

Capítulo 1

Fundamentación del Problema Científico

1- Planteamiento y fundamentación del problema

En Tarija es necesario implementar una técnica constructiva que responda las necesidades actuales económicas -sustentables, especialmente en sectores de menores ingresos económicos, esto determina el propósito de estudiar el muro de tapial, en Tarija el suelo ha sido y continuará siendo un material apto para la construcción de viviendas, y su empleo forma parte de la idiosincrasia de un sector nada despreciable del pueblo tarijeño.

Unos de los principales problemas que atravesamos es el desconocimiento de las técnicas de construcción de este sistema en Tarija por la inexistencia de profesionales que las utilizasen en la actualidad habiéndose quedado éstas fuera del circuito de la construcción convencional, falta de estudios de las tierras de la zona, además de la incomprensión de sus dosificaciones necesarias, sus posibilidades en cuanto a procesos de estabilización, y falta de estudios de sus propiedades en Tarija.

Todo esto sumado al prejuicio que tiene una parte de la población actual que piensa que las construcciones en tierra cruda son subdesarrollo.

Cuáles son los parámetros y dosificaciones adecuadas para lograr un muro de tapial resistente al clima de Tarija?

2 - Objetivo general

El objetivo de la investigación es determinar las dosificaciones más adecuadas de los materiales que se utilizan en el muro de tapial con el objeto de mejorar sus propiedades físicas-permeables con técnicas de construcción modernas.

3 - Objetivos específicos

- Determinar las principales características y composición de los suelos que se utilizaran en el muro de tapial
- Determinar el nivel de resistencia de los bloques elaborados con distintas dosificaciones y materiales
- Construir un muro de tapial y observar estética y resistencia al clima de Tarija

4 - Marco teórico general

El uso de la tierra en la construcción está presente desde las primeras manifestaciones del hombre, en casi todas las regiones del mundo. Este sistema fue usado en Latinoamérica con anterioridad a la llegada de los conquistadores, que a su vez también lo empleaban en su lugar de origen. La técnica de muros de tapial o tierra apisonada fue bien conocida por siglos en todos los continentes del mundo como técnica tradicional de construcción de muros. De hecho en Asiria se encontraron cimientos de tierra apisonada que datan del año 5.000 a. C.



Fig.1 Ruinas de Asiria

4.1 - El tapial en el mundo

Es pues el empleo de la tierra cruda una técnica constructiva que enlaza con las tradiciones locales antiguas de prácticamente todos los lugares del mundo en donde se sigue

empleando en la actualidad. La expansión mundial del uso de tierra cruda en la construcción, aparte de las áreas geográficas mencionadas anteriormente, abarca también otras zonas como Asia, Australia, Sudáfrica o Groenlandia.

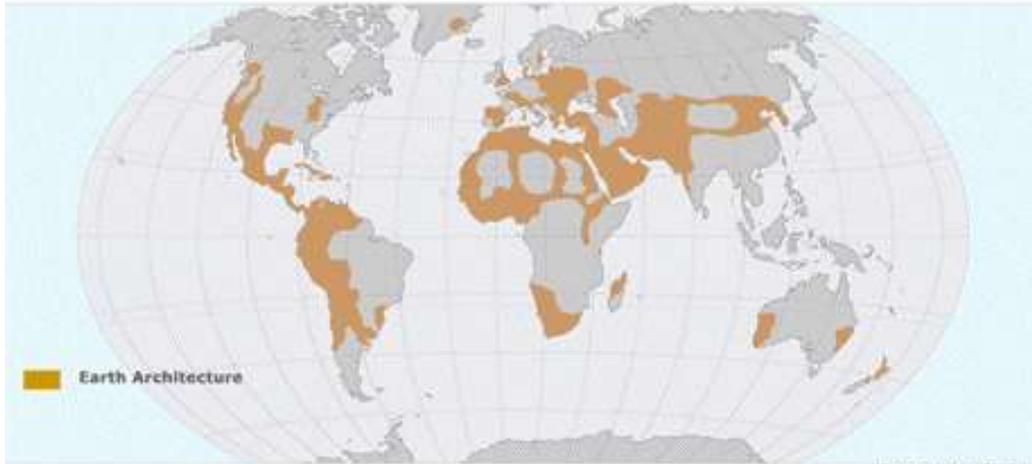


Fig.1.1

Expansión de la técnica de la construcción con tierra cruda

AFRICA



Fig.1 .2 Mezquita de Jenne, Malí



Fig.1 .3 Mezquita Kani Combole, en el país Dogón, Malí

YEMEN



Fig.1 .4 Shibam, Yemen

CHINA



Fig.1 .5 'tulous' se ubican en los distritos de Yongding y Nanjing

ESPAÑA

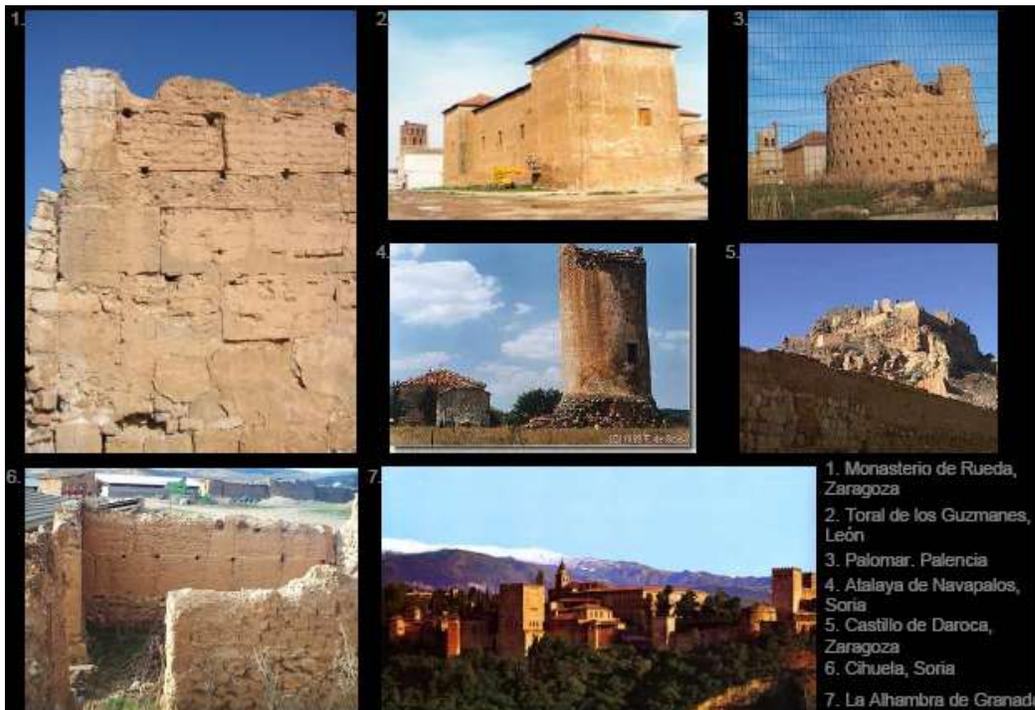


Fig.1.6

MEXICO



Fig.1 .7 La pirámide del Sol en Teotihuacan fue construida con tierra pisada

PERU



Fig.1 .8 Ingreso Principal a la Plaza Ceremonial de la ciudadela de Tschudi. Restaurada



Fig. 1.9 crisis energética

El impacto de la construcción de tierra con la era moderna y la industrialización condujo a los países más industrializados al abandono de estas técnicas de construcción, sustituidas por el ladrillo, el hormigón, el acero y el vidrio principalmente. En lugares y países menos desarrollados la tierra continuó siendo el principal material utilizado cuando su disponibilidad local lo permitía, por ser un recurso de bajo coste, fácil manejo y suficientemente sencilla como para posibilitar la autoconstrucción.

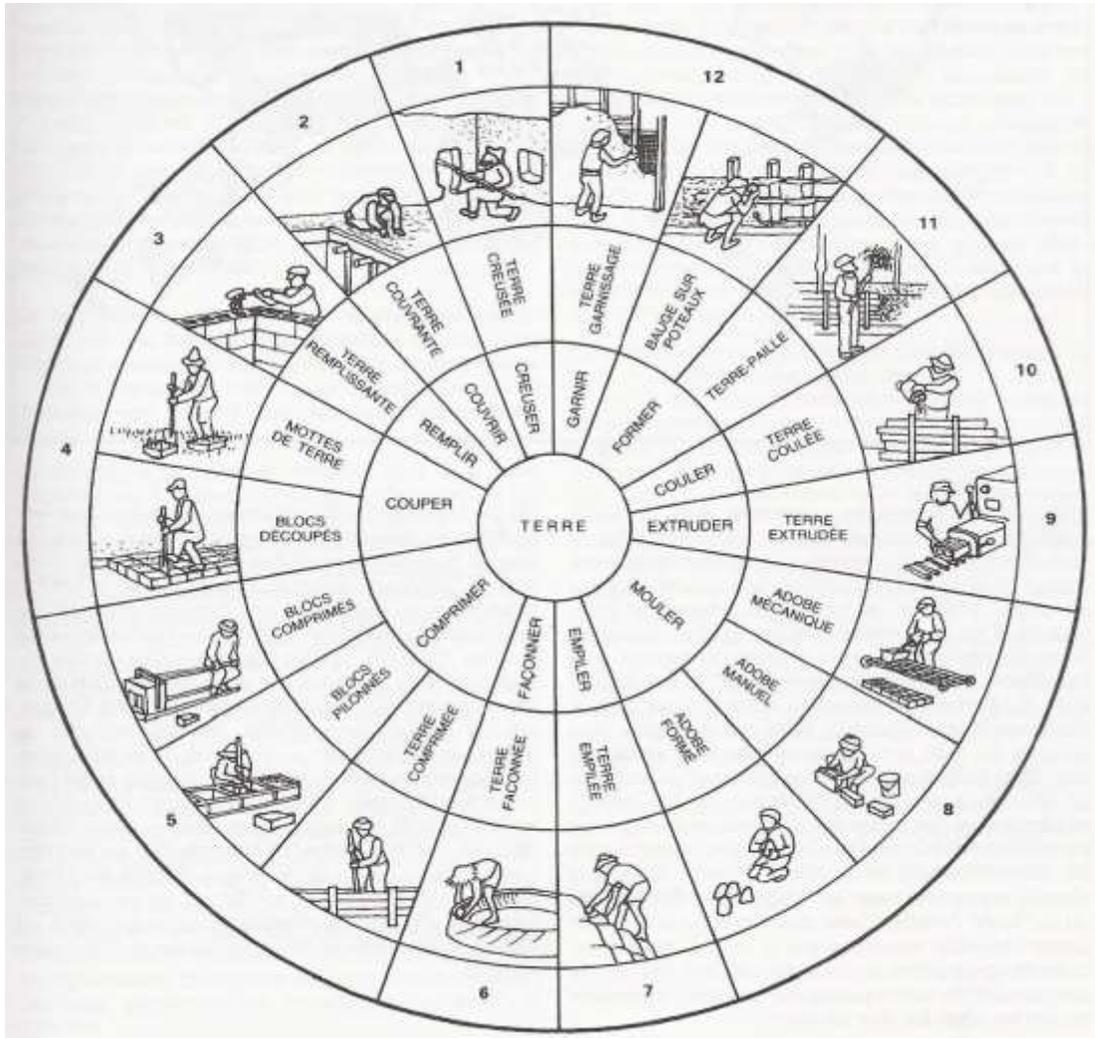


Fig. 1.2 Tierra y sus usos

La tierra cruda es uno de los principales materiales de construcción utilizados a lo largo de la historia por el ser humano para solucionar sus necesidades habitacionales desde que éste empezó a construir las primeras agrupaciones de casas que con el tiempo se convirtieron en pueblos y ciudades. Más de veinte técnicas diferentes de construcción con tierra adaptadas a las necesidades ambientales y socioculturales se han desarrollado a lo largo de los siglos hasta nuestros días, donde más de un tercio de la población mundial habita en viviendas de tierra distribuidas en los cinco continentes

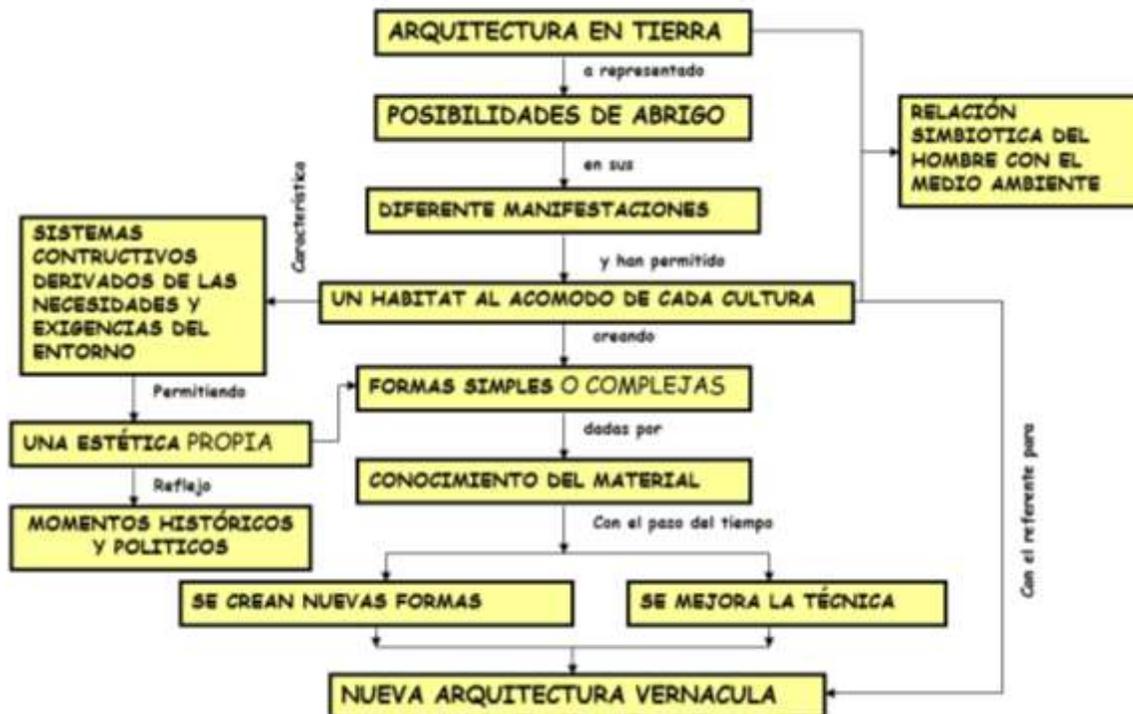


Fig.1.2.1

4.2 - Tapial (definición)

La Tapia Pisada es un procedimiento por medio del cual se construyeron y construyen edificaciones en tierra, sin sostenerlas con piezas de madera u otros materiales. Este método consiste en apisonar tierra preparada capa por capa, en medio de dos tablonces con el espesor normal de los muros de piedra. Apisonada de esta manera, la tierra se liga, toma consistencia y forma una masa homogénea, que puede ser elevada hasta la altura necesaria para una vivienda o construcción. Esta tecnología mecanizada para ejecutar muros de barro apisonado con relación a la construcción convencional con ladrillos no es solo una alternativa viable desde el punto de vista ecológico sino económico

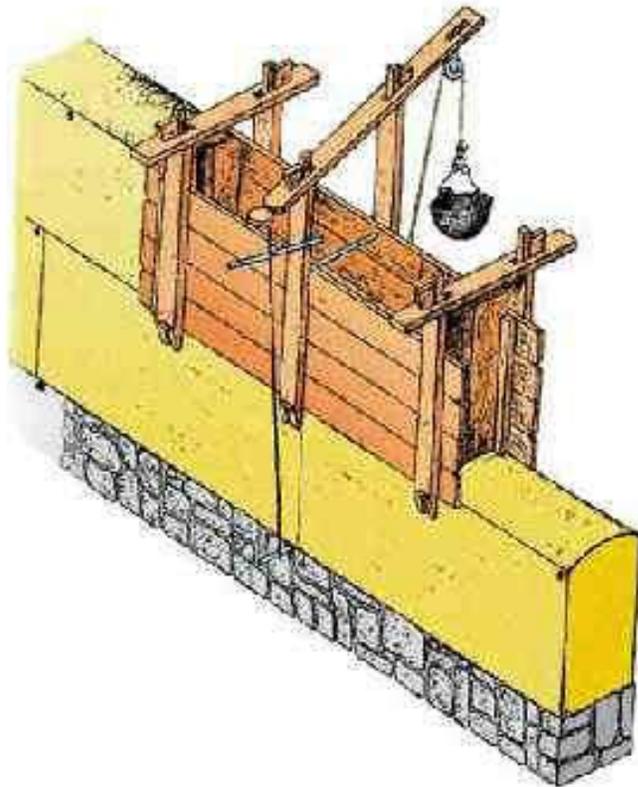


Fig.1 .2.2 Técnica antigua de apisonado

En comparación con técnicas en las que el barro se utiliza en un estado más húmedo, la técnica del tapial brinda una retracción mucho más baja y una mayor resistencia. La ventaja con relación a las técnicas de construcción con adobe es que las construcciones de tapial son monolíticas y por ello tienen una mayor durabilidad.”

4.3 Características de la técnica del tapial

Apariencia

El color de las paredes de tierra apisonada se determina por la tierra y agregado utilizado. El proceso de ataque de munición procede capa por capa y se puede introducir la aparición de estratificación horizontal de las paredes, que pueden mejorar la apariencia general. Puede ser controlado como una función o se elimina.

Los agregados pueden ser expuestos y efectos especiales creados por la adición de diferente material coloreado en algunas capas, y elementos tales como piedras de características u

objetos, huecos o piezas moldeadas de socorro se pueden incorporar en las paredes de tierra apisonada, a un precio. Acabados inusuales se pueden lograr mediante la inclusión de formas en el encofrado que se pueden liberar después de que la pared ha sido apisonada



Fig.1 .2.3 Muro en los Laboratorios de Investigación Ambiental en Tucson, Arizona.

Esquinas biseladas, que permiten a las paredes para facilitar el descarte del encofrado, son visibles. Acabados cepillados ayudan a reducir las marcas de encofrado que pueden crear una apariencia similar al hormigón, pero esto sólo es necesario con ingredientes tamaño de grano fino.



Fig.1 .2.4 Foto: Paul Downton

Curvas verticales pueden estar formadas por impacto con cuidado a lo largo de una guía dibujada en el interior del encofrado. Curvas horizontales también son posibles, pero requieren especializada, y por lo tanto caro, encofrado.

Capacidad estructural

Tapial es muy resistente a la compresión y se puede utilizar para la construcción portante de varios pisos. La investigación en Nueva Zelanda indica que los muros de tierra monolíticos se desempeñan mejor en condiciones de terremotos que los hechos con ladrillos o bloques separados. Un hotel de cinco plantas en Queensland está construida de tapial estabilizado. Tierra apisonada puede diseñarse para lograr razonablemente altas resistencias y ser reforzada de una manera similar al hormigón, aunque no se recomienda refuerzo horizontal y refuerzo vertical excesiva puede causar grietas problemas (ver sistemas de construcción).

Características estructurales interesantes, incluyendo paredes inclinadas, se han construido en tapial. Cualquier dificultad asociada con la colocación y apisonamiento alrededor del refuerzo se puede aliviar mediante una cuidadosa gestión del proceso de construcción y no tienen por qué aumentar significativamente el costo.



Fig.1 .2.5 Perth embestido casa tierra

Masa térmica

Tapial se comporta como albañilería pesada con una elevada masa térmica. La masa térmica absorbe o 'frena' el paso del calor a través de un material y luego lo libera ese calor cuando la temperatura ambiente que rodea va hacia abajo. Todas las demás cosas son iguales, un edificio de masas de alta como tierra apisonada se mantiene cerca de la media de 24 horas para la época del año.

Utilizado correctamente, y en el clima adecuado, la masa térmica del tapial puede retrasar el flujo de calor a través de la envolvente del edificio por tanto como 10 a 12 horas y puede igualar las variaciones diarias de temperatura.

Paredes de tierra compactada en vigor desde que la diferencia entre el día y la noche al aire libre es de al menos 6 ° C. Cuando la amplitud diurna es mayor de 10 ° C, un diseño adecuado puede explotar la alta masa térmica de tierra apisonada con muy buenos resultados.

En climas fríos o bien ubicados las paredes de tierra apisonada (por ejemplo, paredes de la característica dentro de un sobre bien aislado) pueden suministrar una batería de almacenamiento térmico útil.

Aislamiento acústico

Una de las mejores maneras para aislar contra el sonido es tener masa monolítica, que proporciona tierra apisonada muy bien. Tiene excelentes características de reverberación del sonido y no genera los ecos duros características de muchos materiales de pared convencionales.

Fuego y resistencia a los parásitos

No hay componentes inflamables en un muro de tierra apisonada y su resistencia al fuego es, pues, muy buena. En las pruebas realizadas por el CSIRO una gruesa pared de 150 mm de bloques de tierra apisonada-Cinva (similar a la tierra apisonada) dieron una calificación de resistencia al fuego zona de Four hora. No hay una cavidad para albergar parásitos y nada en el material para atraer o apoyarlos por lo que su resistencia al ataque de los parásitos es muy alta.

La durabilidad y la resistencia a la humedad

La tecnología básica ha existido desde hace miles de años y hay muchos edificios de tierra apisonada aún en pie que tienen siglos de antigüedad. El tapial generalmente poseen una alta durabilidad, sino todo tipo de muros de tierra apisonada son porosas por naturaleza y necesitan protección contra la lluvia torrencial y la exposición a largo plazo a la humedad.

Mantener la protección del agua a las partes superiores e inferiores de las paredes. La exposición continua a la humedad puede degradar la estructura interna de la tierra por la inversión de la estabilización con cemento y permitiendo que las arcillas se expandan. En general, tierra apisonada sí tiene de moderada a buena resistencia a la humedad y la más moderna australiana muros de tierra apisonada no requiere impermeabilización adicional. Nuevos aditivos repelentes al agua que las paredes impermeables a través pueden hacer tierra apisonada adecuada para condiciones muy expuestas, incluyendo muros de contención, pero pueden inhibir la transpiración del material.



Fig.1.2.6 Foto: tierra apisonada Construcciones Pty Ltd

El tapial se presta para usar con la madera y materiales naturales.

Transpirabilidad y toxicidad

Siempre que no se sella con un material que es impermeable a las moléculas de aire, tierra apisonada mantiene su transpirabilidad. Paredes acabadas son inertes pero tenga cuidado en la elección de impermeabilización o anti-polvo acabados para evitar la adición de toxicidad a las superficies.

4.4 Estabilización del suelo

Generalidades

Cuando se han llevado a cabo ensayos con las tierras que se pretende utilizar para construir y sus características no resultan apropiadas, pero tampoco se cuenta con otras fuentes cercanas de obtención, entonces es posible emprender acciones para su mejoramiento a través de lo que se conoce como procesos de estabilización.

Se trata de métodos que a través de siglos de experiencia han permitido la alteración de la respuesta constructiva de la tierra mediante el agregado de componentes adicionales que subsanan su posible vulnerabilidad. Además, estas técnicas pueden dar un beneficio adicional al incrementar las capacidades de suelos cuyas relaciones granulométricas sean de por sí adecuadas.

Los métodos de estabilización en función del origen de los materiales que se agregan y de su interrelación con el suelo original. Se trata de los procesos denominados homogéneos y los heterogéneos.

4.4.1 Procesos homogéneos

Los métodos de estabilización de tipo homogéneo consisten en la modificación de las proporciones relativas de la granulometría natural del suelo a través de agregado de los componentes deficitarios.

En un extremo, se presenta por ejemplo el caso de un tipo de tierra considerada inerte, lo que se evidencia en su falta de cohesión y su desmoronamiento al presionarla entre las manos. Esta condición se puede deber a que las arcillas que contiene son muy inactivas, o que resultan proporcionalmente escasas en comparación con la cantidad de limo y arena del conjunto.

Para lograr un equilibrio en este caso, se puede estabilizar el suelo agregando una mayor cantidad de arcilla hasta lograr su acondicionamiento óptimo.

En el polo opuesto, se presenta un tipo de suelo excesivamente inestable, lo que se evidencia por la aparición de fisuramientos durante el secado, como consecuencia de las fuertes modificaciones derivadas del hinchamiento y la retracción volumétrica. Esta condición se puede deber a que el tipo de arcilla que contiene es muy activo o a que posee demasiada arcilla en comparación con la cantidad de limo y arena.

Para lograr un equilibrio en este caso lo que puede hacerse es estabilizarla agregando estas últimas cargas para obtener una reacción estable del conjunto.

En ambos métodos la estabilización se debe realizar mediante la adición en seco del material estabilizante y, como se explicó anteriormente, se hace necesario desarrollar series de pruebas a partir de modelos de aplicación para determinar las proporciones óptimas.

En la medida de lo posible se ha de procurar que los materiales incorporados sean semejantes a los del suelo natural, hecho que se evidencia con la simple observación de su textura y color.

Los procedimientos son sumamente sencillos y económicos, y los resultados son muy evidentes casi de manera instantánea a través de la verificación del aminoramiento de los fenómenos de agrietamiento derivado de la retracción o del desmoronamiento después del secado.

4.4.2 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.

4.4.3 Consolidantes

Los estabilizantes por consolidación proporcionan 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.

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 compresión y cortante, además de disminuir sus niveles de absorción hídrica y, por lo tanto, su posible retracción al secado.

La cal presenta la cualidad adicional de no modificar la porosidad de la tierra, con lo que se mantiene tanto su capacidad de adherirse a otros materiales constructivos como su virtud de permitir el intercambio de aire y vapor de agua con el medio ambiente, que la hacen funcionar como un sistema natural de control higrotérmico.

4.5 Materiales del tapial

Limo

Mezcla de tierra rica en nutrientes, y agua, que se produce en el suelo a causa de las lluvias, inundaciones, etc.



Fig.1.2.7 Limo

Descripción Ampliada

El limo posee una granulometría comprendida entre la [arena fina](#) y la [arcilla](#). Su formación es de sedimentos transportados en suspensión por las corrientes de agua tales como ríos y arroyos, y por efecto del viento.

El limo se deposita en el lecho de los ríos o sobre terrenos inundados.

El diámetro de las partículas de **limo varía de 0,002 mm a 0,06 mm.**

Como no es un [material cohesivo](#), presenta problemas para construir sobre el mismo, por ello, las obras a realizar en dichos terrenos requieren de [sistemas especiales de cimentación](#).

El limo se clasifica en:

- **Limo orgánico:**

Lodo, barro con restos vegetales.

- **Limo inorgánico:**

Lodo que posee en su composición polvo de rocas. (P.ej.: [loess](#) pampeano, es limo fino sin estratificación).

- Cieno
- Lodo
- Loess

4.5.1 - Arcillas

Las arcillas son aquellas sustancias terrosas formadas principalmente por silicatos aluminicos con materia coloidal y trozos de fragmentos de rocas, que generalmente se hacen plásticas cuando están húmedas y pétreas por la acción del fuego. Estas propiedades dan a las arcillas su utilidad, puesto que se les puede moldear en casi todas las formas, las cuales conservan después de ser sometidas a la acción del fuego. La arcilla tiene muchos otros usos además de la cerámica, principalmente en la construcción y fabricación.



Fig.1.2.8 Arcilla de colores

La arcilla no es un mineral sino un agregado de minerales y de sustancias coloidales que se han formado mediante la desintegración química de las rocas aluminicas. Está compuesta principalmente por sílice, alúmina y agua; conteniendo también otras sustancias como fragmentos de rocas, de óxidos hidratados de hierro, álcalis y materiales coloidales. En esencia los minerales de la arcilla son silicatos de aluminio.

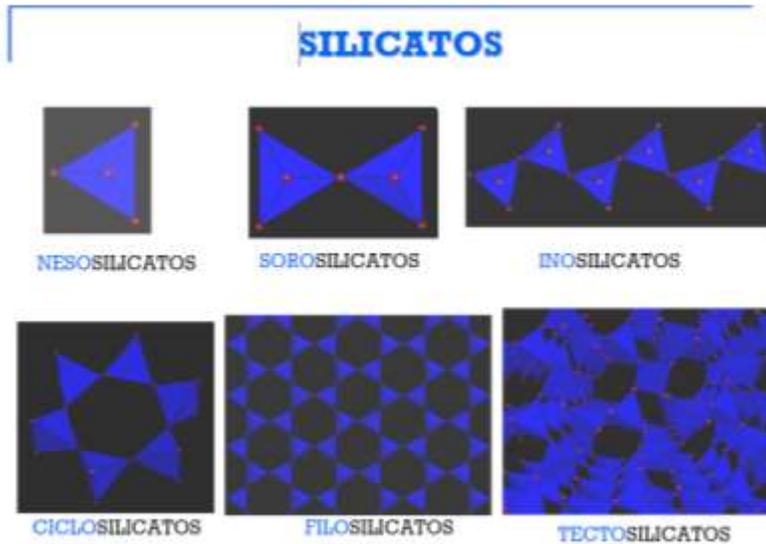


Fig.1.2.9 Silicatos sus formas

En algunas arcillas los elementos alcalinos se presentan como constituyentes; en otras el magnesio, el hierro o ambos elementos sustituyen total o parcialmente al aluminio. La mayoría de las arcillas se han formado por la desintegración de rocas con un alto contenido de alúmina, a pesar de que algunas son producto del metamorfismo. Estas últimas aparecen sólo en pequeñas cantidades.

Como roca, en geología una arcilla es un material fino, terroso, natural, compuesto por los minerales arcillosos. De esta forma se incluyen, además de las arcillas propiamente dichas, las lutitas y los suelos que tengan propiedades argiláceas.

4.5.2 - Arena

La arena es un material inerte (sin vida) que se acumula debido a procesos de erosión de zonas pedregosas. La erosión pueden provocarla el viento o el agua

Por lo general, es muy fina, parecida a la harinilla, aunque puede tener varios rangos de finura (delgada o más gruesa).



Fig.1.3 Arena de río

La arena, como material natural, se la puede encontrar en:

- Desiertos
- Zonas costeras
- Lechos de ríos

Las arenas presentan tonalidades muy diversas (blancas, amarillentas, verdosas, grises, pardas, negras, etc.) según su composición química y mineralógica. Un buen ejemplo lo constituyen las arenas de utrillas del Cretácico Inferior, caracterizadas por presentar una gran variedad de colores. Constituye una fracción considerable de los suelos, y forma importantes depósitos superficiales tanto en ambientes continentales (zonas áridas, cursos fluviales), como marinos (plataforma continental) y costeros.

La progresiva compactación y cementación de los depósitos arenosos termina por consolidarlos hasta constituir una arenisca, o roca sedimentaria de origen detrítico.

Aunque todas las arenas podrían utilizarse en la construcción, formando parte de mezclas de albañilería, la única que se usa para tal efecto es la arena procedente de los lechos de ríos

4.5.3 - Cemento

El cemento es un material que resulta de la combinación de arcilla molida con materiales calcáreos de polvo, en tanto, una vez que entran en contacto con el agua se solidifica y vuelve duro. Es mayormente empleado a instancias de la construcción, justamente por esa solidez que reviste, como adherente y aglutinante.



Fig.1.3.1 Cemento

Hay dos tipos de cementos, dependiendo del origen que presente el mismo: de origen arcilloso, logrado a partir de arcilla y piedra caliza; y por otra parte el puzolánico, que contiene puzolana, un material aluminio silíceo que empleaban en la Antigua Roma para producir el cemento hasta la aparición del cemento portland en el siglo XIX. La mencionada puzolana puede provenir de volcanes o disponer de un origen orgánico.

Por lo expuesto al cemento se lo considera como un material conglomerante dado que es capaz de unir partes de varios materiales y darles cohesión a partir de diversas modificaciones químicas en la masa

El cemento portland es un cemento hidráulico que una vez que se mezcla con agua, fibras de acero y áridos se vuelve una masa de características pétreas, sólidas y que se destaca por su larguísima duración. Es la estrella de las construcciones para preparar el hormigón.

4.5.4 - Cal

La cal es el producto que se obtiene calcinando la piedra caliza por debajo de la temperatura de descomposición del óxido de calcio. En ese estado se denomina cal viva (óxido de calcio) y si se apaga sometiéndola al tratamiento de agua, se le llama cal apagada (hidróxido de calcio).



Fig.1.3.2 Cal apagada

Tipos de cal

- Cal Viva: Se obtiene de la calcinación de la caliza que al desprender anhídrido carbónico, se transforma en óxido de calcio. La cal viva debe ser capaz de combinarse con el agua, para transformarse de óxido a hidróxido y una vez apagada (hidratada), se aplique en la construcción.

- Cal hidratada: Se conoce con el nombre comercial de cal hidratada a la especie química de hidróxido de calcio, la cual es una base fuerte formada por el metal calcio unido a dos grupos hidróxidos.
- Cal hidráulica: Cal compuesta principalmente de hidróxido de calcio, sílice (SiO₂) y alúmina (Al₂O₃) o mezclas sintéticas de composición similar. Tiene la propiedad de fraguar y endurecer incluso debajo del agua

4.5.5 - Paja



Fig.1.3.3 Paja de arroz.



Fig.1.3.4 Balas o fardos de paja.

La **paja** es el tallo seco de ciertas gramíneas, especialmente los cereales llamados comúnmente de “caña” (trigo, avena, centeno, cebada, arroz, etcétera), una vez cortado y desechado, después de haber separado el grano o semilla mediante la trilla.

Variedades

La altura de la paja varía según las especies y variedades cultivadas. Por ejemplo, ciertos tipos de [trigo](#) denominados *de caña corta*, han sido seleccionados precisamente para prevenir el riesgo de [encamado](#). Sin embargo, existen también tratamientos que permiten limitar el crecimiento de las cañas con el mismo fin.

Usos



Fig.1.3.5 paja secada

La paja se comercializa generalmente en pacas o en rollos, y su valor puede verse afectado por lo limpia y pura que ésta se considere, lo que revierte en una mayor o menor calidad del producto.

En otros tiempos, la paja era una parte vital de la [cosecha](#), pero con la llegada de las [cosechadoras](#) (1950), y de las sembradoras de *labranza cero* (1990) la paja podría llegar a ser una carga, un estorbo para los [granjeros](#). A pesar de todo, aún hoy en día se sigue considerando muy útil en infinidad de empleos, que van desde para reincorporarlo al terreno, ayudando así a la recuperación de [materia orgánica](#) del [suelo](#) a usarlo como material de construcción.

He aquí una lista de los usos más frecuentes de la paja:

- Como litera o cama para animales domésticos (sobre todo [caballos](#), ganado bovino y ovino), formando, así, la base del [estiércol](#).
- Como alimento del [ganado](#), aunque de calidad mediocre, para los [rumiantes](#), únicos animales de cría capaces de digerir la [celulosa](#) contenida en la paja, gracias a la actividad microbiana de su estómago. Para hacerla más apetecible, y para mejorar su valor nutritivo, puede añadirse diversos productos ([urea](#), [melaza](#), etc.). La paja es un producto útil en caso de penuria, sobre todo durante los períodos de [sequía](#) que agotan la producción de [forraje](#) en las zonas de cría ganadera; sin embargo, un [bovino](#) alimentado exclusivamente de paja adelgaza rápidamente.
- Como protección del suelo, en forma de *pajote* ('capa de paja'), especialmente en [horticultura](#). Es en este sentido que se usa para mantener la humedad después de haber sembrado [pasto](#). La paja es, pues, una más de las alternativas dentro del grupo de materiales protectores de la capa húmeda del suelo, junto a la [corteza](#) de [pino](#), o incluso a las láminas de [material plástico](#). Como [fuente de energía](#), bien sea usada directamente como [combustible](#), o a través de procedimientos de transformación que dan lugar a [carburantes](#) de mejor calidad medioambiental, tales como: el [biogás](#) (obtenido por [fermentación](#)), el [carbón vegetal](#) (obtenido mediante [pirólisis](#)) o el (aún en estudio) [etanol](#).
- Para ponerla donde el suelo está muy mojado y lodoso.
- La paja de algunas plantas, como los [cereales](#), puede utilizarse como material de construcción ([Bioconstrucción](#))
- Como fuente de celulosa para fabricar [papel](#)
- En la ciudad de [San Juan de Pasto](#), al sur de ([Colombia](#)) en [Sudamérica](#), la paja o tamo es usada por los artesanos para recubrimiento decorativo, o [taracea](#), de objetos de madera (Ver: [Enchapado en tamo](#)).
- Construcción de viviendas con fardos de paja: uno de los materiales más antiguos usados en la construcción de viviendas es la paja, que en nuestros años modernos es enfardada y usada en construcciones de viviendas auto soportante.

Tejados de paja: una cubierta con vegetación seca como paja, carrizo, juncia, junco y brezo y colocándola en capas, de forma que el agua se elimine lejos de la cubierta interna. En Sudamérica se llaman quinchos y ese nombre también alcanza para construcciones que se adosan a las viviendas comúnmente para hacer asados.

4.6 - Sistemas y técnicas de construcción con tapial

- Tapia con tierra en estado natural, en la que tan sólo se produce un cribado, aireado y humedecimiento de la misma previo a su compactación.
- Tapia de tierra mejorada con grava, cascotes u otros materiales de forma que garanticen una mejor compactación y aumento de resistencia. Una de las soluciones tradicionales es la adición de cal mezclada con la tierra conocida como tapia real.
- Tapia reforzada en las caras, donde a diferencia del caso anterior, los refuerzos (normalmente piedras) no se mezclan sino que se disponen junto a las caras del tapial antes del apisonado de cada tongada, permitiendo una mejor adherencia del revoco. Técnicas similares son aquéllas en las que el careado se ejecuta con ladrillos (característico de las tapias valencianas) o con pelladas de cal (calicostrado).
- Tapia reforzada: Se aplica una junta de mortero de cal o yeso entre los bloques de tapial. Reduce la retracción, mejora la trabazón y los puntos débiles.
- Tapia con machones: El tapial actúa como relleno entre machones que reciben las cargas (zonas de mayor resistencia de ladrillo, adobe o yeso). En ocasiones se refuerzan también las juntas horizontales con varias verdugadas.
- Tapia con entramado de madera: Un entramado de madera recoge y transmite las cargas de la edificación, cumpliendo el tapial una función de cerramiento. Cualidades antisísmicas.
- Tapial con geomalla: se refuerza el tapial con un revoco por las dos caras que integra una geomalla (mallatex) con lo que la fábrica cualidades antisísmicas. (Las mallas geosintéticas se fabrican con polímeros muy resistentes: polipropileno, polietileno y el poliéster.

4.7 - Arquitectura Km 0

Las emisiones de CO₂ de los materiales de construcción se producen básicamente en la fabricación y en el transporte de los materiales.

Para cuantificar la energía invertida en la fabricación de los materiales tenemos en cuenta la energía invertida en la extracción de las materias primas, la manipulación de éstas (triturado, fundido...etc.), la fabricación del material de construcción (extrusión, cocción, secado, pulido...etc.).

Para cuantificar la energía invertida en el transporte de los materiales tenemos en cuenta, a groso modo, los transportes desde el punto de extracción de la materia prima al punto de fabricación, de la fábrica a los almacenes y finalmente de los almacenes a las obras, y todos estos recorridos habitualmente transcurren entre diferentes países.

Hablar en términos de energía equivale a hablar en términos de emisiones de CO₂. La mochila energética que llevan los materiales de construcción es considerable. La manera más eficiente de reducirla es utilizar materiales locales poco manipulados, éstos son los materiales que llamamos de Km0. La tierra (de Km0), se utilizará en los cerramientos y la estructura portante lo que supone, respecto al total del peso de la edificación, cerca de un 80%. Para la selección del resto de los materiales de la obra, el origen y su manipulación es un factor determinante.

Palabras claves: tierra, tapial, sostenible, arcilla, apisonado, arquitectura, energía.

5 - Formulación de la hipótesis

Se sabrán las dosificaciones idóneas de los materiales que se utilizan en el muro de tapial, lo que mejorara sus propiedades fisicomecánicas-terricas con lo que obtendremos una tecnología de construcción más durable y sustentable que impulsara la ancestral técnica de la tapia en esta época de emergencias energéticas y preocupación social por un desarrollo más sostenible.

7- Definición de operacionalización de variables

Es un proceso que se inicia con la definición de las variables en función de factores estrictamente medibles a los que se llama indicadores

Las variables son propiedades que pueden variar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse.

Variable independiente: es la variable que antecede a una variable dependiente, la que se presenta como causa y condición de la variable dependiente, es decir son las condiciones manipuladas por el investigador a fin de producir ciertos efectos. Dentro de estas tenemos las siguientes:

Suelos con diferentes características (suelo arcilloso gris, suelo arcilloso amarillo)

Estabilizantes (arena, grava, paja, cal, cemento)

Moldes (metálicos y de madera)

Variable dependiente: es la variable que se presenta como consecuencia de una variable antecedente. Es decir, que es el efecto producido por la variable que se considera independiente, la cual es manejada por el investigador. Dentro de estas tenemos las siguientes:

Características físicas (absorción humedad, abrasión)

Características mecánicas (estabilidad, durabilidad)

Características frente a fenómenos meteorológicos (lluvia, viento, temperaturas extremas, etc.)

Capítulo 2

Diseño teórico de la investigación

8- Diseño de la investigación

El diseño de la investigación será fenomenológico y metodológico

8.1 - Diseño fenomenológico:

La fenomenología surgió como una necesidad de explicar la naturaleza de las cosas (fenómenos). Los primeros pensadores trataron de definir si era un método o una filosofía dado que lejos de ser una secuencia de pasos, es un nuevo paradigma que observa y explica la ciencia para conocerla exactamente y, de esta forma, encontrar la verdad de los fenómenos en resumen se define a la fenomenología como el estudio d los fenómenos (o experiencias) tal como se presentan y la manera en que se vive por las propias personas.

8.2 - Diseño metodológico:

La investigación se desarrolló en tres etapas; la primera se realizó en el laboratorio y consistió en hacer las pruebas necesarias a los suelos estudiados también se efectuaron pruebas en campo con las mismas, la segunda etapa fue Estabilización de suelos y construcción de probetas cilíndricas y rectangulares para efectuar distintas pruebas, y la tercera la elaboración de un muro de tapial a escala real

Con las condiciones mencionadas la investigación se considera; experimental ya que las variables independientes fueron manipuladas por el investigador y cuasi experimental; longitudinal ya que la recolección de datos se realizó de forma diaria y semanal; prospectiva ya que en la línea del tiempo se realizó a futuro; finalmente el diseño experimental es multifactorial.

Primera etapa. Trabajos preliminares

Primero se hará una recolección de muestras de tierra de san Blas para llevar a cabo los siguientes ensayos

Ensayos de laboratorio con suelos

Ensayo de granulometría: permite determinar la cantidad respectiva de los diferentes elementos que componen la muestra de tierra.

Ensayos de campo con suelos

Los siguientes ensayos sirven para determinar si la tierra de un lugar sirve para hacer un muro durable

Ensayo de lavado.

Ensayo de sedimentación.

Ensayo de caída de bola

Ensayo de cohesión (rollo)

Ensayo de permeabilidad

Segunda etapa. Estabilización de suelos

Cuando se han llevado a cabo ensayos con las tierras que se pretende utilizar para construir y sus características no resultan apropiadas, pero tampoco se cuenta con otras fuentes cercanas de obtención, entonces es posible emprender acciones para su mejoramiento a través de lo que se conoce como procesos de estabilización.

Se trata de métodos que a través de siglos de experiencia han permitido la alteración de la respuesta constructiva de la tierra mediante el agregado de componentes adicionales que subsanan su posible vulnerabilidad.

Se trata de los procesos denominados homogéneos y los heterogéneos.

Ensayos de resistencia a la compresión simple

Luego de obtener el porcentaje de la mezcla adecuada de los agregados del Tapial, se determinara el Porcentaje de Cemento para lograr la estabilización del mismo a través de cilindros con un diámetro de 11cm, y un área de 100cm²

Tercera etapa construcción muro a escala real

Construir las formaletas o moldes para el apisonamiento de los muros

Construir un muro de tapial

Puesta a prueba del muro de tapial

9 - Selección de la muestra de estudio científico

Muestreo a juicio o selectivo: los elementos son seleccionados mediante criterio personal. En zonas heterogéneas de pequeña extensión en este caso en la zona de San Blas donde se escogen puntos base los tipos de suelo estudiados arcilloso gris arcilloso amarillo con cambios notorios como textura color o relieve, etc. Este es la base de una investigación exploratoria, también se puede realizar en zonas homogéneas.

Ubicación bancos de arcilla en Cercado-Tarija

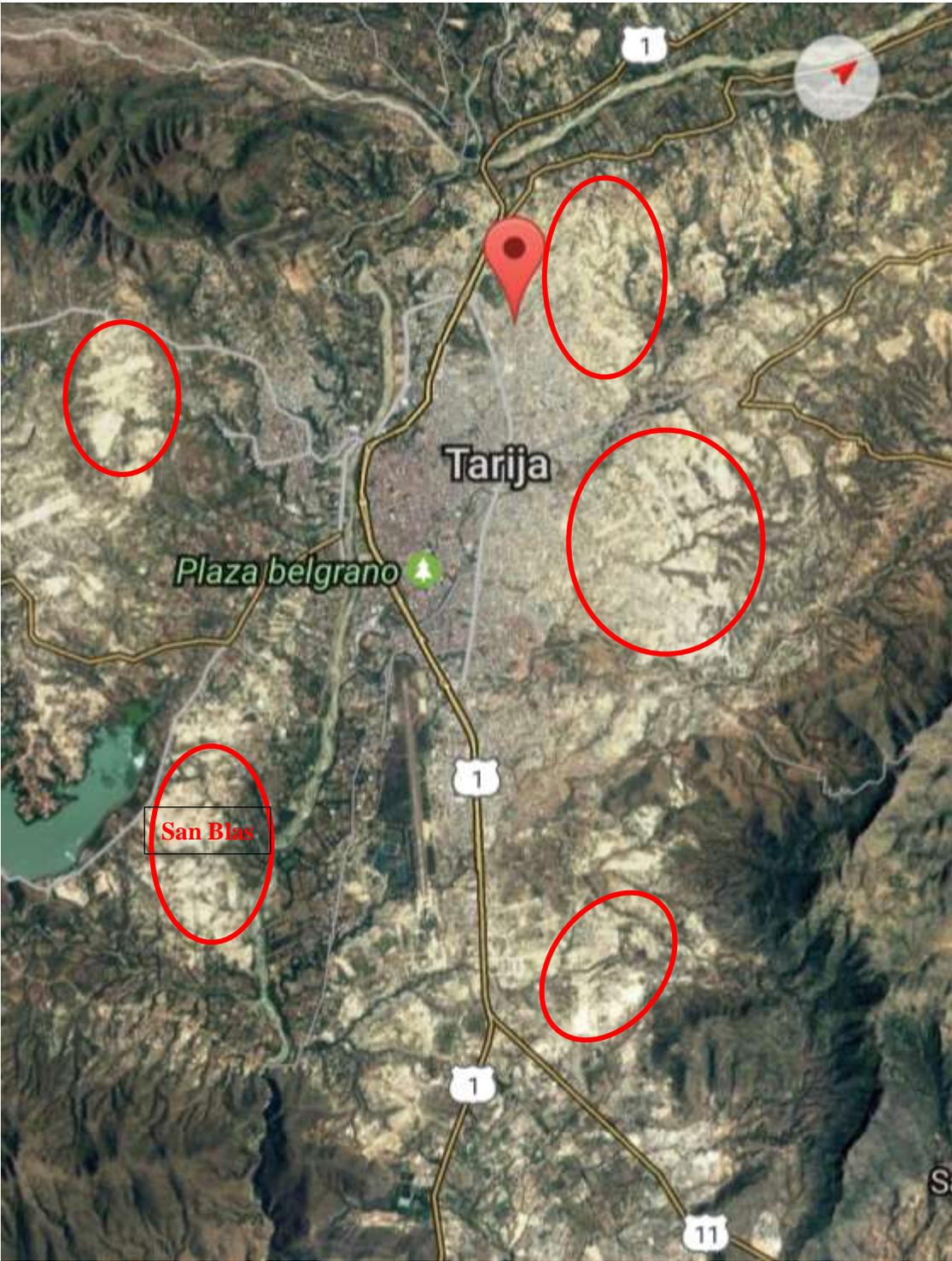


Fig .2 Mapa Cercado Tarija

La población o universo es la zona de San Blas y el objeto de estudio es el suelo arcilloso de la zona con sus procesos de estabilización el número de muestras es 2 correspondiente a los suelos encontrados



Fig.2.1 Banco arcilla Amarilla



Fig.2.2 Banco arcilla gris

El tamaño y la confiabilidad de las muestras se hizo en base al análisis de parámetros de la teoría de Gy para el “muestreo de materiales articulados “que define para caracterización de física: textura, granulometría y densidad: de 500 g a 2000 g.



Fig.2.3

Arcilla amarilla cernida

10 - Recolección de datos

El método elegido para recolección de datos es

EXPERIMENTO -fases

- PREPARACION DE DOS GRUPOS O SITUACIONES (IDENTICAS O SIMILARES)

En este caso se hizo a partir del estudio de los 2 tipos de suelos arcillosos

- OBSERVACION O MEDICION INICIAL DE AMBOS GRUPOS

Granulometría - sedimentación

- MODIFICACION CONTROLADA

Construcción de probetas de tapial

- NUEVA OBSERVACION Y MEDICION DE LA VARIACION INTRODUCIDA

Las variaciones introducidas fueron en base a estabilización grava, arena, cal, cemento y paja

- COMPARACION DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS GRUPOS O SITUACIONES

Se compararon en esfuerzos de flexo compresión

Se comparan la absorción a la humedad

11 - Aplicación de instrumentos de investigación

Instrumentos de medición para recoger datos de la investigación

Los instrumentos de medición fueron balanza electrónica reglas en cm jarras de medición en litros en laboratorio de arquitectura, anillo de resistencia a flexo compresión con curva de deformación CBR CONTROLS del laboratorio de suelos de ingeniería civil donde nos centramos en la carga puntual y por cm² calibrado de la siguiente forma :



Fig 2.4 Jarra capacidad 1 litro



Fig.2.5 Balanza electrónica



Fig.2.6 Anillo extensómetro cbr controls

CALIBRACIÓN DE ANILLO DE CBR CONTROLS

Capacidad: 50 KN

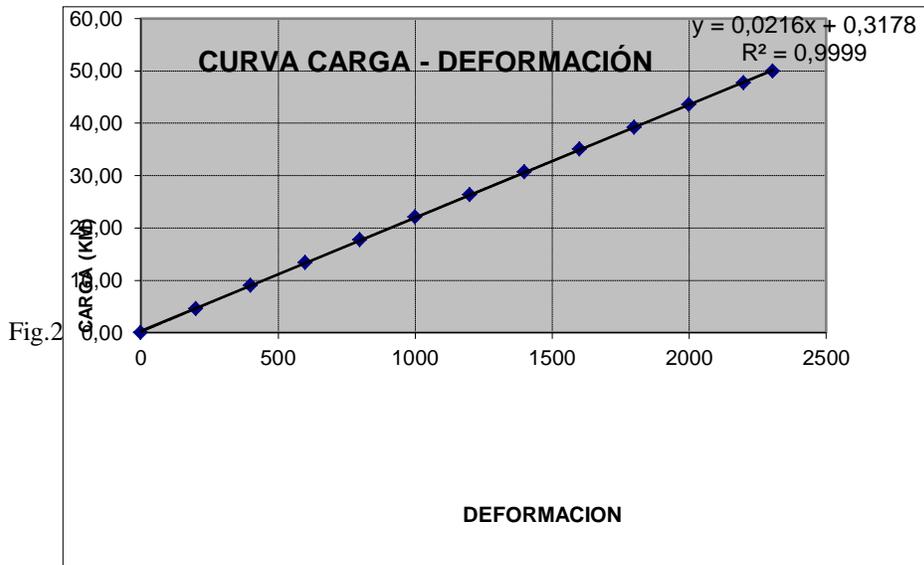
Esfuerzo: Compresión

Fecha: 29/11/2012

Código Anillo: CAT N. T1009 SERIAL 11004332

ANILLO (50 KN)	
Y = Fuerza (KN)	X = Deformación
0,0000	0
4,5662	200
9,0044	400
13,3549	600
17,7555	800
22,1153	1000
26,4008	1200
30,7142	1400
35,0420	1600

39,2436	1800
43,5344	2000
47,7731	2200
50,0000	2306



Capítulo 3

Resultados y análisis

12 - Análisis de los datos investigados

12.1 -Ensayos de campo

Ensayo de sedimentación: Se agita una muestra de barro con agua en un frasco. Las partículas mayores se asientan primero en el fondo y las más finas arriba. A partir de esta estratificación se puede estimar la proporción de componentes. Según Minke los datos de esta prueba tendrían un porcentaje de error o variación del 30%.

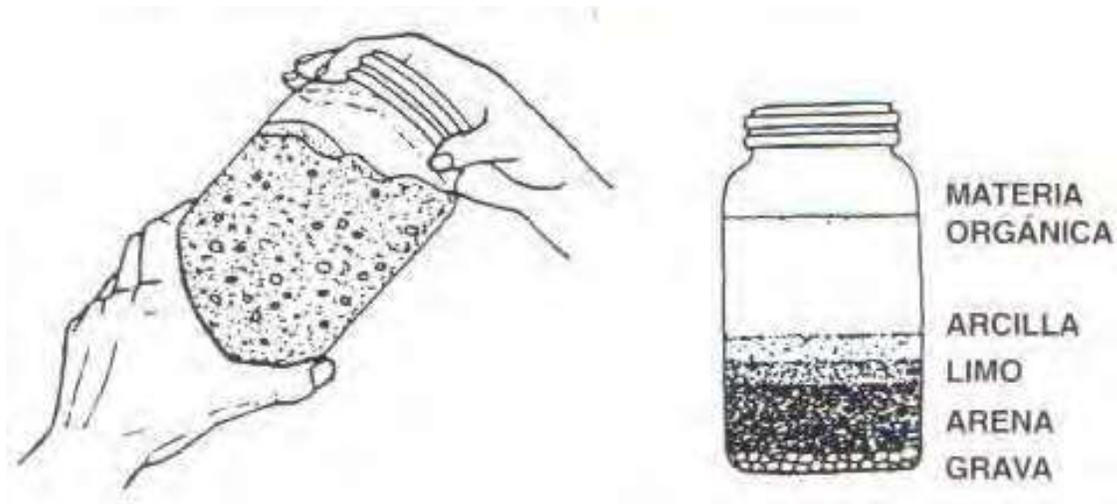


Fig.3 efecto de sedimentacion



Fig.3.1 Arcilla mixta- gris .amarilla

Alto del frasco: 12 cm

Alto del suelo sedimentado: 6 cm (100 %)

En largo (centímetros)

Tipo	Arena (CM)	Arcilla (CM)	Limo(CM)	Observaciones
Suelo arcilloso gris	-----	-----	-----	Se expande no se comprueba estado
Suelo arcilloso amarillo	0,42	4,92	0,66	
Suelo arcilloso mixto	0,3	5,16	0,54	

Tabla 1 sedimentacion

En porcentaje (%)

Tipo	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Observaciones
Suelo arcilloso gris	-----	-----	-----	Se expande no se comprueba estado
Suelo arcilloso amarillo	7	82	11	
Suelo arcilloso mixto	5	86	9	

Tabla 1.2 porcentaje sedimentacion

Ensayo de caída de bola: La mezcla a ensayar debe ser lo más seca posible y suficientemente húmeda como para formar una bola de 4 cm de diámetro. Cuando esta bola se deja caer desde una altura de 1.5 m sobre una superficie plana pueden ocurrir diferentes resultados. Si la bola se aplana levemente y muestra muy pocas o ninguna fisura, esta tiene una alta capacidad aglutinante, que proviene de un contenido de arcilla muy elevado. Por lo general esta mezcla debe rebajarse añadiendo arena. Si el ensayo muestra una apariencia como la del ejemplo de la derecha entonces esta tiene un muy bajo contenido de arcilla. Su capacidad aglutinante es por lo general insuficiente y no puede ser utilizada como material de construcción. En el caso de la tercera muestra a partir de la izquierda, esta tiene una relativamente pobre capacidad aglutinante, pero usualmente una composición que le permite ser utilizada para adobes o tierra apisonada.



Fig.3.2 Suelo arcilloso gris húmedo



Fig.3.3 Suelo arcilloso amarillo húmedo



Fig.3.4 bola de barro rota

Tipo	Capacidad aglutinante	Observación
Suelo arcilloso gris	Media capacidad aglutinante	Se fragmenta en varios pedazos
Suelo arcilloso amarillo	Se aplana levemente Alta capacidad aglutinante	Mantiene su forma

Tabla 2 ensayo caída de bola

Ensayo de cohesión. Se retiran las gravas de la muestra. Se moja, se mezcla y se deja reposar la tierra una media hora hasta que la arcilla pueda reaccionar con el agua. La tierra no debe ensuciar las manos. Sobre una plancha, se moldea un cigarro de 3 cm. de diámetro. Se empuja lentamente el cigarro hacia el vacío. Se mide el largo del pedazo que se desprendió. Se realiza 3 veces y se hace una media. Entre 7 y 15 cm es una tierra conveniente.

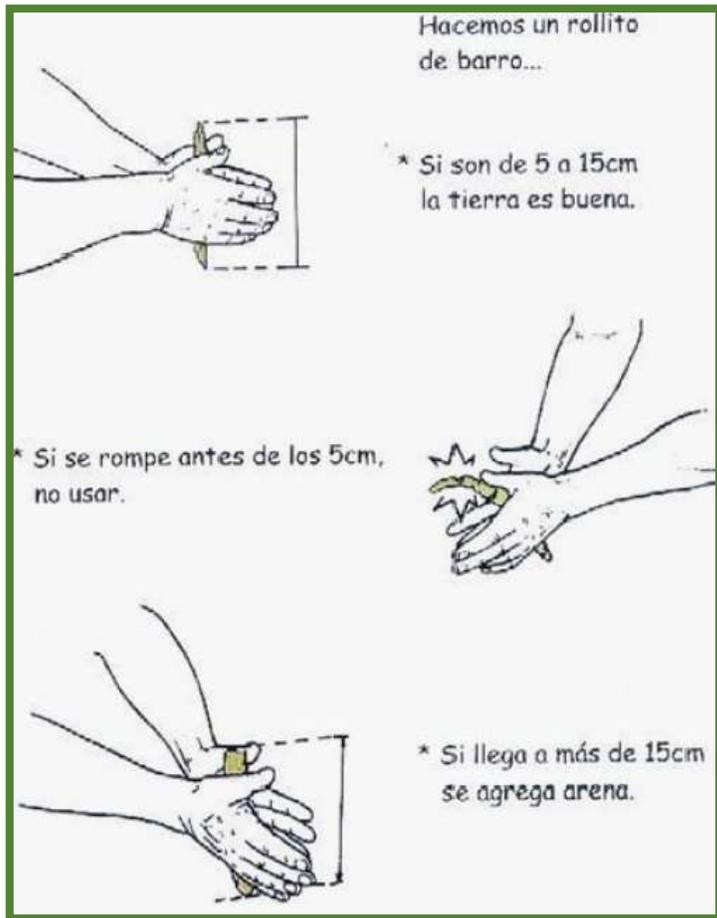


Fig.3.5 ensayo del rollo



Fig.3.6 Suelo arcilloso gris



Fig.3.6 Suelo arcilloso amarillo

Tipo	Alcance en centímetros(cm) antes de romperse	Observación
------	--	-------------

Suelo arcilloso gris	5	
Suelo arcilloso amarillo	8	

Tabla 3 ensayo de cohesion

12.2 - Ensayos de laboratorio

Granulometría: La tierra es una mezcla de arcilla, limo y arena, que puede contener también agregados mayores como grava y piedras. Se denomina arcilla a las partículas con un diámetro menor que 0.002 mm, entre 0.002 y 0.06 mm se trata de limo, y arena si las



partículas tienen entre 0.06 y 2 mm.

Fig.3.7 Cerniendo arcilla en laboratorio



Fig.3.8 Arcilla cernida en diferentes tamices



Fig.3.9 Pesando suelo arcilloso



Fig.4 .Suelo arcilloso gris en diferentes tamices



Fig.4.1 Suelo arcilloso amarillo en diferentes tamices

EN PESO

Tipo	Tamiz # 75 (gramos)	Tamiz #150 (gramos)	Tamiz #200 (gramos)	Peso total (gramos)
Suelo arcilloso gris	364,6	80	166	610
Suelo arcilloso amarillo	304,6	148,6	52,6	505

Tabla 4 ensayo de granulometria

EN PORCENTAJES

Tipo	Tamiz # 75 (%)	Tamiz #150 (%)	Tamiz #200 (%)	Total (%)
Suelo arcilloso gris	59,77	13,11	27,21	100
Suelo arcilloso amarillo	60,31	29,42	10,41	100

Tabla 4.1

12.3 - Preparación probetas cilíndricas para ensayos

Lo primero fue triturar la arcilla elegida que en este caso fue la amarilla por sus diferentes propiedades.



Fig. 4.2 Suelo arcilloso triturado

Posteriormente era muy importante humedecerla hasta un 8 % de tal manera que al tomarlo y hacer una pequeña bola con la mano esta tuviera una consistencia la cual se desarmara al moverla



Fig.4.3 Suelo arcilloso humedecido

Cortar la paja en un rango de hasta 3 cm por el tamaño de las probetas cilíndricas



Fig.4.4

Paja de 3 cm



Fig.4.5 Materiales a mezclar

Una vez listo los distintos materiales en este caso arcilla, arena, paja, cal, cemento se procede a mezclarlos rigurosamente



Fig.4.6 Mezcla de tapial en balde



Fig.4.7 Apisonando en probetas

Luego con la mezcla obtenida llenar los moldes y apisonar en tongadas no mayores a 5 cm, dar golpes constantes hasta sentir un sonido casi metálico que significa que la mezcla esta compactada.



Fig.4.8 Probetas ya llenas

Al cabo de 48 hs. desmoldar suavemente sin hacer vibrar ni golpear las probeta



Fig.4.9 Dejar

secar en un lugar sombreado para evitar contracciones y cuidar de las lluvias

Ensayo de flexocompresión simple (probetas cilíndricas 10.5 x 15 cm).



Fig.5 Probetas antes de flexocompresion

12.4 - Volumen jarra y su peso

Jarra vacía: 0.080 kg

Material	Volumen jarra(litro)	Peso (kilogramos)
Tierra arcillosa	1	1,164
Arena	1	1,308
Grava	1	1,476
Paja	1	0,120
Cemento	1	1,50
Cal	1	1,20

Tabla 5 volumen jarra y su peso

12.5 - Tipos de dosificaciones

Procesos heterogéneos : En volumen jarra (litro)

dosificación	Tierra arcillosa (l)	Arena (l)	Grava (l)	Paja (l)	Cal (l)	Cemento (l)	Total (l)
A	2,25	1,18	1,25	0,12	0,1	0,1	5
B	2,5	2,2	-----	0,1	0,1	0,1	5
C	2,75	1,73	-----	0,12	0,2	0,2	5
D	3	1,5	-----	0,1	0,2	0,2	5
E	3,25	1,23	-----	0,12	0,2	0,2	5

Tabla 6 volumen dosificaciones litros heterogeneo

En porcentaje (%)

dosificación	Tierra arcillosa (l)	Arena %	Grava %	Paja %	Cal %	Cemento %	Total (%)
A	45	23,5	25	2,5	2	2	100
B	50	44	-----	2	2	2	100
C	55	34,5	-----	2,5	4	4	100
D	60	30	-----	2,0	4	4	100
E	65	24,5	-----	2,5	4	4	100

Tabla 6.1 dosificaciones porcentajes

Procesos homogéneos

En litro jarra (l)

Dosificación	Tierra arcillosa (l)	Arena (l)	Paja (l)	Total (l)
F	1,5	3,25	0,25	5
G	2,0	2,75	0,25	5
H	2,5	2,25	0,25	5
K	3	1,75	0,25	5
L	3,5	1,25	0,25	5

Tabla 6.2 volumen dosificaciones litros homogeneos

En Porcentajes (%)

dosificación	Tierra arcillosa (%)	Arena (%)	Paja (%)	Total (%)
---------------------	-----------------------------	------------------	-----------------	------------------

F	30	65	5	100
G	40	55	5	100
H	50	45	5	100
K	60	35	5	100
L	70	25	5	100

Tabla 6.3 volumen dosificaciones porcentajes homogéneos

12.6- Ensayo a flexocompresión de las probetas

Dosificación	Peso (kg)	Tiempo 1er fisura (Min.)	Tiempo de rotura (min.)	Resistencia F: (kg/cm²)	Observaciones
A	2,463	2,07	3,3	11,06	

B	2,343	2,10	2,9	4,95	Probeta en mal estado
C	2,284	2,5	3,77	11,12	
D	3,32	4,00	5,53	10,31	
E	2,337	2,99	3,575	11,44	
F	2,12	2,65	3,567	9,76	
G	2,257	2,34	3,854	10,05	
H	2,295	2,78	3,990	10,78	
I	2,358	2,178	2,914	10,09	
J	2,417	2,987	4,076	10,24	



Fig 6 Probetas sometidas a esfuerzo de flexocompresion



Fig 6.1 Probetas rotas en ensayo en laboratorio de suelo

12.7 - Elaboración de muestra estética



Fig 6.2 molde de tapial madera



Fig 6.3 muestra tapial rectangular

Procedimiento ensayo de permeabilidad en (probetas rectangulares de 20 x 20 x 2,5 cm). Y probetas cilíndricas (10.5 x 15 cm)

Esta prueba permite conocer la resistencia de al intemperismo en las probetas preparadas con distintas dosificaciones y sometidas al goteo para simular lluvia constante.

Cuando la probeta o muestra resiste el goteo de por más de 3 horas con una intensidad de 50 a 60 gotas por minuto sin perforar 2 cm de profundidad, se considera que es material adecuado para el intemperismo



Fig 6 .4 Recipiente de agua elevado a 2 y a 1 metro el gotero de la muestra

12.8 - Ensayo de goteo en dosificaciones

Dosificación	Tiempo de goteo(profundidad de surco)			Observaciones
	30 min	1 hora	3 horas	
A	No se perciben cambios	Surco de 2 mm	Surco de 10mm	
B	Surco de 3 mm	Surco de 6 mm	Surco de 15 mm	Deleznada
C	No se perciben	Surco de 3 mm	Surco de 6,4mm	

	cambios			
D	No se perciben cambios	Surco de 1.7 mm	Surco de 7 mm	
E	No se perciben cambios	Surco de 2 mm	Surco de 6,6mm	
F	Surco de 2,5mm	Surco de 4,7 mm	Surco de 9 mm	
G	Surco de 1,6 mm	Surco de 3 mm	Surco de 8,6 mm	
H	Surco de 1 mm	Surco de 2.3 mm	Surco de 7,5 mm	
I	No se perciben cambios	Surco de 2,8 mm	Surco de 6,9 mm	
J	No se perciben cambios	Surco de 3,1 mm	Surco de 6,5 mm	

Tabla 6.5 ensayo de goteo



Fig 6.5 Tapial sometido a goteo

13 - Interpretación validez y confiabilidad de los datos obtenidos

Todos los ensayos fueron realizados con cautela además de que tienen un seguimiento fotográfico y en video, los mismos fueron realizados en campo, como en los laboratorios de Arquitectura todo bajo guía de normas peruanas así como trabajos realizados en otros países.

Además los ensayos flexocompresión y sus datos ya plasmados-tabulados efectuados con Código Anillo: CAT N. T1009 SERIAL 11004332 en el laboratorio de suelos de Ingeniería Civil fueron guiados y revisados por el técnico encargado de laboratorios de suelos y hormigones Sr. Carlos Marcelo Subía Cruz y cuentan por consiguiente con su aval y firma.

.....
Sr. Carlos Marcelo Subía Cruz

C.I: 5811293

Técnico de Laboratorio de Suelos y Hormigones

14 - Resultados obtenidos

Resultado ensayo de sedimentación

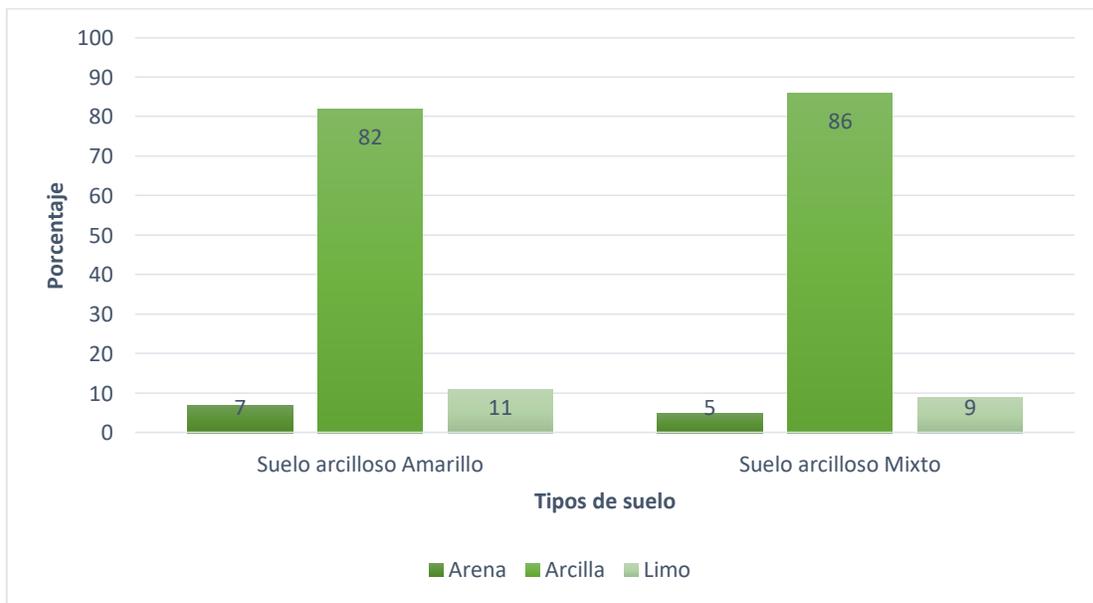


Grafico 1 ensayo de sedimentacion

Suelo arcilloso amarillo

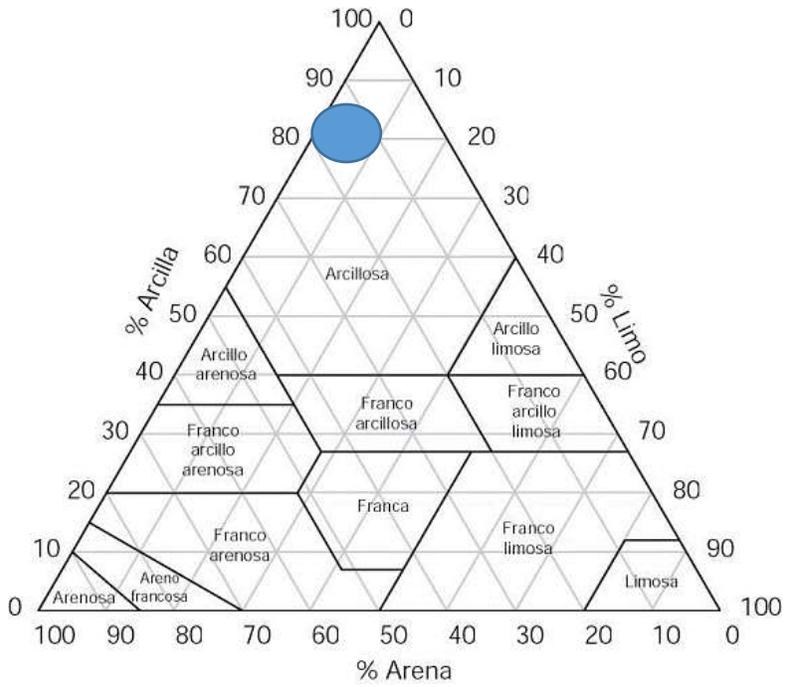


Grafico 2 triangulo de suelo amarillo

Suelo Arcilloso Mixto

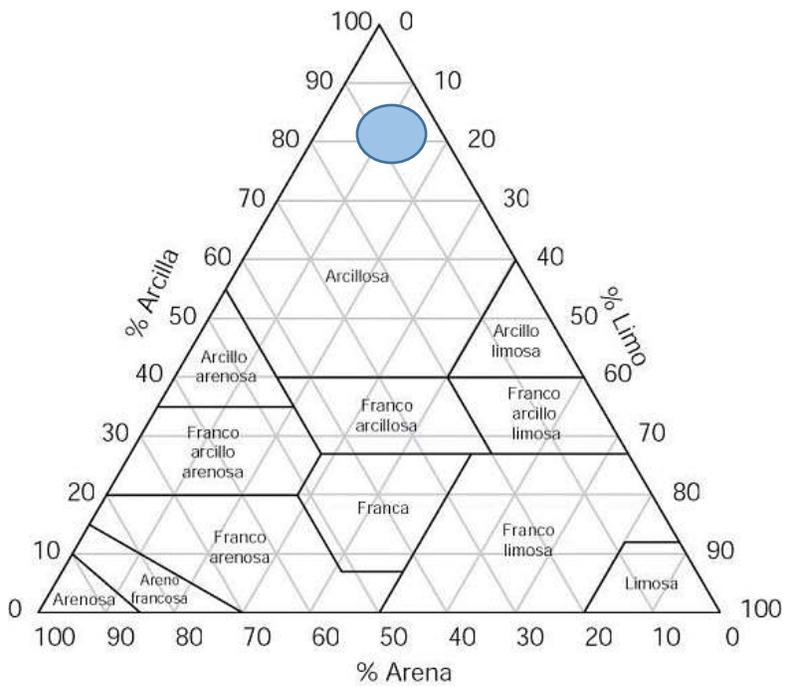


Grafico 3 triangulo suelo mixto

Los 2 suelos tienen relativamente las mismas características casi en su totalidad arcillosos a diferencia del gris que no se pudo comprobar porque este se expande lo que nos lleva a no considerarlo para los ensayos en probetas

Resultado ensayo de caída de bola

El suelo amarillo tiene alto contenido de arcilla ya que la bola se aplana levemente y muestra muy pocas o ninguna fisura, esta tiene una alta capacidad aglutinante, que proviene de un contenido de arcilla muy elevado. Por lo general esta mezcla debe rebajarse añadiendo arena. Lo mismo sucede con el suelo arcilloso gris pero al secarse y dejarse caer este se fragmenta en muchas partes a diferencia del amarillo

Resultado ensayo de cohesión

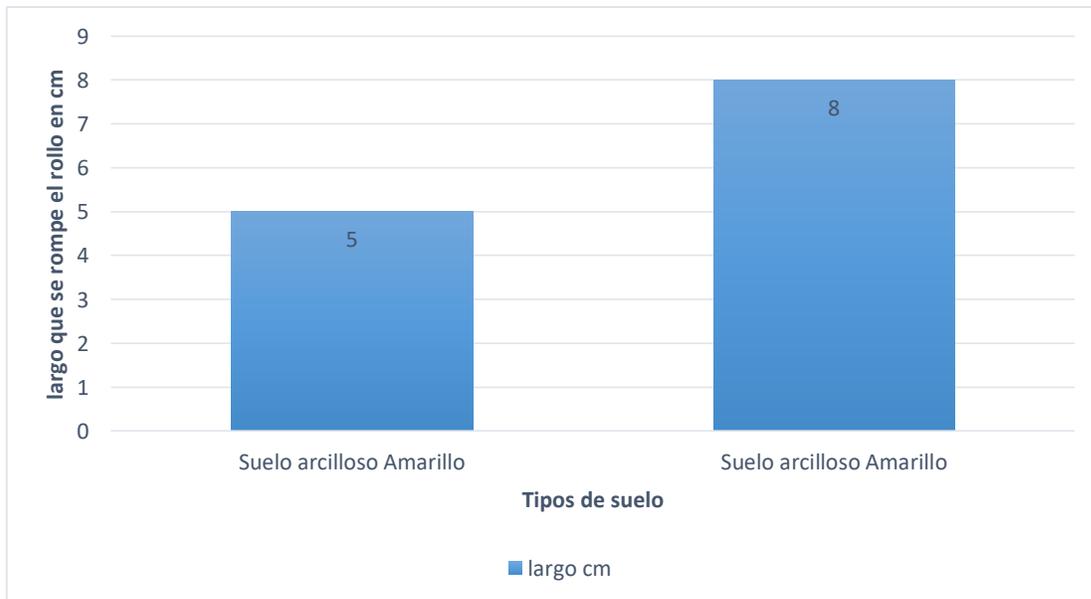


Grafico 4 resultado ensayo de cohesion

Los 2 tipos de suelo arcilloso el gris y amarillo cumplen el mínimo que es 5 cm sin que se rompa el rollo pero el segundo llega a 8 cm lo que plantea que es un mejor suelo para usar en los muros de tapial

Granulometría

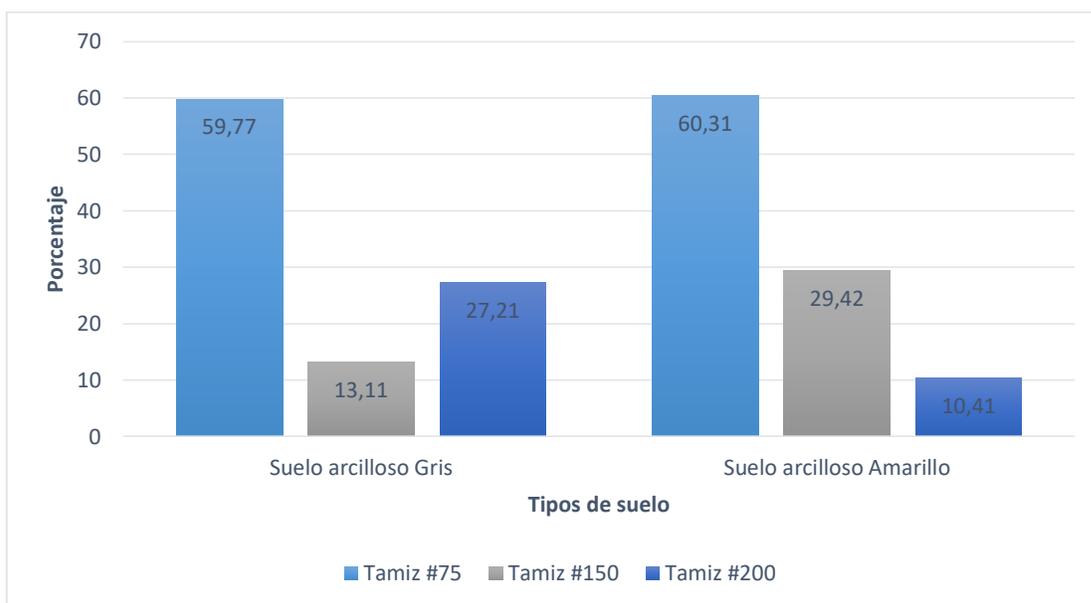


Grafico 5 resultado ensayo de granulometria

Si bien los suelos son casi en su totalidad arcillosos lo ideal es encontrar una tierra a la vez arenosa y arcillosa. Lo que nos supone el agregado de arena para compensar estas características

Lo único que se comprueba es el diferente tamaño de partículas en este caso hasta el tamiz 200 que la arcilla gris tiene mucho más material fino a diferencia del amarillo

Resultado de ensayo a flexocompresion

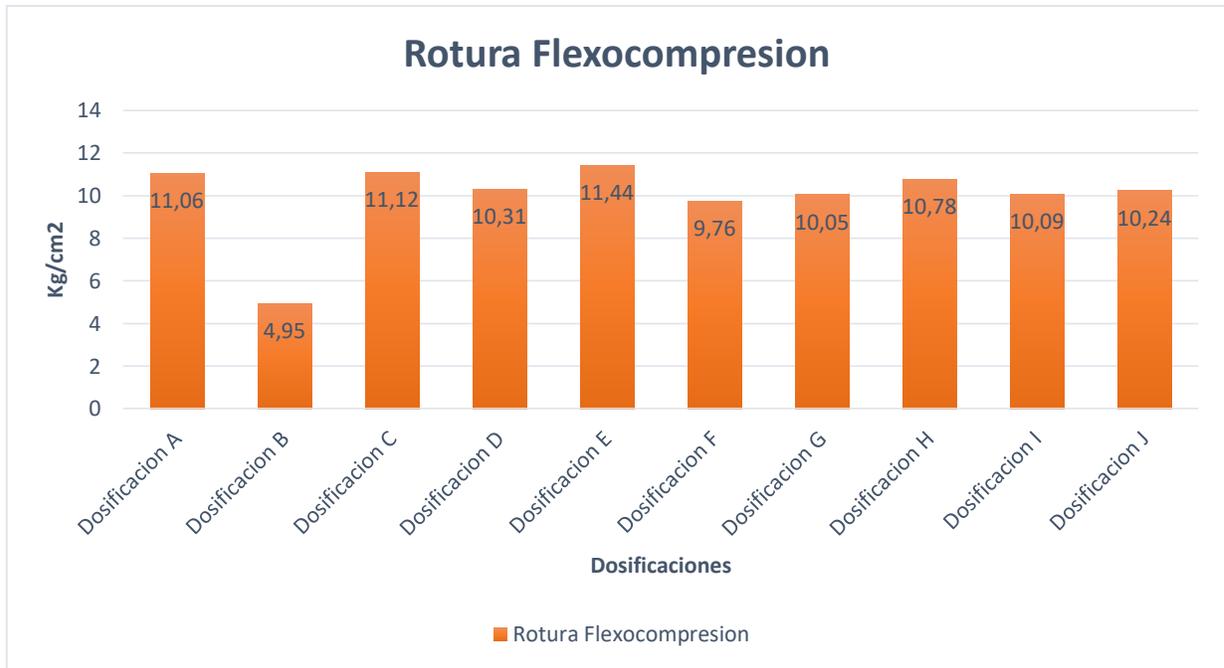


Grafico 6 resultado ensayo de flexocompresion

La mejor dosificación es la B alcanzado los 11,44 kg/cm², con lo que conseguimos superar la resistencia necesaria según normas peruanas de 5 kg/cm² con los que planteamos la construcción de 2 plantas con este tipo de dosificación. Cabe resaltar que la dosificación mencionada es resultado de procesos heterogéneos.

En cambio la más alta de procesos homogéneos es la H llegando 10,78 kg/cm² lo que igual supone considerarla para construcción de viviendas de este tipo.

Resultado ensayo de permeabilidad

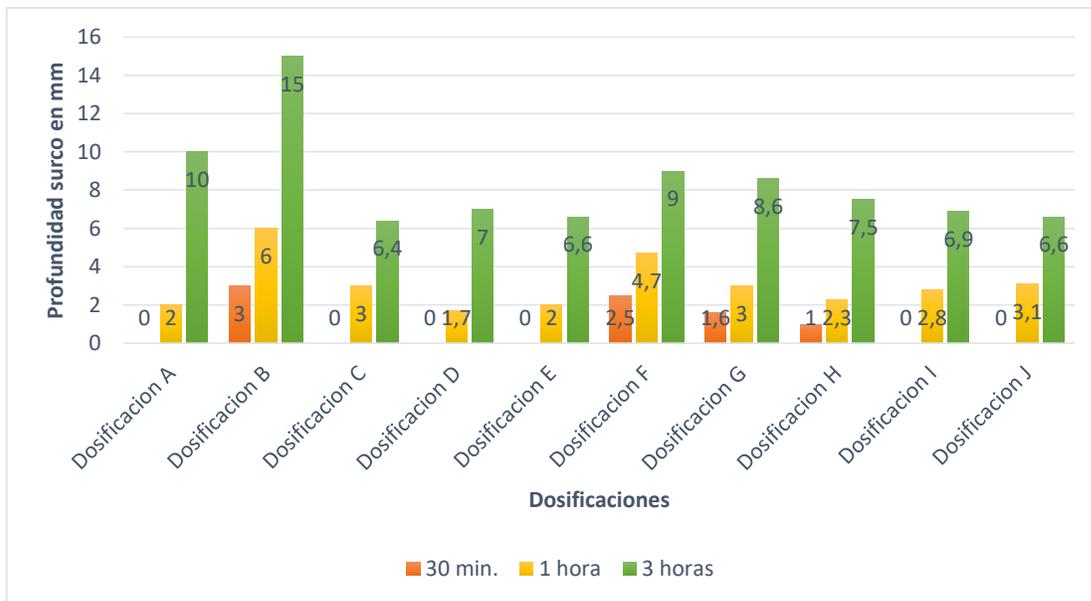


Gráfico 7 resultado ensayo de permeabilidad

Los resultados muestran que la dosificación que más resistió al goteo fue la C (heterogénea) con un surco de profundidad de 6,4 mm a las 3 horas, seguido de la dosificación D (heterogénea) y a sorpresa mía la J (homogénea) con un surco de profundidad de 6,6 mm a las 3 horas planteando considerar las mismas para elaboración de muros a escala real

Capítulo 4

Aplicación a Escala Real del Tapial

15 - Trabajos preliminares al muro de tapial

1) La construcción del muro de tapial a escala real empieza con la restauración del molde para el mismo además de elaboración de partes faltantes como ser los laterales pisones y abrazaderas



Fig. 7 Molde en mal estado



Fig. 7.1 Moldes o formaletas ya restaurados

2) Lo siguiente fue ubicar un lugar adecuado para ser visto por los compañeros de la carrera, además de poner líneas de nivel para la excavación de cemento.



Fig. 7 .2

Sitio de la construcción y nivelado



Fig. 7 .3 Excavación cimiento de 40 cm de ancho en ángulo

3) Ubicación de piedra manzana del cimiento para posteriormente llenar con Hormigón
Ciclópeo



Fig. 7.4 Cimiento con piedras



Fig. 7.5 Cimiento llenado con H° C° dosificación 1:2:3

4) Encofrado y llenado de sobrecimiento (30 cm de ancho) con Hormigón dosificación 1:2:3



Fig. 7.6 Sobrecimiento de H° 30 cm de ancho

15.1 - Preparado y construcción del muro de tapial

5) Preparación y mezclado de los materiales con dosificación “H” de tapial



Fig. 7.7 Materiales y pisones

6) Ubicación y nivelado del Molde de tapial de 30 cm de ancho en sobrecimiento



Fig. 7.8 Molde de tapial en el sobrecimiento

7) Llenado con la mezcla lista de tapial para su posterior apisonamiento capa por capa no mayor a 15 cm



Fig. 7 .9 Apisonado de la mezcla de tapial

8) Añadidos de colores a partes de la mezcla para dar estética en vetas para luego llenar partes del muro



Fig. 8 Mezclando con ocre de colores



8 Fig. 8.1 Vertido de mezcla con colores en molde

:



Fig. 8.2 Finalización de muro de tapial



8.3 Muro de tapial desencofrado

Fig.

15.2 - Obra fina en parte del muro de tapial

9) Cernido de suelo para revoque rustico de barro



Fig.

8.4 Suelo tamizado

10) Mezclado de materiales para revoque con tierra arcillosa y paja



Fig.

8.5 Mezclado del material de revoque



Fig.

8.6 Mezcla ya humedecida

11) Chicoteando parte del muro con mezcla de barro



Fig. 8.7 Chicoteado de muro



Fig. 8.8 Muro terminado

Capítulo 5

Conclusiones y recomendaciones

16 - Conclusiones

Como resultado de la investigación presentada, es posible concluir que de los 2 suelos estudiados de la Zona de San Blas que corresponden a la clase de suelos arcillosos pero de los cuales se consideró mejor o adecuado al tipo amarillo por no expandirse ser más trabajable y tener una estética más llamativa debido a su color brillante para realizar todos los ensayos consiguientes de dosificaciones, los cuales arrojaron 2 resultados:

La mejor dosificación se refiere en cuanto a procesos heterogéneos es la “E” por mayor resistencia a la flexocompresión y permeabilidad. Por consiguiente se lo considero más adecuado para viviendas de 2 plantas.

La mejor dosificación se refiere en cuanto a procesos homogéneos es la “H” debido a su resistencia a flexocompresión y también permeabilidad además de un mejor acabado en cuanto a color porque no lleva ningún agregado que altere el mismo por lo cual considere a la misma para realizar el muro escala real

La experiencia arrojada con la construcción del muro a escala real muy gratificante ya que ahí pude constatar lo trabajoso que es el preparado del material además de su apisonado pero también la emoción de abrir el molde y constatar todo el efecto que tuvo tanto trabajo además de sentirme realizado sabiendo la firmeza del muro y su estética aparte de la experiencia del revoque sentir el barro en manos y pies y volver a sentirse niño de nuevo. Con el tiempo el muro de tapial de muestra realizado, demostrara su verdadera capacidad firmeza así como su resistencia a los fenómenos climatológicos de Tarija. El mismo será un ejemplo para los estudiantes que estén de paso y se pregunten como alguna vez hice yo ¿que muro es ese? ¿Que es tapial? Y encuentren las respuestas ya sea por este trabajo o por futuras investigaciones de esta tecnología que aún falta mucho por aprender.

17 - Recomendaciones

Como recomendaciones sugiero un estudio más profundo de los materiales naturales que doten al muro de mayor permeabilidad tales como la penca de sábila puesto que en Tarija en determinadas épocas llueve bastante. También profundizar el tema de acabados del muro de tapial con encofrados de diversas texturas y tener una sed insaciable de aprender más ser más curioso y no dejarse llevar por opiniones de gente que aún no termina de entender que la investigación es el alma de la universidad y que la arquitectura en tierra cruda es el futuro y la mejor opción a este mundo cambiante.

Cemento	Kg	150	Albañil	Hr	5	herramientas		
Arena	M3	0,15	peon	Hr.	5,5			
Grava	M3	0,24						
Piedra	M3	1						

Tabla 8 rendimiento H° Ho

Sobrecimiento H° A° 1m3

Material	Unidad	Cantidad	Mano de obra	Un.	Cant	Maquinaria o equipo	Un.	Cant
Cemento	Kg	350	Encofrador	Hr	18	Mezcladora	Hr	0,50
Arena	M3	0,50	Albañil	Hr.	8	Vibradora	Hr	0,35
Grava	M3	0,70	Ayudante	Hr	18	herramientas	%	
Madera	P2	70,0						
Clavos	Kg	1,50						

Tabla 9 rendimiento Sobrecimiento

Muro de tapial 1 m3

Material	Unidad	Cantidad	Mano de obra	Un.	Cant	Maquinaria o equipo	Un.	Cant.
Tierra	m3	1	Albañil	Hr	6,00	Pisones		
Arena	M3	0,3	Ayudante	Hr.	6,00	Herramientas		
Grava	M3	0,3						
Paja	M2	1						
Cal	Kg	36						

--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabla 10 rendimiento Muro de tapial

Muro ladrillo 6 huecos 1m2

Material	Unidad	Cantidad	Mano de obra	Un.	Cant.	Maquinaria o equipo	Un.	Cant.
Ladrillo	Pzas	23	Albañil	min	23	Herramientas		
Arena	M3	0,0115	Ayudante	min	23			
Cal	Kg	3						
Cemento	Kg	3,00						

Tabla 11 rendimiento Muro ladrillos

Columnas 1m3

Material	Unidad	Cantidad	Mano de obra	Un.	Cant.	Maquinaria o equipo	Un.	Cant.
Cemento	Kg	350	Encofrador	Hr	18	Mezcladora	Hr	0,50
Arena	M3	0,50	Albañil	Hr.	8	Vibradora	Hr	0,35
Grava	M3	0,70	Ayudante	Hr	18	herramientas	%	

Madera	P2	70,0						
Clavos	Kg	1,50						

Tabla 12 rendimiento Columnas H°

Mortero para revoque 1m2

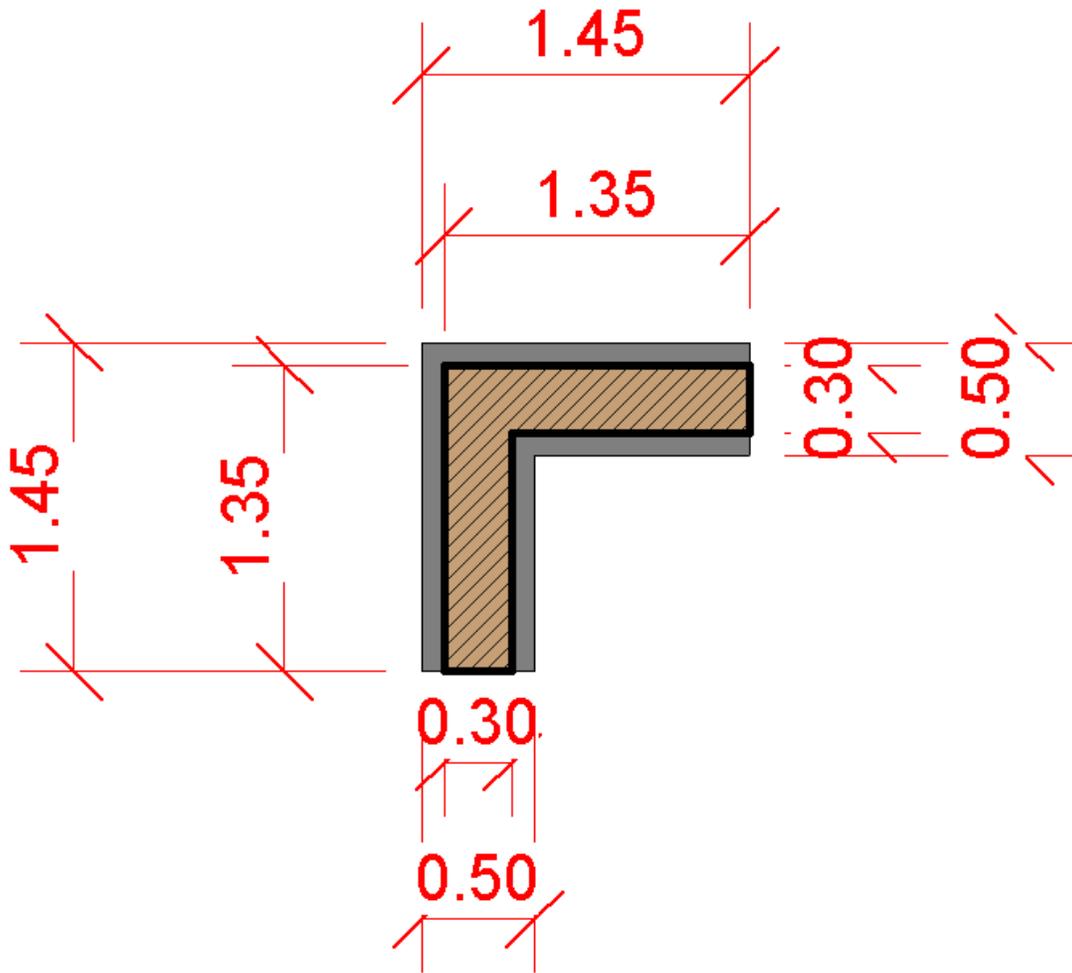
Material	Unidad	Cantidad	Mano de obra	Un.	Can t.	Maquinaria o equipo	Un.	Cant .
Cemento	Kg	3,00	Albañil	Min	18	Mezcladora herramientas	Hr %	0,50
Arena	M3	0,02						
Cal	Kg	3,00						

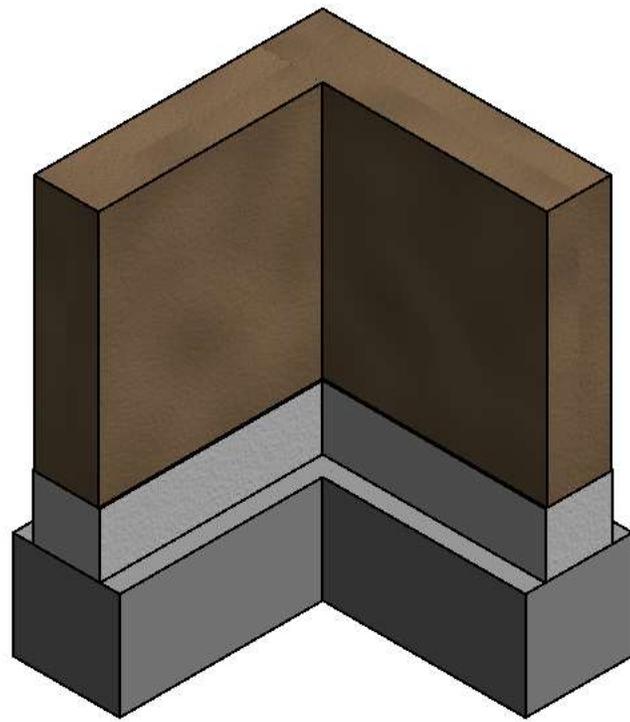
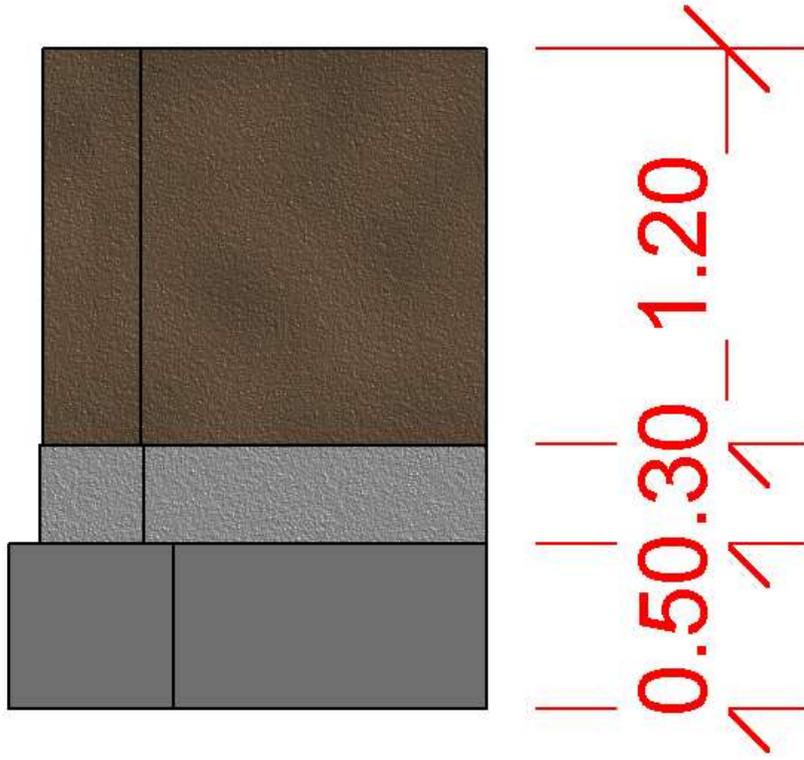
Tabla 13 rendimiento Morteros

Pintura 1 m2

Material	Unidad	Cantidad	Mano de obra	Un.	Ca nt.	Maquinaria o equipo	Un.	Cant .
Pintura	Lt	0,1	Pintor	Min.	10	Herramientas	Hr	

Medidas del muro de tapial realizado





A continuación se comparara el precio tanto de materiales como mano de obra entre el muro de tapial realizado y un muro de ladrillo hueco convencional se clasificaran por ítem

18.1 - Unidades en m3 por ítem

Cimiento : 0,6 m3

Sobrecimiento : 0,216 m3

Muro tapial: 0,864 m3

Muro ladrillo hueco mismo tamaño: 0,2916 m3

Precios materiales y mano de obra en Tarija -Bolivia

Material	unidad	Precio bs
Cemento	kg	1,14
Cal apagada	kg	0,6
Arena	M3	60
Grava	M3	140
Piedra bola	M3	140
Ladrillo 6 H	Pieza	1
Tierra	M3	40
Madera encofrado	P2	4,50
Clavos	kg	12
Pintura	Litro	15

paja	M2	10
------	----	----

Tabla 15 precios materiales

Muro de tapial y muro de ladrillo respectivamente Cimientos 0,6 m3

material	Unidad	Precio Bs	Volumen o cantidad	Total
Cemento	Kg	1,14	90	102,6
Arena	M3	60	0,09	5,4
Grava	M3	140	0,144	20,16
Piedra bola	M3	140	0,6	84
TOTAL	212,16 BS			

Tabla 16 Costos cimientos

Muro de tapial y muro de ladrillo respectivamente sobrecimientos 0,6 m3

material	Unidad	Precio Bs	Volumen o cantidad	Total
----------	--------	--------------	-----------------------	-------

Cemento	Kg	1,14	75,6	86,18
Arena	M3	60	0,019	1,14
Grava	M3	140	0,031	4,34
Madera	P2	4,5	15,12	68,04
Clavos	Kg	12	0,324	3,88
TOTAL	163,58 bs			

Tabla 17 Costos sobrecimientos

Levantamiento Muro de tapial 0,864 m3

material	Unidad	Precio Bs	Volumen o cantidad	Total
Tierra	M3	40	0,864	34,56
Arena	M3	60	0,259	15,54
Grava	M3	140	0,259	36,26
Cal	Kg	0,6	26,87	16,12
Paja	M2	10	1	10
TOTAL	112,48 bs			

Tabla 17 Costos levantamiento muro de tapial

Levantamiento muro ladrillo

material	Unidad	Precio	Volumen o	Total
-----------------	---------------	---------------	------------------	--------------

		Bs	cantidad	
Cemento	Kg	1,14	66,08	75,33
Arena	M3	60	0,5364	32,19
Grava	M3	140	0,756	105,84
Cal	Kg	0,6	28,08	16,84
Madera	P2	4,5	7,56	34,02
Clavos	Kg	12	0,162	1,94
Ladrillo	Pza	1	72	72
Pintura	Lt	15	1,24	18,76
TOTAL	356,92 bs			

Tabla 18 Costos levantamiento muro de ladrillo

18.2 - Mano de obra

Muro de tapial

Rango	Precio Bs	Horas cantidad	Total bs
Oficial	18,75	9,612	180,22
Ayudante	12,50	14,52	181,50
Encofrador	22,50	3,8	85,50
Total	447,22 bs		

Tabla 19 Costos mano de obra muro de tapial

Muro de Ladrillo 6 H

Rango	Precio Bs	Horas cantidad	Total bs
Oficial	18,75	7,048	132,15
Ayudante	12,50	12,48	156
Encofrador	22,50	5,82	130,95
Total	419,1 bs		

Tabla 20 Costos mano de obra muro ladrillo

18.3 - Cuadro Resumen

Tipo de muro	Precio materiales	Precio Mano de	Total

	Bs	obra Bs	Bs
Muro Tapial	488,22	447,22	935,44
Muro ladrillo hueco	732,66	419,10	1151,76

Tabla 21 resumen costos

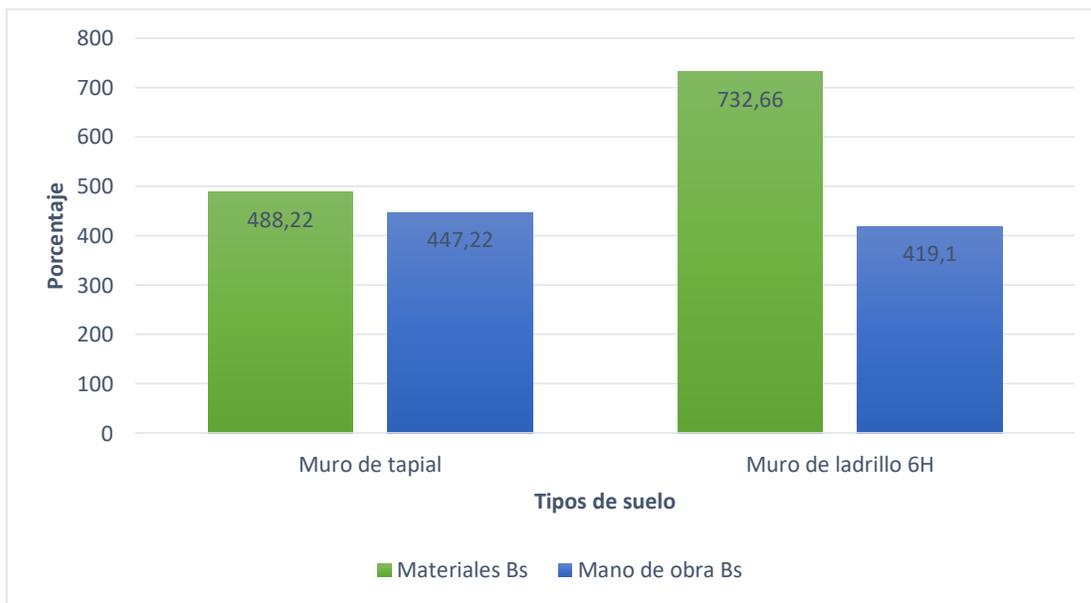


Grafico 8 resumen final costos