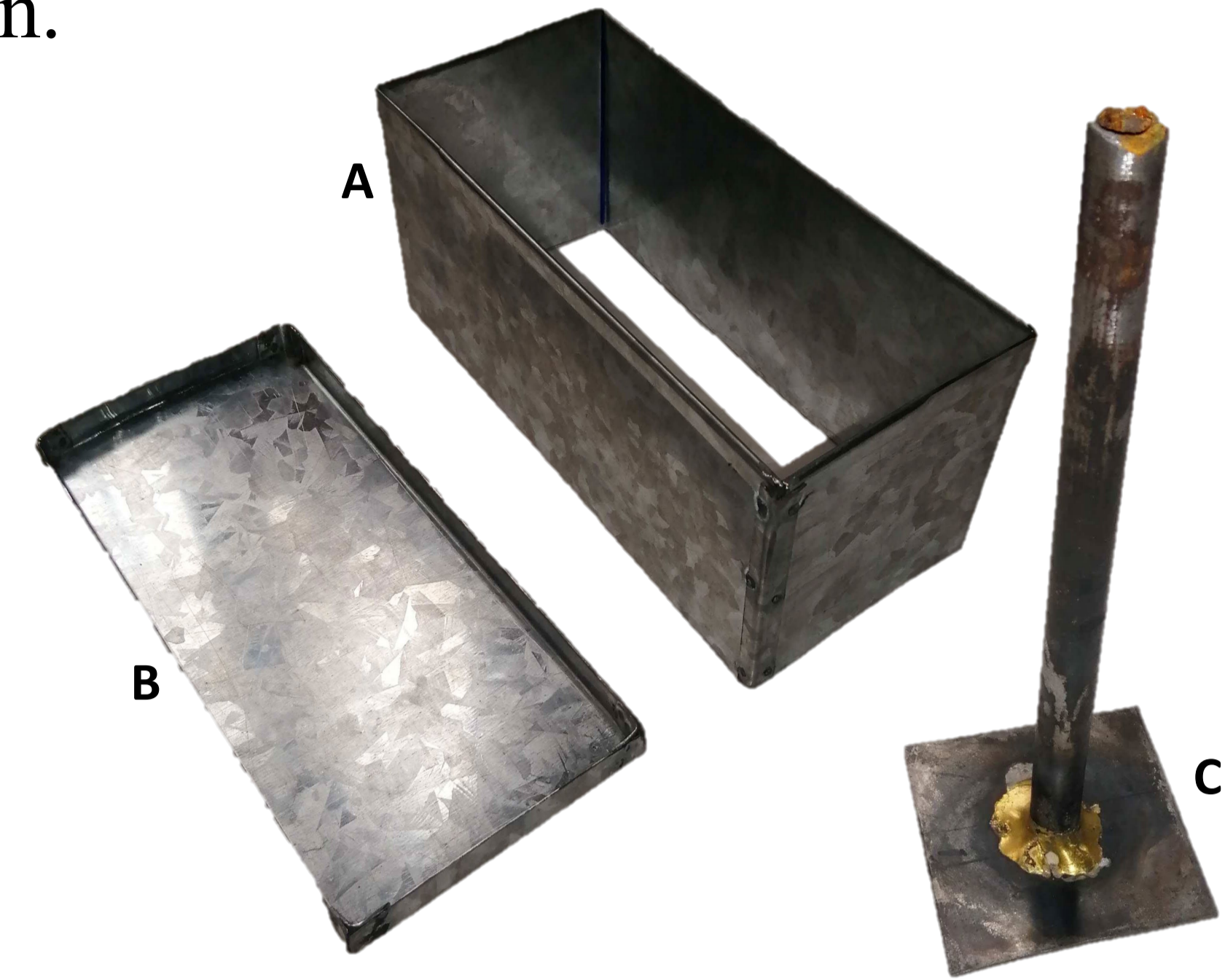


La imagen muestra las diferentes fallas presentes en estructuras hechas con tierra

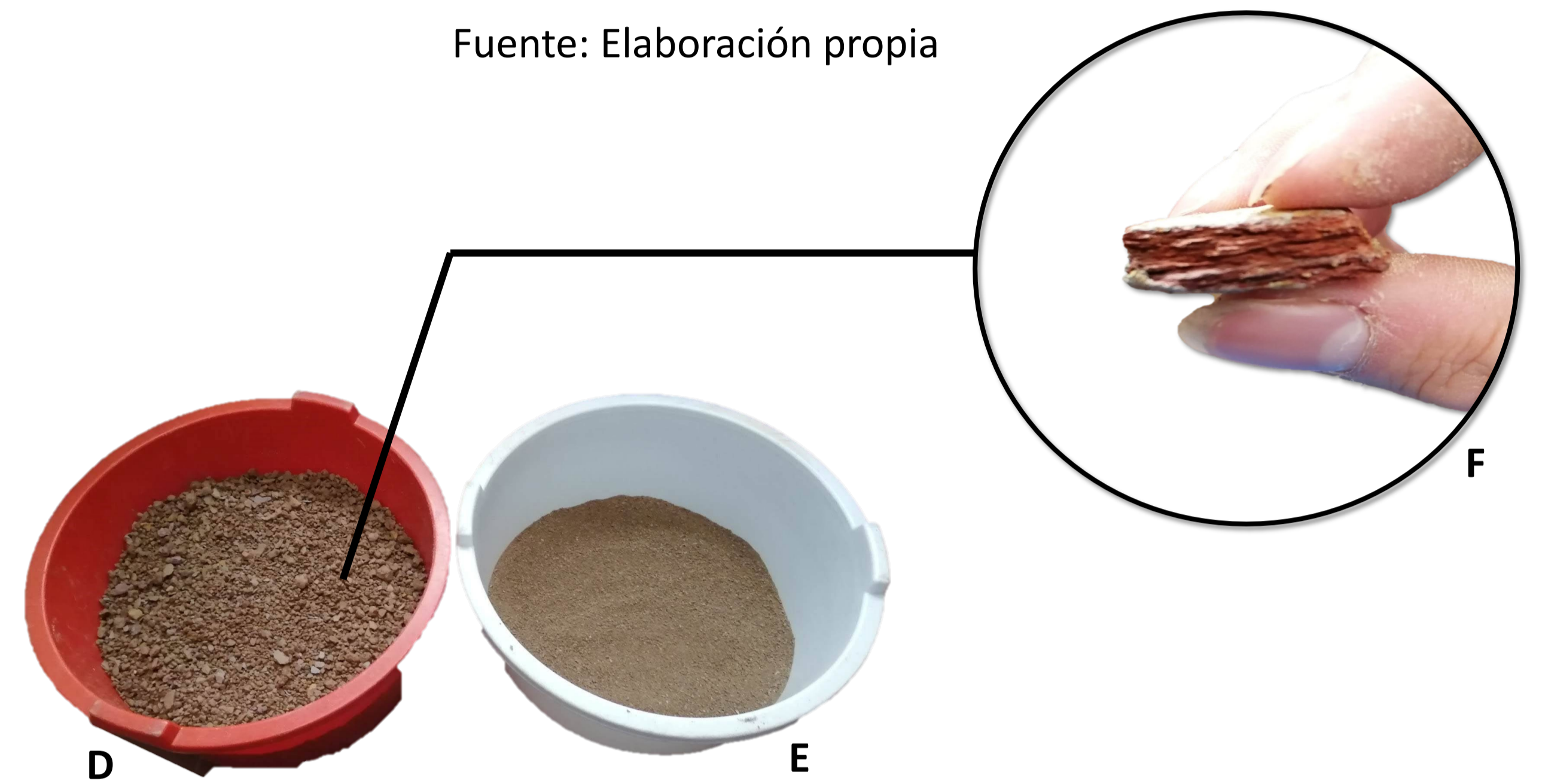
Fuente: www.scielo.org.co/img/revistas/apun/v20n2/v20n2a09f01.jpg

Objetivo General:

➤ Mejorar las características físicas y mecánicas de la tierra empleada en la técnica de la tapia pisada mediante agregados naturales, para aumentar su resistencia a la compresión.



Fuente: Elaboración propia

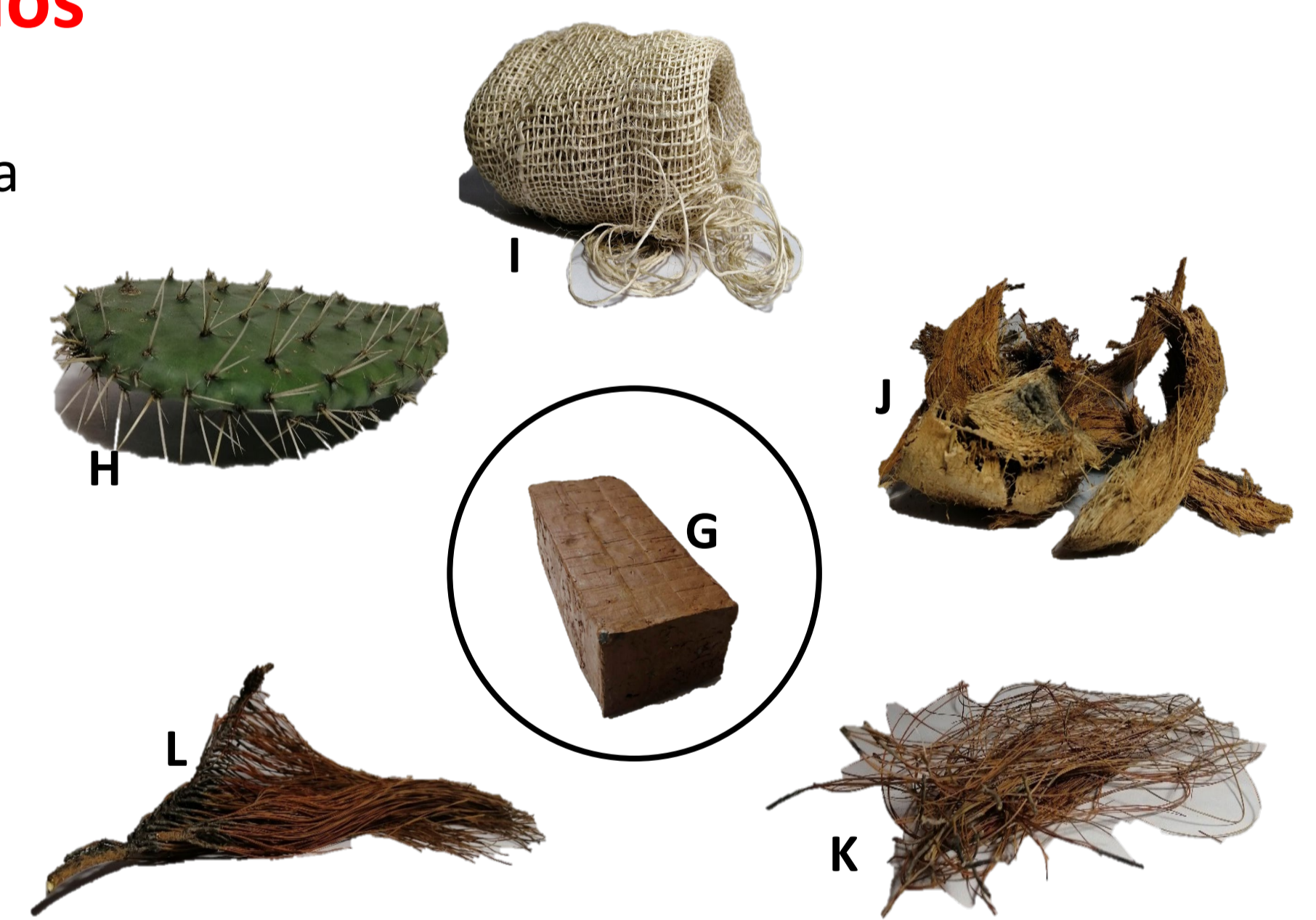


Fuente: Elaboración propia

Mediante la utilización de unas herramientas base y de los agregados naturales si hicieron 25 muestras de tierra, con lo cual se busca ver cual resiste mas a compresión con la cantidad de agregado que tienen en su mezcla.

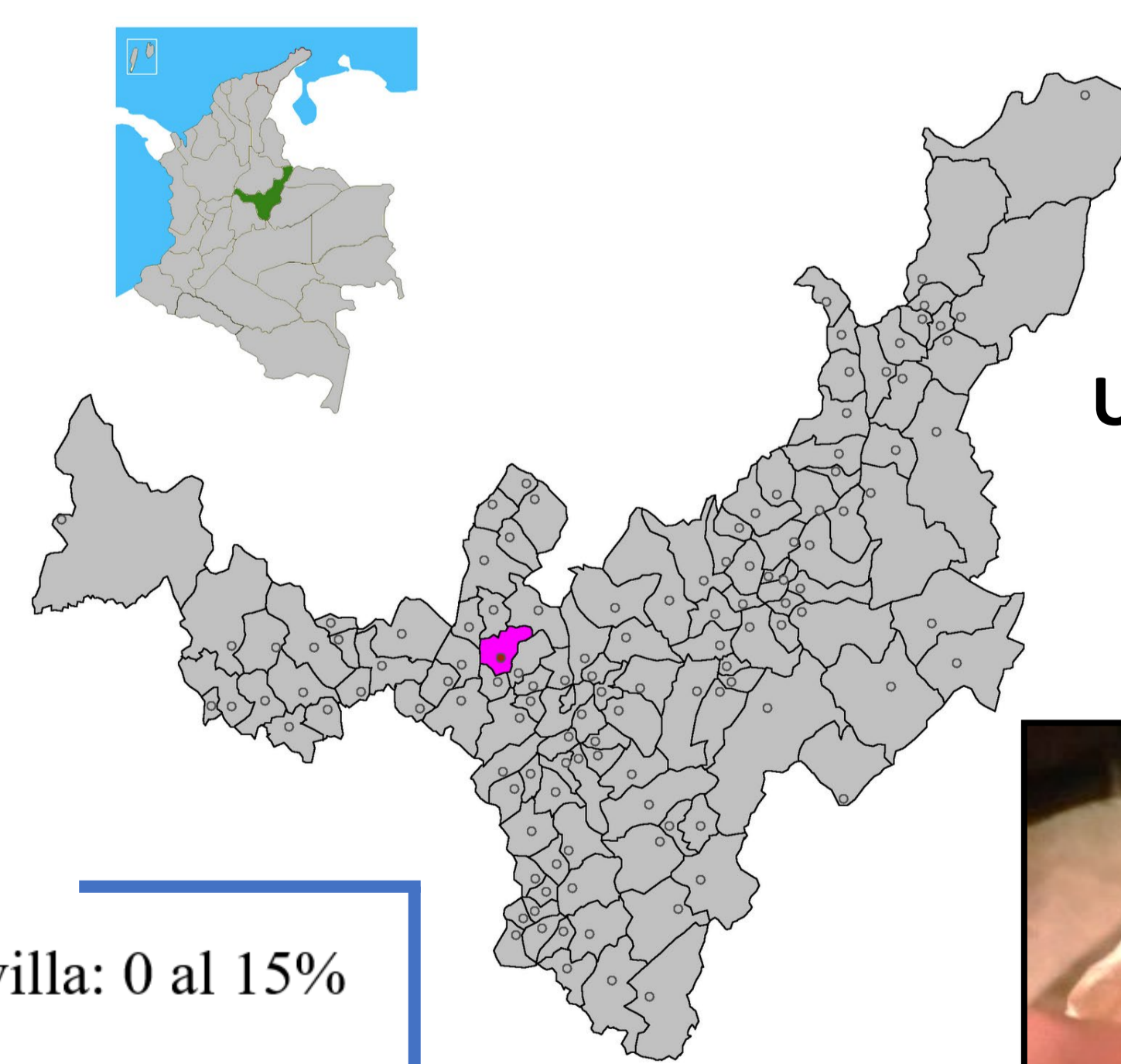
Herramientas y agregados

- A. Molde de lamina Galvanizada
- B. Tapa de molde
- C. Pisón
- D. Tierra
- E. Tierra (Ya cernida)
- F. Granulo de tierra rojiza
- G. Muestra de tierra
- H. Cactus de la Tuna
- I. Fique
- J. Fibra de Coco
- K. Paja de zorro
- L. Hoja de pino seca



Fuente: Elaboración propia

La tierra fue traída directamente desde Villa de Leyva, el cual es un municipio del departamento de Boyacá en Colombia. El cual es una tierra optima para esta técnica ya que consta de gravilla, arena, limo y arcillas.



Ubicación de Villa de Leyva, Boyacá.

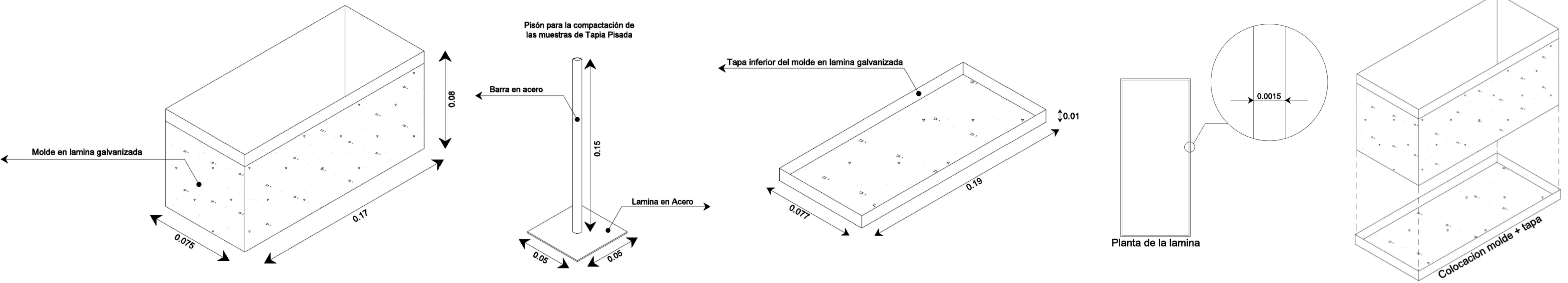
Fuente: <https://bit.ly/2Mv1L82>

- Gravilla: 0 al 15%
- Arena: 40 a 50%
- Limo: 35 a 20%
- Arcilla: 15 al 25%



Fuente: Elaboración propia

Planimetría



Se hicieron las 25 muestras con los agregados de Fique, Coco, Hoja de pino seca, Paja de zorro y con el cactus de la Tuna de forma manual con diferentes proporciones de los mismos. Donde se obtuvieron los siguientes resultados de resistencia en las pruebas de presión (kg/cm^2) que se hicieron en el laboratorio:

Resistencia promedio de las muestras de tierra simple

Descripción	Resistencia Promedio
Muestras hechas con tierra	218 kg/cm^2

Resistencia de las muestras con porcentaje de cactus

Porcentaje del bloque (%)	Cantidad de peso soportado (Kg/cm^2)
1%	150 kg/cm^2
2%	150 kg/cm^2
3%	180 kg/cm^2
4%	140 kg/cm^2
5%	180 kg/cm^2
6%	160 kg/cm^2

Resistencia de las muestras con agregados y sin cactus (S/C)

Agregados	Cantidad de peso soportado (Kg/cm^2)
S/C + Hoja de pino seca	200 kg/cm^2
S/C + Fibra de pelo de Coco	230 kg/cm^2
S/C + Paja de Zorro	240 kg/cm^2
S/C + Fique	320 kg/cm^2

Resistencia de las muestras con agregados y con cactus

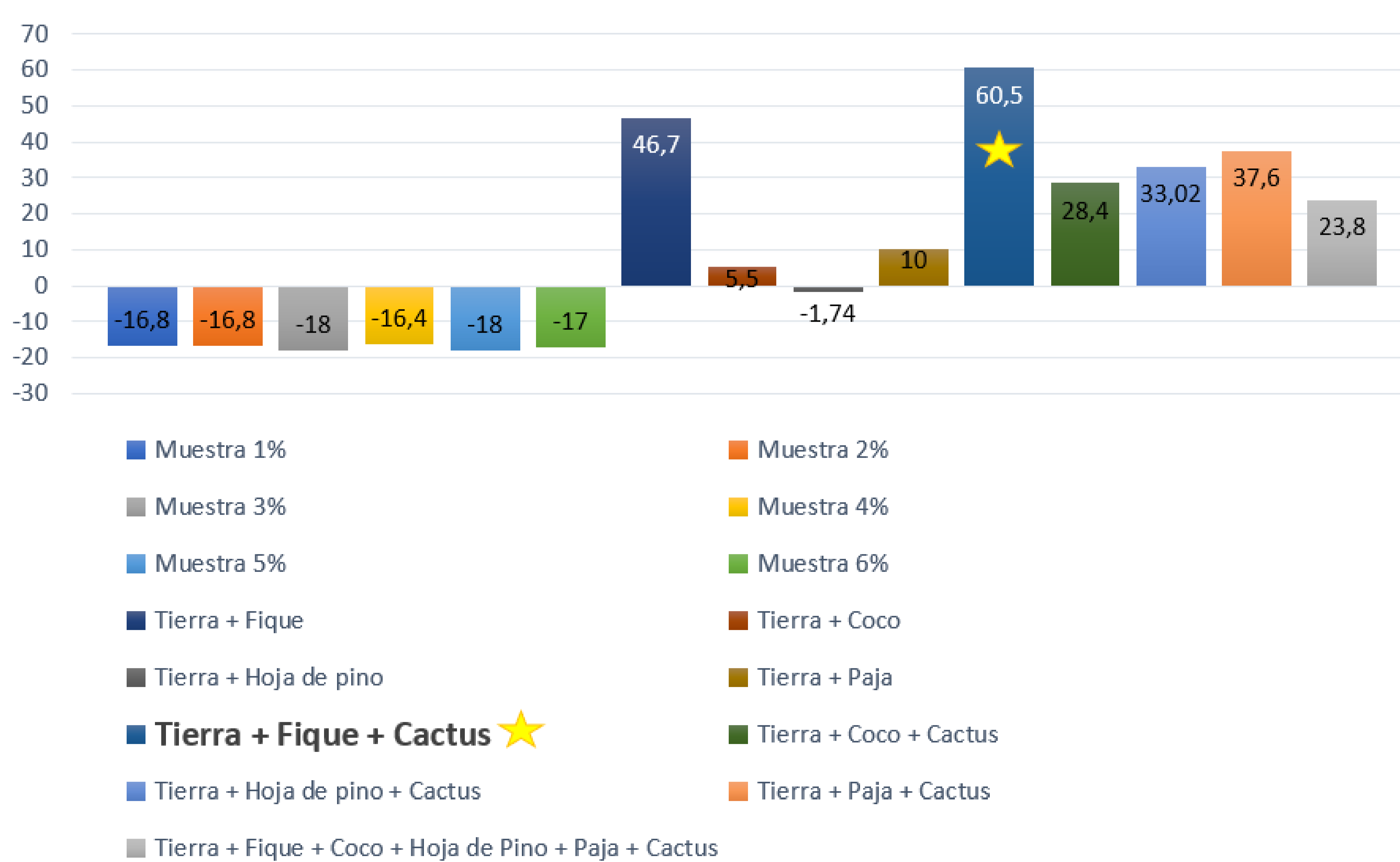
Agregados	Cantidad de peso soportado (Kg/cm^2)
Cactus + Hoja de pino seca	290 kg/cm^2
Cactus + Fibra de pelo de Coco	280 kg/cm^2
Cactus + Paja de Zorro	300 kg/cm^2
Cactus + Fique	350 kg/cm^2

Resistencia de la muestra con todos los agregados y el cactus

Agregados	Cantidad de peso soportado (Kg/cm^2)
Hoja de pino seca + Fibra de pelo de Coco + Paja de Zorro + Fique + Cactus	270 kg/cm^2

Fuente de las tablas : Elaboración Propia

Porcentaje de aumento de resistencias



Fuente: Elaboración Propia

Algunos de los costos que se generaron en la realización de las 25 muestras son los siguientes:

Tabla de análisis unitario del molde de lamina galvanizada

DESCRIPCION	UN	CANTIDAD	VR UNITARIO	VR TOTAL
Lamina de acero galvanizado 1.00x1.20 - Cal. 16	M2	0.5	\$15.000	\$7.500
Herramienta menor	%	5	\$1.470	\$7
Mano de obra	Hh	1	\$6.000	\$6.000
TOTAL				\$13.507

Tabla de análisis unitario de la tierra roja para muestras

DESCRIPCION	UN	CANTIDAD	VR UNITARIO	VR TOTAL
Transporte	M3	1	\$30.000	\$30.000
Bulto de tierra roja	M3	1	\$10.000	\$10.000
TOTAL				\$40.000

Tabla de análisis unitario de la muestra de tierra simple

DESCRIPCION	UN	CANTIDAD	VR UNITARIO	VR TOTAL
Tierra roja	M3	0.00102	\$40.000	\$41
Molde	Un	0.02	\$13.507	\$271
Pisón	Un	0.01	\$3.000	\$30
Agua	Lt	0.5	\$1.896	\$948
Mano de obra	Hh	0.5	\$6.000	\$3.000
TOTAL				\$4.290

Tabla de análisis unitario de la muestra de tierra + Coco

DESCRIPCION	UN	CANTIDAD	VR UNITARIO	VR TOTAL
Coco	Lb	0.25	\$1.000	\$250
Tierra roja	M3	0.00102	\$40.000	\$41
Molde	Un	0.02	\$13.507	\$271
Pisón	Un	0.01	\$3.000	\$30
Agua	Lt	0.5	\$1.896	\$948
Mano de obra	Hh	0.5	\$6.000	\$3.000
TOTAL				\$4.540

Tabla de análisis unitario del Pisón de acero

DESCRIPCION	UN	CANTIDAD	VR UNITARIO	VR TOTAL
Vara de acero	Mt	0.05	\$4.500	\$225
Lamina de acero	M2	0.02	\$3.000	\$60
Mano de obra	Hh	0.5	\$6.000	\$3.000
TOTAL				\$3.285

Tabla de análisis unitario de los agregados para muestras

DESCRIPCION	UN	CANTIDAD	VR UNITARIO	VR TOTAL
Cactus Tuna	Mt	500	\$12	\$6.000
Costal de fique	Un	1	\$1.000	\$1.000
Coco	Kg	2	\$1.000	\$2.000
Hoja de pino seca	Kg	2	\$500	\$1.000
Paja de zorro	Kg	2	\$1.500	\$3.000
TOTAL				\$13.000

Tabla de análisis unitario de la muestra de tierra + 1% cactus

DESCRIPCION	UN	CANTIDAD	VR UNITARIO	VR TOTAL
Cactus	Mt	5	\$12	\$60
Tierra roja	M3	0.00102	\$40.000	\$41
Molde	Un	0.02	\$13.507	\$271
Pisón	Un	0.01	\$3.000	\$30
Agua	Lt	0.5	\$1.896	\$948
Mano de obra	Hh	0.5	\$6.000	\$3.000
TOTAL				\$4.350

Tabla de análisis unitario de la muestra de tierra + Fique + Cactus

DESCRIPCION	UN	CANTIDAD	VR UNITARIO	VR TOTAL
Fique	Lb	0.5	\$1.000	\$500
Cactus	Mt	25	\$12	\$300
Tierra roja	M3	.00102	\$40.000	\$41
Molde	Un	0.02	\$13.507	\$271
Pisón	Un	0.01	\$3.000	\$30
Agua	Lt	0.5	\$1.896	\$948
Mano de obra	Hh	0.5	\$6.000	\$3.000
TOTAL				\$5.000

Tabla de análisis unitario de la muestra de tierra + Fique + Coco + Hoja de pino seca + Paja de zorro + 5% cactus

DESCRIPCION	UN	CANTIDAD	VR UNITARIO	VR TOTAL
Fique	Lb	0.25	\$1.000	\$250
Coco	Lb	0.005	\$1.000	\$5
Hoja de pino seca	Lb	0.025	\$500	\$13
Paja de zorro	Lb	0.25	\$1.500	\$375
Cactus	Mt	25	\$12	\$300
Tierra roja	M3	.00102	\$40.000	\$41
Molde	Un	0.02	\$13.507	\$271
Pisón	Un	0.01	\$3.000	\$30
Agua	Lt	0.5	\$1.896	\$948
Mano de obra	Hh	0.5	\$6.000	\$3.000
TOTAL				\$5.233

Y en base a estos costos unitarios que salieron de cada unidad de muestra de tierra. Se hicieron así mismo unos cuadros los cuales reflejan el costo-beneficio entre cada muestra, con énfasis en su resistencia ya obtenida y el aumento del valor del mismo.

Tabla de muestra básica de tierra simple

DESCRIPCION	RESISTENCIA	% RESISTENCIA	VR	% AUMENTO VR
Muestras de tierra simple	21.8 kg/cm^2	-	\$4.290	-

Relación costo-beneficio entre las muestras con los porcentajes de cactus

DESCRIPCION	RESISTENCIA	% RESISTENCIA	VR FINAL	% AUMENTO VR
Muestra de tierra con 1% de cactus	15.0 kg/cm^2	-16.8%	\$4.350	1.4%
Muestra de tierra con 2% de cactus	15.0 kg/cm^2	-16.8%	\$4.410	2.8%
Muestra de tierra con 3% de cactus	18.0 kg/cm^2	-18%	\$4.470	4.2%
Muestra de tierra con 4% de cactus	14.0 kg/cm^2	-16.4%	\$4.530	5.6%
Muestra de tierra con 5% de cactus	18.0 kg/cm^2	-18%	\$4.590	7%
Muestra de tierra con 6% de cactus	16.0 kg/cm^2	-17%	\$4.650	8.4%

Relación costo-beneficio entre la muestra con todos los agregados fibrosos y el cactus

DESCRIPCION	RESISTENCIA	% RESISTENCIA	VR FINAL	% AUMENTO VR
Muestras de tierra con fique + coco + hoja de pino + paja + 5% cactus	27.0 kg/cm^2	23.8%	\$5.233	21.9%

Relación costo-beneficio entre las muestras con los agregados fibrosos

DESCRIPCION	RESISTENCIA	% RESISTENCIA	VR FINAL	% AUMENTO VR
Muestra de tierra con fique	32.0 kg/cm^2	46.7%	\$4.790	11.6%
Muestra de tierra con coco	23.0 kg/cm^2	5.5%	\$4.540	5.8%
Muestra de tierra con hoja de pino	20.0 kg/cm^2	-1.74%	\$4.540	5.8%
Muestra de tierra con paja	24.0 kg/cm^2	10%	\$5.040	17.5%

Relación costo-beneficio entre las muestras con los agregados fibrosos y el cactus

DESCRIPCION	RESISTENCIA	% RESISTENCIA	VR FINAL	% AUMENTO VR
Muestra de tierra con fique + 5% cactus	35.0 kg/cm^2	60.5%	\$5.090	18.6%
Muestra de tierra con coco + 5% cactus	28.0 kg/cm^2	28.4%	\$4.840	12.8%
Muestra de tierra con hoja de pino + 5% cactus	29.0 kg/cm^2	33.02%	\$4.840	12.8%
Muestra de tierra con paja + 5% cactus	30.0 kg/cm^2	37.6%	\$5.340	24.5%

Fuente de las tablas : Elaboración Propia

Conclusiones

En base a la relación costo-beneficio, la mejor opción es optar por el agregado de **FIQUE** como se dijo anteriormente ya sea con o sin él cactus, ya que las muestras constituidas de este material mostraron los mayores porcentajes de resistencia que van del 5,5% al 60,5%, y su aumento en el precio va entre el 11.6% al 18.6%. Esto nos muestra que, aunque aumente un poco más el precio, obtendremos una mejor tierra mucho más resistente ante estos esfuerzos físicos y mecánicos gracias a este agregado natural. En conclusión, este mejoramiento en la tierra hará que diferentes estructuras en Colombia a nivel rural tengan una resistencia ya superior al 50% ante fuertes movimientos y demás agentes externos que puedan enfrentar estas construcciones con tierra, ya que estos agregados son muy fáciles de conseguir en su entorno y constan solo de su adición en la tierra sin ningún proceso de más.