



**CAPÍTULO I**  
**CONTEXTO GENERAL**

## CAPÍTULO I. CONTEXTO GENERAL

### 1.1 INTRODUCCIÓN

Bolivia es un país con una gran diversidad ya sea tanto en lo que respecta a climas como a los tipos de suelos que podemos encontrar en él, siendo la ciudad de Tarija un claro ejemplo de esto, ya que es una de las pocas regiones en las cuales podemos encontrar los tres pisos ecológicos separados a pocas horas uno de otro (valle, zona alta y trópico), cada uno de estos con sus diferentes condiciones climáticas como de vida.

Siendo así desde épocas antiguas y en casi todos los lugares del mundo la tierra el principal material de construcción ya que este mismo es el material natural más importante y abundante en la mayoría de las regiones del mundo, ya que este puede ser obtenido del mismo sitio en el momento de excavación de los cimientos. Este material para el sistema constructivo con tierra ha sido con el tiempo dejado de lado debido que se creó el estereotipo de que una vivienda con tierra estaba relacionada a la pobreza, siendo este solo uno de los factores ya que comenzaron a aparecer y fabricarse materiales industrializados que consumían mayor energía y que en su mayoría no son naturales por lo que desprenden gases o toxinas que causan un daño o impacto en el ambiente y su huella de carbono ya elevada.

En esta última década se ha dado mayor importancia al cuidado del medio ambiente y sobre todo a la salud y confort de los usuarios por lo que el sistema de construcción en tierra está volviendo a tener gran incidencia en algunos de los países más desarrollados, debido a la gran cantidad de beneficios que este otorga.



Partiendo de La tierra y su composición: Siendo la misma conformada por arcilla, limo y arena en diferentes porcentajes acorde el tipo de suelo.

La determinación de los tipos de suelo existentes para el posterior empleo de técnicas acorde a las condiciones del suelo por pisos ecológicos.

### **1.1.1 ESTUDIO DE LA ARCILLA**

La arcilla es una roca sedimentaria constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura. Se caracteriza por adquirir plasticidad al ser mezclada con agua, y también sonoridad y dureza al calentarla por encima de 800 °C.

Su estudio es importante en la investigación para poder determinar el tipo de arcilla que se encuentra en la zona a emplazar y que posibilidades esta nos brinda acorde a su composición en la ejecución de técnicas con tierra.

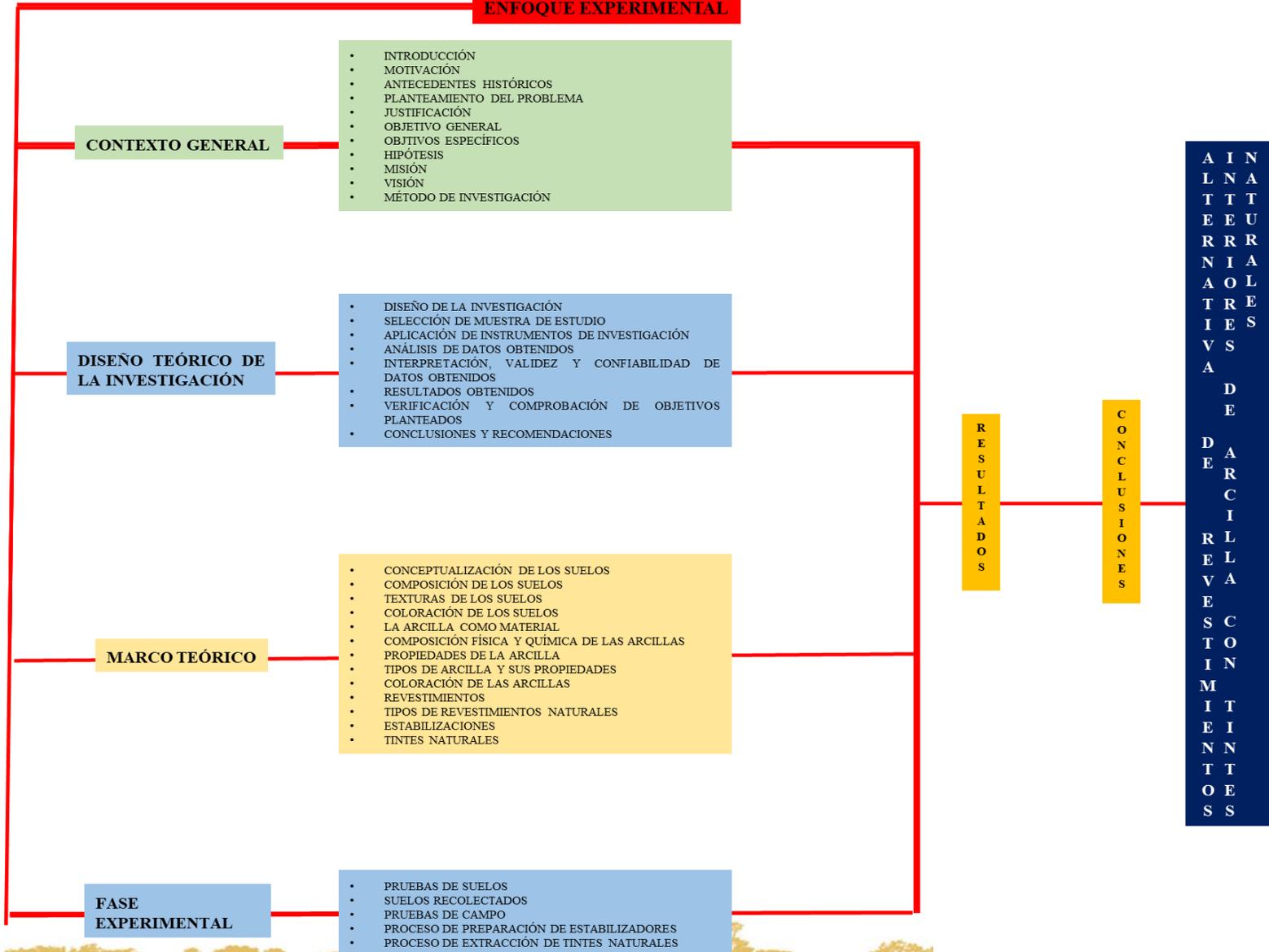
Este proyecto surge como una alternativa para dar solución a los revoques interiores, optando por una alternativa más natural con todos los beneficios que nos otorga la tierra y un acabado estético agradable.



## 1.2 METODOLOGÍA

### ESQUEMA METODOLÓGICO

#### ENFOQUE EXPERIMENTAL



### **1.3 TIPO DE ENFOQUE**

Investigación múltiple, investigación integrativa, investigación mixta, son algunos de los nombres que ha recibido este tipo de investigación (Barrantes, 2014, p. 100), que ha generado diferentes discusiones y controversias a lo largo de los años.

El enfoque mixto puede ser comprendido como “(...) un proceso que recolecta, analiza y vierte datos cuantitativos y cualitativos, en un mismo estudio” (Tashakkori y Teddlie, 2003, citado en Barrantes, 2014, p.100). (1)

Es importante mencionar que, en una investigación con enfoque mixto, tanto el enfoque cuantitativo como el cualitativo son importantes y valiosos, ninguno prevalece respecto al otro; al contrario, se trabajan de forma conjunta, lo cual permite comprender la realidad que se estudia de una manera más integral. (1)

El presente trabajo de investigación tiene un enfoque mixto (cuantitativo-cualitativo) ya que se considerarán y analizarán las investigaciones o información existente, sometiéndolas posteriormente a trabajos o pruebas de campo para verificación y recopilación de datos en base a los resultados y las posibles variables a aplicar determinadas por las condiciones naturales del sitio y a los tipos de materiales o elementos presentes en el medio y la calidad y características de los mismos.

### **1.4 MOTIVACIÓN**

Mi motivación principal es conocer y desarrollar de manera más profunda, la posibilidad de utilización de la tierra y los elementos orgánicos como una alternativa de construcción, para impulsar a la tierra como material de gran belleza e importancia en la construcción y todos los agentes orgánicos que nos brindan una amplia gama de colores que no son nocivas para la salud y bienestar.

A nivel mundial las edificaciones afectan a la salud ambiental, debido a que los materiales empleados en las mismas son de alto contenido de radiación y no son biodegradables.

**Según datos a nivel MUNDIAL, las edificaciones son responsables del 14% del total de consumo de Agua y 25% del consumo de energía eléctrica.**

**Además, generan 6,85% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero por consumo de electricidad.**

**FUENTE: CEPAL**

## **1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Dada la situación actual por la que se enfrenta el área de la construcción, ¿Cuáles son los factores determinantes que llevan al mundo a buscar materiales naturales y volver a la aplicación e innovación de las técnicas ancestrales?.

Según estudios se ha demostrado que la actual industrialización de los sistemas constructivos, demandan demasiado gasto energético lo que contribuye a la contaminación del medio ambiente y sobre todo a la situación dada por el llamado síndrome de “edificio enfermo” que afecta a la salud de los usuarios debido a las toxinas que estos materiales industrializados emiten, la falta de regulación de humedad causando enfermedades respiratorias y la propagación de hongos, es por eso que actualmente se está optando por volver a los métodos tradicionales.

(1). Fuente: <https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-mixto-de-investigacion/>

Según el análisis establecido la tierra es un material poco valorado, debido a que la población en general no conoce los beneficios que este brinda no solo para el medio ambiente sino para la salud de los habitantes o usuarios.

Se suele ver a las viviendas o construcciones en general que son elaboradas con este material como símbolo de pobreza o déficit económico. Pero debido a la situación actual donde los productos industrializados traen daños irreparables al ambiente esta visión se va configurando para comenzar a informarse y ver las virtudes y las adaptaciones que se da dependiendo de las condiciones tanto naturales como espaciales de cada lugar.

Es por eso que este proyecto de investigación está directamente orientado a una rama de esta, como son los revoques interiores de arcilla ya que brindan las cualidades de la tierra, pero el reto es adaptarlo no solo el mezclado con tintes naturales sin comprometer sus propiedades si no también el de que sea adaptable a diversos sistemas constructivos, y diversos medios naturales.

## **1.6 JUSTIFICACIÓN**

El presente trabajo de investigación está enfocado al ámbito temático de la construcción en tierra, más específicamente a los revoques interiores de este sistema constructivo, que brindará opciones tanto económicamente como de manera de que opten por construir de forma saludable y sobre todo consiente uso de los recursos naturales (tierra).

La arcilla como material de construcción ya nos brinda diversos componentes los cuales son necesarios para poder realizar un diseño que esté en condiciones tanto funcionales como estéticas en relación a la construcción moderna.

Los revestimientos de arcilla con tintes naturales al ser ecológicos son una alternativa innovadora en nuestro medio, que brindará no solo la oportunidad de ser usada a usuarios con distintos niveles socio-económicos, sino que de igual manera demostrará la belleza que la arcilla proporciona a los espacios junto con sus texturas y los colores que se obtendrán.

El uso o aprovechamiento de la tierra en nuestro medio, es importante debido a que Tarija es una región con diferentes suelos ecológicos lo que nos brinda diversidad y abundancia en este material, siendo este obtenible del mismo sitio a la hora de las excavaciones, este mismo con una buena dirección y enfoque puede solucionar varios problemas de nuestro propio medio en cuanto a costos, estética y ecología.

En cuanto a lo que respecta a la construcción actual, que abarca desde fundaciones hasta lo que es acabado fino consume en su mayor parte recursos naturales, siendo este ámbito el mayor responsable de la extracción desmesurada de los recursos naturales. Por otro lado, los materiales industrializados requieren para su transformación altos consumos de energía, además de su transportación.

Con los materiales ecológicos, se busca disminuir el impacto ambiental en su proceso de producción que ocasiona el rubro de la construcción, que es bastante alto, como se observa en el revestimiento de cemento que requiere una gran cantidad de energía y además de esto, este material expulsa importantes volúmenes de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Y ¿cómo se logrará?

- Reducción de desechos contaminantes.
- Disminución del uso de energía convencional o la sustitución de la misma por otras renovables.
- Reducción de requerimientos de transporte.

## **1.7 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar y aplicar un material alternativo de revestimiento; utilizando materia prima natural y recursos orgánicos; como medio para brindar una alternativa ecológica constructiva en el Valle Central de Tarija.

## **1.8 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer variables estabilizadas que respondan favorablemente a las pruebas de laboratorio y su aplicación.
- Elaborar una amplia gama de tonalidades naturales y tipos de revestimientos, para satisfacer las necesidades del usuario y de la construcción.
- Incentivar al estudio y elaboración de materiales alternativos que respondan tanto a la necesidad de nuestro entorno como a las condiciones ambientales actuales.

## **1.9 HIPÓTESIS**

Con la elaboración de los revestimientos de arcilla con tintes naturales, se proporcionará a las viviendas del Valle Central de Tarija cualidades ecológicas como ser, térmicas, acústicas, control de humedad, absorción de olores y toxinas, ahorro energético y bajo impacto ambiental; realizando así la belleza, arte y versatilidad del material.

## **1.10 DEFINICIÓN DE VARIABLES**

### **1.10.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Desvalorización y desconocimiento de los beneficios de la tierra como material principal al momento de realizar revestimientos en edificaciones.

### **1.10.2 VARIABLE DEPENDIENTE**

- Cambios bruscos de temperatura.
- Generación de enfermedades por poca transpirabilidad.
- Poca eficiencia térmica.
- Predominio de materiales industrializados.

### **1.11 MISIÓN**

Brindar una alternativa de material de revestimiento ecológico, con técnicas y procesos correspondientes al sistema constructivo en tierra para brindar los beneficios de la misma a la población de distintos grupos económicos.

### **1.12 VISIÓN**

Impulsar a la reintegración del sistema constructivo en tierra en la zona, promoviendo los beneficios de la tierra y sus usos para generar así un cambio en el medio en el que vivimos y la contaminación.

### **1.13 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.13.1 ¿QUE ES UN MÉTODO?**

El método es aquel proceso utilizado de manera sistemática, orientando nuestra práctica en base a principios pautados previamente. (2)

#### **1.13.2 MÉTODO EXPERIMENTAL**

Empecemos por contestar este interrogante. El método experimental es una técnica que se caracteriza por observar, manipular y registrar las distintas variables (independientes, dependientes, etc.) que afectan a un determinado fenómeno u objeto de estudio. Si lo estudiado es la psiquis de un sujeto, tal

(2). Fuente: <https://concepto.de/metodo/#ixzz6tLNKPpeQ>

metodología permite analizar y explicar las variables vinculadas a la conducta humana y así, anticipar sus transformaciones.

De manera general, podemos decir que el método experimental es un conjunto de diseños de investigación que se valen de manipulaciones y tests controlados para poder explicar ciertos procesos causales. Normalmente, se manipulan 1 o más variables para establecer su influencia sobre alguna variable de tipo dependiente. En otras palabras, se trata de un proceso sistemático y una perspectiva científica de la investigación en la que el profesional maneja ciertas variables y controla o mide los cambios que se produzcan en otras. (3)

(3) Fuente:

<https://101metodos.xyz/experimental/#:~:text=De%20manera%20general%2C%20podemos%20decir,alguna%20variable%20de%20tipo%20dependiente.>

An aerial photograph of a rugged coastline. The foreground shows a sandy beach with some rocks. The middle ground is dominated by a large, dark, rocky outcrop that extends into the sea. The background shows the ocean meeting a bright, hazy sky. The overall tone is warm and natural.

**CAPÍTULO II**  
**DISEÑO TEÓRICO DE**  
**LA INVESTIGACIÓN**

## CAPÍTULO II. DISEÑO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología de la investigación proporciona tanto al estudiante de educación superior como a los profesionistas una serie de herramientas teórico-prácticas para la solución de problemas mediante el método científico. Estos conocimientos representan una actividad de racionalización del entorno académico y profesional fomentando el desarrollo intelectual a través de la investigación sistemática de la realidad. (4)

El presente trabajo de investigación tiene un diseño experimental.

#### 2.1.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

La investigación experimental está integrada por un conjunto de actividades metódicas y técnicas que se realizan para recabar la información y datos necesarios sobre el tema a investigar y el problema a resolver. (5)

El presente trabajo tiene un diseño experimental porque se utilizará muestras experimentales basados en el método científico.

Los experimentos realizados se llevaron y llevarán a cabo en el laboratorio de la Carrera de Arquitectura y Urbanismo de la

(4) Fuente: [http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/int\\_meto\\_inv/c\\_0.htm](http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/int_meto_inv/c_0.htm)

(5) Fuente: <https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/Investigaci%C3%B3n-experimental.pdf>



Facultad de Ciencias y Tecnología, y siendo necesario fuera de éstos.

El presente trabajo se lleva a cabo en diversas fases de manera sistemática, partiendo de una etapa investigativa, para la recopilación, análisis y determinación de los mismos de investigaciones pasadas y la factibilidad de las mismas.

La segunda etapa consiste en la elaboración de muestras puras para conocer sus propiedades para buscar la mejor forma de estabilizarla y así poder obtener el mejor resultado posible.

## **2.2 SELECCIÓN DE LA MUESTRA DE ESTUDIO**

Los elementos seleccionados para las muestras fueron basados en criterios estratégicos, basado en población e incidencia de los materiales industrializados en las áreas y accesibilidad a la materia prima.

Mostrando así con la presente investigación las alternativas de aplicaciones que proporcionan a la edificación no solo los beneficios de la tierra sino también carácter y belleza.

## **2.3 APLICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.**

### **2.3.1 ¿QUÉ SON LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN?**

Los instrumentos de investigación son herramientas que sirven al investigador para recoger o recolectar datos de las muestras seleccionadas para proporcionar soluciones al problema de la investigación.

- 
- Se realiza un análisis de documentación basada en contenido real y su evolución y aportes en diferentes eras.
  - Se utiliza material seleccionado para la fase de experimentación en ejecución de muestras.
  - Se realiza la recolección y análisis de muestras orgánicas para determinar posibles materiales de pigmento.

#### **2.4 ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS.**

Una vez concluida la fase de recolección de muestras e investigación previa se procede a la fase experimental donde podremos realizar el análisis de datos, basado en las condicionantes y características del revestimiento y así como sus limitantes, y así en base a esto se podrá señalar el tipo y magnitud, en este caso la variabilidad entre muestras seleccionadas y dosificaciones.

#### **2.5 INTERPRETACIÓN, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE DATOS OBTENIDOS.**

La confiabilidad y validez consiste en los hallazgos derivados del análisis de las variables y resultados.

En este caso la confiabilidad está estrechamente relacionada con procedimientos de observación e interpretación donde sometemos a diversas pruebas a las muestras ya sean sensoriales descriptivas o de manera más específicas en cuanto a retracción y agrietamiento.

La alternativa de revestimiento planteada está sustentada en base a seguimiento fotográfico y documentación digital.



Las medidas de implementación y desarrollo de la investigación como las posibles tonalidades y combinaciones entre ellas, fueron realizadas en seguimiento con el asesor y guía de la materia.

## **2.6 RESULTADOS OBTENIDOS.**

Los resultados de la investigación denominada como alternativa de revestimientos interior de arcilla con tintes naturales para el valle central de Tarija, obtuvo como resultado la aplicación en una vivienda real, con muestras de las tonalidades obtenidas de diferentes agentes orgánicos, como tubérculos, hortalizas, hierbas, plantas, etc., dónde se puede apreciar los diferentes usos y combinaciones de técnicas que se puede usar para lograr diferentes resultados que se adapten a los gustos y necesidades de la población.

## **2.7 VERIFICACIÓN Y COMPROBACIÓN DE OBJETIVOS PLANTEADOS.**

- *Establecer variables estabilizadas que respondan favorablemente a las pruebas de laboratorio y su aplicación.*

El objetivo se cumplió favorablemente al realizar pruebas de campo tanto estabilizaciones como de los tintes obtenidos en el laboratorio de la carrera de Arquitectura y Urbanismo y fuera del mismo.

- *Elaborar una amplia gama de tonalidades naturales, para satisfacer las necesidades del usuario y de la industria de la construcción.*

El objetivo se realiza brindando opciones variadas de técnicas, agentes orgánicos y unión entre estos últimos para lograr un mejor resultado.

- 
- *Incentivar al estudio y elaboración de materiales alternativos que respondan tanto a la necesidad de nuestro entorno como a las condiciones ambientales actuales.*

Se logra cumplir con el objetivo al dar a conocer a los estudiantes este tipo de proyectos e ideas, debido a la situación actual del medio ambiente que atravesamos, donde se requiere de mentes e ideas que busquen cambiar y ayudar al planeta.

## **2.8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

El valle Central de Tarija cuenta con diferentes tipos de pisos ecológicos, compuesto cada uno con diferentes minerales y condiciones, influyendo esto en su color, textura y composición; siendo evidente a la hora de estabilizarlos como reaccionan las diferentes muestras seleccionadas a agentes eternos, siendo las dosificaciones un elemento importante a considerar, por los mismo influyó en las tonalidades y la reacción de estos a los tintes, de acuerdo a su color y composición absorbía mayor o menor cantidad de tinte y fusionándose con el tinte nos dieron diferentes tonalidades del mismo tinte. Es por eso que los estudios y pruebas preliminares tuvieron gran importancia en el transcurso del proyecto.

Una de las alternativas con mejor resultado fue la adición de agentes externos como la cal y la penca, ya que al entrar en contacto sobre todo con la cal el tinte cambia de manera rápida y sorprendente, dejándonos un color mucho más uniforme y mejora



**CAPÍTULO III**  
**MARCO TEÓRICO**

## CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

### 3.1 LOS SUELOS

#### 3.1.1 ¿QUÉ SON LOS SUELOS?

El suelo, desde el punto de vista medioambiental, se define como la fina capa superior de la corteza terrestre (litosfera), situada entre el lecho rocoso y la superficie. Está compuesto por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos.

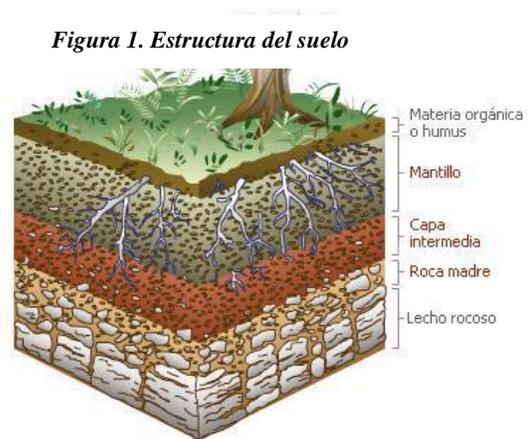
(6)

El suelo es la porción más visible del planeta Tierra, en donde sembramos las cosechas, edificamos nuestras casas y enterramos a nuestros muertos. Se trata de una superficie sumamente variada y multiforme, sobre la cual se producen los fenómenos climáticos como la lluvia, el viento, etc.

De igual manera, el suelo es escenario de complejos procesos químicos y físicos, así

como de un ecosistema subterráneo de pequeños animales y abundantes microorganismos, cuya presencia impacta directamente en la fertilidad del mismo.

Los suelos se forman por la destrucción de la roca y la acumulación de materiales distintos a lo largo de los siglos, en un proceso que involucra numerosas variantes físicas, químicas y biológicas, que da como resultado una disposición en capas bien



FUENTE:

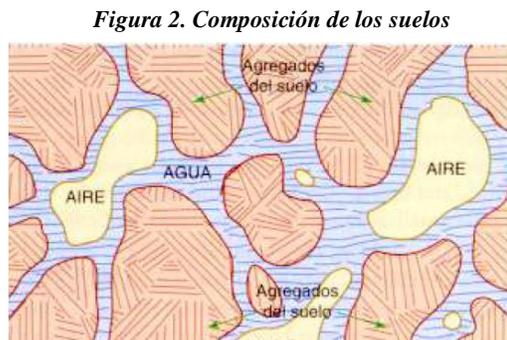
[https://www.tiposde.com/definicion\\_de\\_suelo.html](https://www.tiposde.com/definicion_de_suelo.html)

(6) Fuente: Libro Informe de estado del medio ambiente. Gobierno de Navarra

diferenciadas, como las de un pastel, observables en los puntos de falla o fractura de la corteza terrestre. (7)

### 3.1.2 ¿CÓMO SE COMPONEN LOS SUELOS?

Los cuatro componentes principales del suelo son las rocas (minerales), el agua, el aire y el material orgánico (hojas y animales en descomposición, por ejemplo). El quinto componente del suelo, el cual muchas veces no es tenido en cuenta, es el mundo vivo que existe en la tierra. Todos los suelos poseen una mezcla de los cinco componentes



FUENTE: [https://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-pau-bachillerato/tema\\_7\\_la\\_edafosfera.pdf](https://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-pau-bachillerato/tema_7_la_edafosfera.pdf)

básicos, y la mayoría de los suelos pueden ser modificados para mejorar esa composición para que sean más adecuados para el desarrollo de la vida vegetal.

- **AGUA Y AIRE:**

El aire no es sólido o líquido, sino una combinación de elementos gaseosos que se encuentran naturalmente en la atmósfera terrestre. En el suelo, los bolsillos de aire permiten que el agua pase a través del mismo y a través de las plantas que crecen por encima y por debajo de la línea del suelo. El agua en el suelo generalmente contiene sales disueltas y otros productos químicos. El agua es una parte esencial del suelo, las plantas no pueden sobrevivir sin ella. Algunos suelos, como los arcillosos, retienen el agua mucho mejor que los otros tipos de suelos. Cuando el agua permanece en el suelo en lugar de

(7) Fuente: <https://concepto.de/suelo/#ixzz6tMrFv3gG>

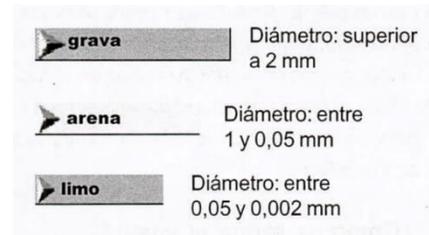
pasar a través de él fácilmente, el suelo se vuelve más denso. Algunas plantas no pueden crecer en suelos pesados, arcillosos y ricos en humedad. (8)

- **MINERALES:**

Todos los suelos están compuestos por arena, limo y arcilla, aunque algunos tipos de suelo tienen mayores concentraciones de estos minerales que otros. Las rocas y los minerales constituyen la mayor porción de la composición de suelo. Las rocas y los minerales que se encuentran en el suelo provienen de materiales inertes, inorgánicos.

La arena está formada por pequeños fragmentos de cuarzo y otros minerales, y por sí misma no es rica en los nutrientes que las plantas necesitan. La arena la partícula del suelo más grande y más gruesa, el agua pasa a través de ella más fácilmente que en otros tipos de suelo. El limo es una combinación de rocas de cuarzo y otros. Las partículas de limo son más pequeñas que la arena, pero más grandes que la arcilla. La arcilla es la más rica de los minerales del suelo, y contiene nutrientes

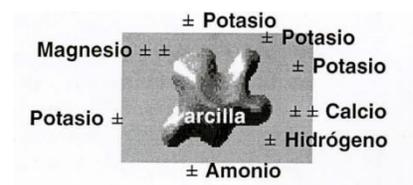
*Figura 3. Componentes del suelo*



FUENTE:

[https://www.ciaorganico.net/documypublic/498\\_s\\_cript-tmp-inta\\_material\\_didactico\\_nro\\_01\\_\(1\).pdf](https://www.ciaorganico.net/documypublic/498_s_cript-tmp-inta_material_didactico_nro_01_(1).pdf)

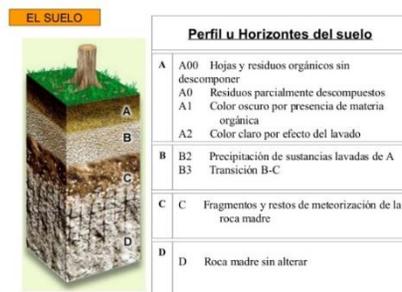
*Figura 4. Arcilla y elementos químicos*



FUENTE:

[https://www.ciaorganico.net/documypublic/498\\_s\\_cript-tmp-inta\\_material\\_didactico\\_nro\\_01\\_\(1\).pdf](https://www.ciaorganico.net/documypublic/498_s_cript-tmp-inta_material_didactico_nro_01_(1).pdf)

*Figura 5. Perfiles de los suelos*



FUENTE:

<http://loshongosysureino.blogspot.com>

(8) Fuente: <https://www.gruposacsa.com.mx/los-cinco-componentes-del-suelo/#:~:text=Los%20cuatro%20componentes%20principales%20del,que%20existe%20en%20la%20tierra.>

como hierro, potasio y calcio. Las partículas más pequeñas del suelo provienen de la arcilla, la cual puede llegar a ser muy densa y difícil de ser trabajada. (8)

- **MATERIALES ORGÁNICOS Y BIOLÓGICOS**

Las plantas y los animales en descomposición proporcionan los materiales orgánicos que se encuentran en el suelo. A través de la descomposición, la materia orgánica se descompone y se convierte en nutrientes que las plantas pueden usar. La mineralización también se produce mediante la descomposición y, a través de este proceso, los materiales orgánicos se tornan en inorgánicos. El quinto elemento del suelo, el componente biológico, ofrece estos importantes elementos orgánicos que son muy esenciales. Las plantas y los animales, cuando mueren, se convierten una vez más, en parte del suelo, y así el ciclo continúa. El suelo da vida, la vida vuelve a la tierra. (8)

### **3.1.3 TEXTURAS DE LOS SUELOS**

Es la proporción de las distintas partículas minerales del suelo, clasificadas según su tamaño de grano en tres grupos: arenas, limos y arcillas, es decir, la textura de un suelo se define por las proporciones de arena, limo y arcilla que posee (arenas 2mm – 0,02 mm; limos 0,02 – 0,002, arcillas < 0,002mm). La textura es un factor muy importante en las características del suelo como la permeabilidad,

(8) Fuente: <https://www.gruposacsa.com.mx/los-cinco-componentes-del-suelo/#:~:text=Los%20cuatro%20componentes%20principales%20del,que%20existe%20en%20la%20tierra.>

aireación y la capacidad de retención del agua y de nutrientes. En función del tipo y tamaño de partículas presentes en un suelo, la capacidad de adsorción de moléculas polares e iónicas varía considerablemente.

Otros efectos dependientes de la textura son la plasticidad y la cohesión.

Cuando abundan mucho las partículas de tamaño arena se dice que el suelo tiene textura arenosa, si son los limos textura limosa y si son las arcillas, textura arcillosa.

Un suelo con mezcla de los tres componentes se llama textura franca y es lo más beneficioso, pues un suelo que posea fracciones gruesas y finas en proporciones

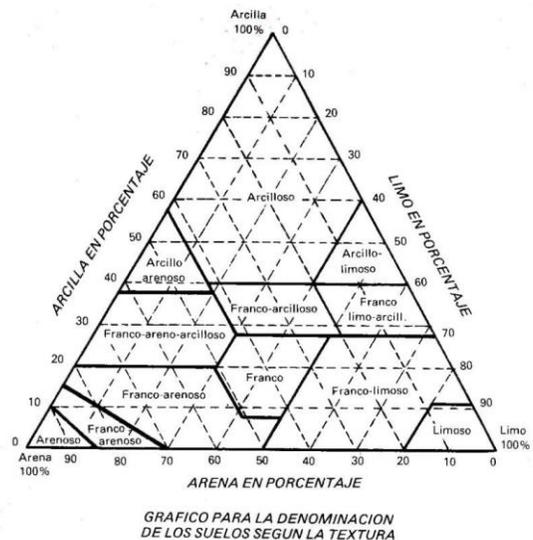
adecuadas es un suelo equilibrado, siendo ligero, aireado y permeable. Un suelo con textura predominante en cualquiera de las fracciones (suelo arenoso, arcilloso o limoso) siempre será deficiente por alguna causa, por ejemplo, el suelo arenoso no tiene capacidad de retener agua y el suelo arcilloso no tiene aireación y se encharca con facilidad al ser impermeable. Los materiales de tamaño superior a 2mm son las gravas (gravillas, cantos, guijarros...) detienen la ascensión capilar del agua, impidiendo la excesiva evaporación, también

disminuyen la cohesión del suelo, por lo que tendrá mejor aireación y drenaje y será más fácil de trabajar. (9)

(8) Fuente: <https://www.gruposacsa.com.mx/los-cinco-componentes-del-suelo/#:~:text=Los%20cuatro%20componentes%20principales%20del,que%20existe%20en%20la%20tierra.>

(9) Fuente: [https://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-pau-bachillerato/tema\\_7\\_la\\_edafosfera.pdf](https://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-pau-bachillerato/tema_7_la_edafosfera.pdf)

Figura 6. Triángulo de textura



FUENTE: [https://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-pau-bachillerato/tema\\_7\\_la\\_edafosfera.pdf](https://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-pau-bachillerato/tema_7_la_edafosfera.pdf)

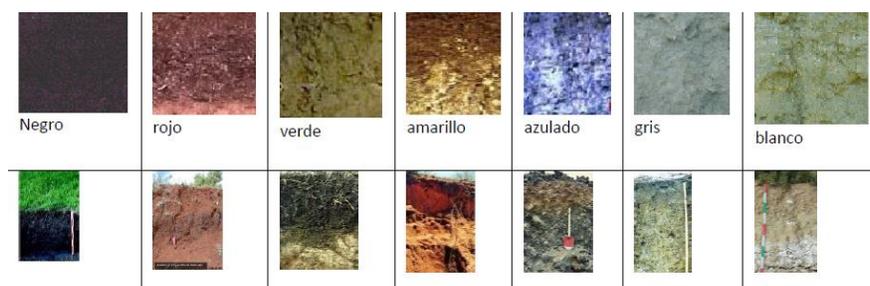
### 3.1.4 COLORACIÓN

El color del suelo es uno de los criterios físicos más simples para diferenciarlos; en general se dice que los suelos oscuros tienen mayor cantidad de materia orgánica y aunque el color negro indica la presencia de grandes cantidades de humus, en gran medida su tono se debe a la materia mineral o a la humedad excesiva.

- Los suelos oscuros o negros normalmente se deben a la presencia de materia orgánica (cuanto más oscuro es el horizonte superficial más contenido en materia orgánica se le supone), sin embargo, también se puede deber a compuestos de hierro ( $Fe^{3+}$ ) y de manganeso ( $Mg^{2+}$ ).
- Los suelos rojos o castaño-rojizos suelen contener una gran proporción de óxidos de hierro que no han sido sometidos a humedad excesiva. Casi todos los suelos amarillos o amarillentos tienen escasa fertilidad, deben su color a óxidos de hierro que han reaccionado con agua y son señal de un terreno mal drenado. Los suelos grisáceos o blanquecinos pueden tener exceso de sales alcalinas, como carbonato de calcio o yeso.

Para que puedas determinar el color del suelo, necesitas compararlo con los diferentes patrones de color, puedes realizarlo tanto en la muestra seca como en la muestra húmeda. (10)

*Figura 7. Coloración de los suelos*



FUENTE:  
[https://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-may25-45/tema\\_6.pdf](https://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-may25-45/tema_6.pdf)

(10) Fuente: [https://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-may25-45/tema\\_6.pdf](https://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-may25-45/tema_6.pdf)

## LA ARCILLA

### 3.1.5 ¿QUÉ ES LA ARCILLA?

La arcilla es una roca sedimentaria descompuesta constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura. Físicamente se considera un coloide, de partículas extremadamente pequeñas y superficie lisa. El diámetro de las partículas de la arcilla es inferior a 0,0039 mm. En la fracción textural arcilla puede haber partículas no minerales, los fitolitos. Químicamente es un silicato hidratado de alúmina, cuya fórmula es:  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ .

Se caracteriza por adquirir plasticidad al ser mezclada con agua, y también sonoridad y dureza al calentarla por encima de 800 °C. La arcilla endurecida mediante la acción del fuego fue la primera cerámica elaborada por los seres humanos, y aún es uno de los materiales más baratos y de uso más amplio. Ladrillos, utensilios de cocina, objetos de arte e incluso instrumentos musicales como la ocarina son elaborados con arcilla. También se la utiliza en muchos procesos industriales, tales como en la elaboración de papel, revestimientos cerámicos, producción de cemento y procesos químicos. (11)

Mismo mineral diferentes puntos de vista distintos conceptos. Para un:

- **SEDIMENTÓLOGO:** Arcilla es un término granulométrico, que abarca los sedimentos con un tamaño de grano inferior a 0,002 mm.

(11) Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Arcilla>

- **CERAMISTA:** Arcilla es un material natural que cuando se mezcla con agua en la cantidad adecuada, se convierte en una pasta plástica.
- **ECONOMISTA INDUSTRIAL:** Arcillas son un grupo de minerales industriales con diferentes características mineralógicas y genéticas y con distintas propiedades tecnológicas y aplicaciones. (12)

### 3.1.6 TIPOS DE ARCILLAS

Las arcillas pueden tener un origen muy variable, y están constituidas mayoritariamente por minerales arcillosos del tipo de la caolinita, illita, montmorillonita, clorita, etc., y en menor proporción por cuarzo, carbonatos, feldspatos, micas del tipo moscovita y biotita, compuestos de hierro, sales solubles y materia orgánica.

Todos los tipos de arcilla, en el tiempo de secado y de cocción, sufren un proceso de encogimiento, de reducción de tamaño. Esta disminución de tamaño es mayor, cuanto menor sea el contenido de materias no plásticas de la arcilla.

- **LAS ARCILLAS PRIMARIAS:** las hallamos en los lugares en los que se encuentran las rocas de las que proceden. Sus características principales son: Ser de color blanco o tirando al gris, poco plásticas, muy puras por lo que no son muy útiles, en su estado primario, para el ceramista.
- **LAS ARCILLAS SECUNDARIAS:** son las que se han formado a lo largo de los años separándose de las rocas de origen y sedimentándose, en ocasiones a unas distancias considerables. Sus características principales son: Tienen colores muy diversos, según su composición, desde el rojo al negro, pasando

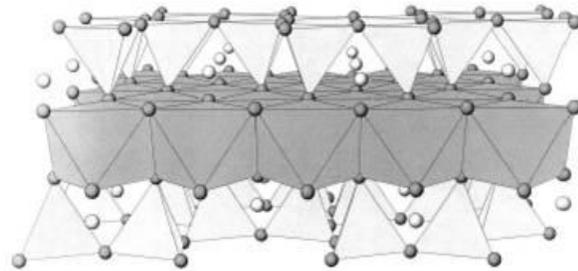
(12) Fuente: [https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2825/course/section/2628/tema\\_02.pdf](https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2825/course/section/2628/tema_02.pdf)

por el amarillo y el gris, en contra de las arcillas primarias, éstas resultan muy plásticas por lo que resultan fáciles de trabajar. (12)

### 3.1.7 COMPOSICIÓN DE LAS ARCILLAS

Estos minerales están constituidos de láminas de tetraedros con una composición química general de  $\text{Si}_2\text{O}_5$ , en donde cada tetraedro ( $\text{SiO}_4$ ) está unido por sus esquinas a otros tres formando una red hexagonal.

*Figura 8. Estructura y composición de las arcillas.*



FUENTE: [https://www.upo.es/tym/WebCT/Materiales/page\\_10.htm#:~:text=Y%20su%20estructura%20cristalina%20esta.arcillas%20se%20consideren%20un%20co%20loide.](https://www.upo.es/tym/WebCT/Materiales/page_10.htm#:~:text=Y%20su%20estructura%20cristalina%20esta.arcillas%20se%20consideren%20un%20co%20loide.)

Átomos de aluminio y hierro pueden reemplazar parcialmente al silicio en la estructura. Los átomos de oxígeno ubicados en los ápices de los tetraedros de estas láminas pueden, al mismo tiempo, formar parte de otra lámina paralela compuesta por octaedros. Estos octaedros suelen estar coordinados por cationes de Al, Mg,  $\text{Fe}^{3+}$  y  $\text{Fe}^{2+}$ , es decir, los átomos de estos elementos ocupan la posición central del octaedro. Más infrecuentemente átomos de Li, V, Cr, Mn, Ni, Cu o Zn ocupan dicho sitio de coordinación.

Las relativamente grandes superficies de los minerales de la arcilla pueden adsorber iones y moléculas debido a que están cargadas de electricidad estática.

(13)

(12) Fuente: [https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2825/course/section/2628/tema\\_02.pdf](https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2825/course/section/2628/tema_02.pdf)

(13) Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Arcilla#Qu%C3%ADmica\\_y\\_estructura](https://es.wikipedia.org/wiki/Arcilla#Qu%C3%ADmica_y_estructura)

## **ESTRUCTURA DE LAS ARCILLAS**

Como veremos, las propiedades de las arcillas son consecuencia de sus características estructurales. Por ello es imprescindible conocer la estructura de los filosilicatos para poder comprender sus propiedades.

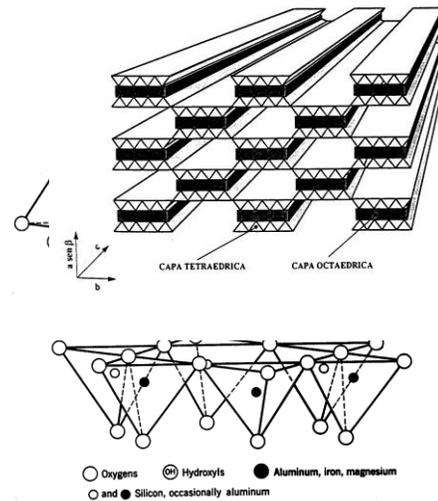
Las arcillas, al igual que el resto de los filosilicatos, presentan una estructura basada en el apilamiento de planos de iones oxígeno e hidroxilos. Los grupos tetraédricos  $(\text{SiO})_4^{4-}$  se unen compartiendo tres de sus cuatro oxígenos con otros vecinos formando capas, de extensión infinita y fórmula  $(\text{Si}_2\text{O}_5)_2^{2-}$ , que constituyen la unidad fundamental de los filosilicatos. En ellas los tetraedros se distribuyen formando hexágonos. El silicio tetraédrico puede estar, en parte, sustituido por  $\text{Al}^{3+}$  o  $\text{Fe}^{3+}$ .

Estas capas tetraédricas se unen a otras octaédricas de tipo gibbsita o brucita. En ellas algunos  $\text{Al}^{3+}$  o  $\text{Mg}^{2+}$ , pueden estar sustituidos por  $\text{Fe}^{2+}$  o  $\text{Fe}^{3+}$  y más raramente por Li, Cr, Mn, Ni, Cu o Zn. El plano de unión entre ambas capas está formado por los oxígenos de los tetraedros que se encontraban sin compartir con otros tetraedros (oxígenos apicales), y por grupos  $(\text{OH})^-$  de la capa brucítica o gibsitica, de forma que, en este plano, quede un  $(\text{OH})^-$  en el centro de cada hexágono formado por 6 oxígenos apicales. El resto de los  $(\text{OH})^-$  son reemplazados por los oxígenos de los tetraedros.

Una unión similar puede ocurrir en la superficie opuesta de la capa octaédrica. Así, los filosilicatos pueden estar formados por dos capas: tetraédrica más octaédrica y se denominan bilaminares, 1:1, o T:O; o bien por tres capas: una octaédrica y dos tetraédricas, denominándose trilaminares, 2:1 o T:O:T. A la unidad formada por la unión de una capa octaédrica más una o dos tetraédricas se

la denomina lámina. Si todos los huecos octaédricos están ocupados, la lámina se denomina trioctaédrica ( $Mg^{2+}$  dominante en la capa octaédrica). Si solo están ocupadas dos tercios de las posiciones octaédricas y el tercio restante está vacante, se denomina dioctaédrica (el  $Al^{3+}$  es el catión octaédrico dominante). En algunos filosilicatos (esmeclitas, vermiculitas, micas...) las láminas no son eléctricamente neutras debido a las sustituciones de unos cationes por otros de distinta carga. El balance de carga se mantiene por la presencia, en el espacio interlamina, o espacio existente entre dos láminas consecutivas, de cationes (como por ejemplo en el grupo de las micas), cationes hidratados (como en las vermiculitas y esmeclitas) o grupos hidroxilo coordinados octaédricamente, similares a las capas octaédricas, como sucede en las cloritas. A estas últimas también se las denomina T:O:T:O o 2:1:1. La unidad formada por una lámina más la interlámina es la

Figura 10. Estructura de sepiolita y la paligorskita.



FUENTE:

[http://nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/BK/Arcillas\\_%20propiedades%20y%20usos.pdf](http://nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/BK/Arcillas_%20propiedades%20y%20usos.pdf)

unidad estructural. Los cationes interlaminares más frecuentes son alcalinos (Na y K) o alcalinotérreos (Mg y Ca).

Las fuerzas que unen las diferentes unidades estructurales son más débiles que las existentes entre los iones de una misma lámina, por ese motivo los filosilicatos tienen una clara dirección de exfoliación, paralela a las láminas. (14)

### **3.1.8 PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS DE LAS ARCILLAS**

Las importantes aplicaciones industriales de este grupo de minerales radican en sus propiedades físico-químicas. Dichas propiedades derivan, principalmente, de:

- Su extremadamente pequeño tamaño de partícula (inferior a 2 mm).
- Su morfología laminar (filosilicatos).
- Las sustituciones isomórficas, que dan lugar a la aparición de carga en las láminas y a la presencia de cationes débilmente ligados en el espacio interlaminar.

Como consecuencia de estos factores, presentan, por una parte, un valor elevado del área superficial y, a la vez, la presencia de una gran cantidad de superficie activa, con enlaces no saturados. Por ello pueden interaccionar con muy diversas sustancias, en especial compuestos polares, por lo que tienen comportamiento plástico en mezclas arcilla-agua con elevada proporción sólido/líquido y son capaces en algunos casos de hinchar, con el desarrollo de propiedades reológicas en suspensiones acuosas.

Por otra parte, la existencia de carga en las láminas se compensa, como ya se ha citado, con la entrada en el espacio interlaminar de cationes débilmente ligados y con estado variable de hidratación, que pueden ser intercambiados fácilmente mediante

(14) Fuente:

[http://nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigosBK/Arcillas\\_%20propiedades%20y%20usos.pdf](http://nutritime.com.br/arquivos_internos/artigosBK/Arcillas_%20propiedades%20y%20usos.pdf)

la puesta en contacto de la arcilla con una solución saturada en otros cationes, a esta propiedad se la conoce como capacidad de intercambio catiónico y es también la base de multitud de aplicaciones industriales. (14)

### **3.1.8.1 SUPERFICIE ESPECÍFICA**

La superficie específica o área superficial de una arcilla se define como el área de la superficie externa más el área de la superficie interna (en el caso de que esta exista) de las partículas constituyentes, por unidad de masa, expresada en  $m^2/g$ .

Las arcillas poseen una elevada superficie específica, muy importante para ciertos usos industriales en los que la interacción sólido-fluido depende directamente de esta propiedad.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de superficies específicas de arcillas:

- Caolinita de elevada cristalinidad hasta  $15 m^2/g$
- Caolinita de baja cristalinidad hasta  $50 m^2/g$
- Illita hasta  $50 m^2/g$
- Montmorillonita  $80-300 m^2/g$  (14)

### **3.1.8.2 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO**

Es una propiedad fundamental de las esmectitas. Son capaces de cambiar fácilmente, los iones fijados en la superficie exterior de sus cristales, en los espacios interlaminares, o en otros espacios interiores de las estructuras, por otros existentes en las soluciones acuosas envolventes. La capacidad de intercambio catiónico (CEC)

(14) Fuente:

[http://nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigosBK/Arcillas\\_%20propiedades%20y%20usos.pdf](http://nutritime.com.br/arquivos_internos/artigosBK/Arcillas_%20propiedades%20y%20usos.pdf)

se puede definir como la suma de todos los cationes de cambio que un mineral puede adsorber a un determinado pH. Es equivalente a la medida del total de cargas negativas del mineral. Estas cargas negativas pueden ser generadas de tres formas diferentes:

- Sustituciones isomórficas dentro de la estructura.
- Enlaces insaturados en los bordes y superficies externas.
- Disociación de los grupos hidroxilos accesibles.

El primer tipo es conocido como carga permanente y supone un 80 % de la carga neta de la partícula; además es independiente de las condiciones de pH y actividad iónica del medio. Los dos últimos tipos de origen varían en función del pH y de la actividad iónica. Corresponden a bordes cristalinos, químicamente activos y representan el 20 % de la carga total de la lámina.

- Caolinita: 3-5
- Illita: 10-50
- Montmorillonita: 80-200 (14)

### **3.1.8.3 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN**

Algunas arcillas encuentran su principal campo de aplicación en el sector de los absorbentes ya que pueden absorber agua u otras moléculas en el espacio interlaminar (esmeclitas) o en los canales estructurales (sepiolita y paligorskita).

La capacidad de absorción está directamente relacionada con las características texturales (superficie específica y porosidad) y se puede hablar de dos tipos de

(14) Fuente:

[http://nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigosBK/Arcillas\\_%20propiedades%20y%20usos.pdf](http://nutritime.com.br/arquivos_internos/artigosBK/Arcillas_%20propiedades%20y%20usos.pdf)

procesos que difícilmente se dan de forma aislada: absorción (cuando se trata fundamentalmente de procesos físicos como la retención por capilaridad) y adsorción (cuando existe una interacción de tipo químico entre el adsorbente, en este caso la arcilla, y el líquido o gas adsorbido, denominado adsorbato).

La capacidad de adsorción se expresa en porcentaje de adsorbato con respecto a la masa y depende, para una misma arcilla, de la sustancia de que se trate. La absorción de agua de arcillas absorbentes es mayor del 100% con respecto al peso. (14).

#### **3.1.8.4 HIDRATACIÓN E HINCHAMIENTO**

La hidratación y deshidratación del espacio interlaminar son propiedades características de las esmectitas, y cuya importancia es crucial en los diferentes usos industriales. Aunque hidratación y deshidratación ocurren con independencia del tipo de catión de cambio presente, el grado de hidratación sí está ligado a la naturaleza del catión interlaminar y a la carga de la lámina.

La absorción de agua en el espacio interlaminar tiene como consecuencia la separación de las láminas dando lugar al hinchamiento. Este proceso depende del balance entre la atracción electrostática catión-lámina y la energía de hidratación del catión. A medida que se intercalan capas de agua y la separación entre las láminas aumenta, las fuerzas que predominan son de repulsión electrostática entre láminas, lo que contribuye a que el proceso de hinchamiento pueda llegar a disociar completamente unas láminas de otras. Cuando el catión interlaminar es el sodio, las esmectitas tienen una gran capacidad de hinchamiento, pudiendo llegar a producirse la completa disociación de cristales individuales de esmectita, teniendo como

(14) Fuente:

[http://nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigosBK/Arcillas\\_%20propiedades%20y%20usos.pdf](http://nutritime.com.br/arquivos_internos/artigosBK/Arcillas_%20propiedades%20y%20usos.pdf)

resultado un alto grado de dispersión y un máximo desarrollo de propiedades coloidales. Si por el contrario, tienen Ca o Mg como cationes de cambio su capacidad de hinchamiento será mucho más reducida.

### **3.1.8.5 PLASTICIDAD**

Las arcillas son eminentemente plásticas. Esta propiedad se debe a que el agua forma una envuelta sobre las partículas laminares produciendo un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ellas.

La elevada plasticidad de las arcillas es consecuencia, nuevamente, de su morfología laminar, tamaño de partícula extremadamente pequeño (elevada área superficial) y alta capacidad de hinchamiento.

Generalmente, esta plasticidad puede ser cuantificada mediante la determinación de los índices de Atterberg (Límite Líquido, Límite Plástico y Límite de Retracción). Estos límites marcan una separación arbitraria entre los cuatro estados o modos de comportamiento de un suelo sólido, semisólido, plástico y semilíquido o viscoso (Jiménez Salas, et al., 1975).

La relación existente entre el límite líquido y el índice de plasticidad ofrece una gran información sobre la composición granulométrica, comportamiento, naturaleza y calidad de la arcilla. Existe una gran variación entre los límites de Atterberg de diferentes minerales de la arcilla, e incluso para un mismo mineral arcilloso, en función del catión de cambio. En gran parte, esta variación se debe a la diferencia en el tamaño de partícula y al grado de perfección del cristal. En general, cuanto más

(14) Fuente:

[http://nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigosBK/Arcillas\\_%20propiedades%20y%20usos.pdf](http://nutritime.com.br/arquivos_internos/artigosBK/Arcillas_%20propiedades%20y%20usos.pdf)

pequeñas son las partículas y más imperfecta su estructura, más plástico es el material.

(14)

### **3.1.8.6 TIXOTROPÍA**

La tixotropía se define como el fenómeno consistente en la pérdida de resistencia de un coloide, al amasarlo, y su posterior recuperación con el tiempo. Las arcillas tixotrópicas cuando son amasadas se convierten en un verdadero líquido. Si, a continuación, se las deja en reposo recuperan la cohesión, así como el comportamiento sólido. Para que una arcilla tixotrópica muestre este especial comportamiento deberá poseer un contenido en agua próximo a su límite líquido. Por el contrario, en torno a su límite plástico no existe posibilidad de comportamiento tixotrópico.(14)

### **3.1.9 LA ARCILLA EN LA CONSTRUCCIÓN**

La Arcilla desempeña un gran papel en la construcción, por ser materia prima para la fabricación de Cemento y Cerámica.

Generalmente la Arcilla es untuosa, suave al tacto y exhala olor a tierra húmeda.

Las partículas de la Arcilla tienen unas dimensiones comprendidas entre 0,002 y 0,0001 mm. de diámetro y proceden de la descomposición de rocas de Feldespato.

Tiene la propiedad de que, puesta en agua, se hincha, pudiendo absorber hasta 200 veces su peso en agua. (15)

Es utilizada desde la prehistoria para la elaboración de féretros, tumbas, vasijas o recipientes utilitarios. También en la construcción de edificaciones. Con ella se

(14) Fuente:

[http://nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigosBK/Arcillas\\_%20propiedades%20y%20usos.pdf](http://nutritime.com.br/arquivos_internos/artigosBK/Arcillas_%20propiedades%20y%20usos.pdf)

hacían tapias, adobes y ladrillos. En la antigüedad, tablillas hechas de arcilla servían de papel o soporte para la escritura cuneiforme.

Humedecida con agua se constituye en una masa de fácil manejo que, colocada al sol, se seca y endurece. Pero sometida al calor (generalmente en un horno de alfarero), adquiere un carácter rígido y se le denomina cerámica.

Su uso del pasado no se diferencia del actual. Sólo han variado las técnicas gracias al avance de las tecnologías y la demanda de otros materiales o elementos.

Hoy no sólo es utilizada en la elaboración de vasijas, platos, vasos, ladrillos, instrumentos musicales (ocarina) y obras de arte. También se emplea en muchos procesos industriales en los que funge como materia prima. Entre ellos destacan la producción de cemento, loza, porcelana, papel y sustancias de filtrado. (16)

### **3.1.9.1 USO DE LA ARCILLA EN LA ANTIGÜEDAD**

El inicio de la construcción en materiales imperecederos se produce cuando el hombre abandona el nomadismo para adoptar unas pautas de vida sedentarias -proceso que comienza a partir del Neolítico-. Desde el inicio de esta evolución, los hombres han construido con los materiales que le rodeaban, con aquello que tenían al alcance de la mano. Sólo los edificios con fines claramente propagandísticos, templos y palacios, sobre todo, eran levantados utilizando otras materias de mayor costo y dificultad de trabajo.

Su uso en la construcción se difundió primero a Egipto y al lejano Oriente, pasando después a Europa a través de Grecia y Roma.

(15) Fuente: <https://www.construmatica.com/construpedia/Arcilla>

(16) Fuente: <https://www.rocasyminales.net/arcilla/>

Los primeros núcleos de habitación en los que aparecen construcciones realizadas en material imperecedero se dan en Mesopotámica -Tell Mureybet y Ali Kosh- en el IX milenio a.C. Se trata de casas rectangulares construidas en tapial -mezcla de material orgánico, arcilla y elementos aglutinantes- de características muy primitivas. En el VIII milenio a.C. se detectan en Mureybet viviendas edificadas con bloques calcáreos unidos por mortero de arcilla.

Simultáneamente en Ali Kosh aparecen los primeros adobes -mezcla de arcilla, arenas limosas y agua-, aunque de muy pequeño tamaño, hasta el período de Samarra (5500 años a.C.) se comienza a utilizar el adobe como material de construcción en edificios.

El ladrillo cocido aparece 3000 años a.C. -Palacio de Nippur en Mesopotámica-, usándose como elemento decorativo y cubrimiento de muros realizados en adobe. El ladrillo cocido suponía una gran mejora con respecto al de adobe, pues era mucho más duro, además de resistir mejor el paso del tiempo y los agentes naturales -lluvias y viento-. En zonas como Egipto y Mesopotámica donde los vientos están cargados de arena y suele llover de forma torrencial, las edificaciones levantadas con adobe, que eran la gran mayoría, han desaparecido casi en su totalidad -salvo cuando han permanecido soterradas por las dunas-, mientras las edificaciones construidas con ladrillo cocido se han conservado mejor.

En Egipto su utilización es posterior y parece haber sido introducido desde la vecina Mesopotámica. En este país la roca también era muy abundante, lo que provocó que ambos materiales constructivos alternaran. En general, la piedra se reservó para conjuntos arquitectónicos de gran entidad y elevado costo como los templos.

Los primeros edificios construidos con adobe en Egipto son de la Primera Dinastía 3050 años a.C. -Mastabas de Saqara y Naqada y tumbas de Abidos-. La definitiva difusión del ladrillo cocido tuvo lugar en el Imperio Nuevo (1540-1070 años a.C.) y sobre todo en la época Greco-Romana. Durante estos períodos el adobe y el ladrillo cocido convivieron en la edificación, siendo muy habitual la utilización en una misma construcción de ambos materiales; el ladrillo cocido para las partes más expuestas al desgaste y a la humedad y el adobe para el resto del conjunto.

El mundo Romano fue el gran difusor de la construcción en ladrillo cocido que permitió la edificación de los vastos complejos monumentales del Imperio, tarea difícil de completar con cualquier otro material. De esta forma, los romanos se convirtieron en los grandes difusores del uso del ladrillo cocido, pues a su accesibilidad se añadía la posibilidad de producir grandes cantidades a corto plazo, con la consiguiente reducción de costos y de tiempo. Además, constituían un material muy resistente que podía conseguirse de diversas formas y tamaños. (17)

#### **3.1.9.1.1 ¿CÓMO SE OBTENÍA LA ARCILLA EN LA ANTIGÜEDAD?**

La obtención de arcilla podía realizarse de muy diversas formas, aunque dos eran los procedimientos fundamentales de extracción. La arcilla que se hallaba en la orilla de los ríos, que resultaba un sistema sencillo y que permitía la obtención del material en numerosas zonas. Tiene el inconveniente de portar gran cantidad de materia orgánica que deberá ser eliminada para la correcta cocción.

(17) Fuente: CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES NORMA LISSETTE ZEA OSORIO

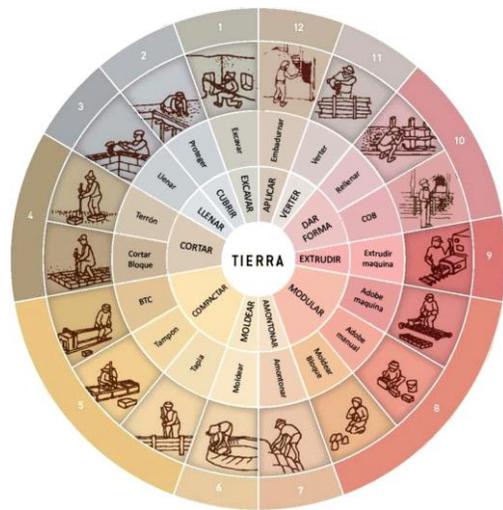
Otra forma era cavando hasta encontrar una veta arcillosa, que era expuesta completamente, separándola de la capa de suelo orgánico. Se creaba de esta manera una mina a cielo abierto de la cual se obtenía la arcilla cortándola en bloques.

La situación geográfica del alfarero estaba íntimamente relacionada con el lugar en el que se obtuviese la materia prima con el objetivo de facilitar su transporte o incluso eliminarlo completamente. (17)

Figura 11. Técnicas de construcción

### 3.1.9.2 TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN

Las técnicas de construcción en tierra son muy variadas: doce métodos de construcción son presentados a continuación en la “rueda de las técnicas”. Estas son clasificadas en función de la plasticidad del material tierra respecto a su aplicación en obra: seco, húmedo, plástico, viscoso o incluso líquido. (18)



FUENTE: ARQUITECTURA y CONSTRUCCIÓN en TIERRA Estudio Comparativo de las Técnicas Contemporáneas en Tierra

#### 3.1.9.2.1 TÉCNICAS TRADICIONALES

En las técnicas tradiciones se puede observar que son métodos mayormente manuales o artesanales entre estos están:

(17) Fuente: CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES NORMA LISSETTE ZEA OSORIO

- **El ADOBE.** Bloque de barro secado al sol. Éste suele estar mezclado con fibras vegetales, generalmente paja, para darle mayor cohesión al bloque.
- **El TAPIAL o TAPIA.** Muro compuesto por tierra arcillosa húmeda, apisonada y compactada gracias a un encofrado.
- **El BTC, o Bloque de Tierra Comprimido.** Similar en forma al adobe, pero diferente en su forma de producción. Compuesto de una base de arcilla húmeda más un aglomerante, se comprime y moldea, mediante una prensa mecánica manual o automática.
- **La TIERRA ENSACADA,** también conocida como Superadobe. Compuesto húmedo de tierra con una pequeña parte de cemento o cal que al verterlo dentro de una especie de mangas de polietileno u otros materiales, queda retenido formando hileras superpuestas que configuran el edificio.
- **El COB.** Técnica que consiste en añadir “bolas” de barro viscoso que al juntarse unas con otras, forman hiladas. Éstas deben dejarse secar cada cierta altura para asegurar su estabilidad.

*Figura 12. Plasticidad de las técnicas de construcción*

TECNICAS	PLASTICIDAD
1 EXCAVAR	SOLIDO Y/O SECO
2 CUBRIR	
3 LLENAR	
4 CORTAR	
5 COMPACTAR	HUMEDO
6 MOLDEAR	PLASTICO
7 AMONTONAR	
8 MODULAR	
9 EXTRUDIR	
10 DAR FORMA	LIQUIDO
11 VERTIR	
12 APLICAR	

FUENTE: ARQUITECTURA y CONSTRUCCIÓN en TIERRA Estudio Comparativo de las Técnicas Contemporáneas en Tierra

(18) Fuente: ARQUITECTURA y CONSTRUCCIÓN en TIERRA Estudio Comparativo de las Técnicas Contemporáneas en Tierra

- **El TERRÓN.** Llamado así tanto el bloque de tierra y hierba extraída del suelo, como la propia técnica que consiste en apilar dichos bloques en el muro. Principalmente empleado en Uruguay.

Además, existen técnicas mixtas, que mezclan y combinan la tierra con otros materiales que le aportan cualidades portantes o flexibles:

- **El ADOBILLO.** Técnica que mezcla una estructura portante de madera, con otra de relleno que confiere estabilidad y arriostamiento al conjunto. Este relleno, similar al adobe, aunque diferente en forma, se machihembra entre los pilares de madera. Usado en Chile.
- **La QUINCHA o BAHAREQUE.** Entramado de caña, bambú u otro elemento flexible, recubierto por barro. Ligero y elástico. Muy común en Sudamérica y Panamá.
- **La TIERRA ALIVIANADA.** Técnica compuesta por una estructura portante, de madera o incluso acero, en la que el relleno es barro con un alto contenido en fibras, casi siempre paja. Liviano y aislante. (19)

### 3.1.9.2.2 TÉCNICAS CONTEMPORÁNEAS

La voluntad de hacer una arquitectura cada día más sostenible ha hecho emerger un material que se fue abandonando a lo largo del siglo XX. La sociedad y los técnicos han vuelto la mirada hacia la tierra que reivindica su lugar en una nueva cultura. Este resurgir como material más ecológico todavía no es generalizado, pero sin duda alguna se da en todo el mundo. La construcción con tierra ha dado

(19) Fuente: [www.meta2020arquitectos.com](http://www.meta2020arquitectos.com)

un paso adelante en los procesos de fabricación. Con la industrialización de los materiales de tierra se mejoran las características naturales del material y se garantizan unas calidades óptimas para su empleo y puesta en obra, reduciendo los tiempos de ejecución.

En los últimos tiempos se ha desarrollado:

- La prefabricación del tapial y la introducción en taller de sistemas de instalaciones dentro de los muros.
- Nuevas técnicas antisísmica: por ejemplo, la quinchita metálica.
- Desarrollo de la técnica de la extrusión para la realización de bloques y paneles de tierra.
- Nuevos materiales de construcción en tierra que aportan nuevas soluciones.
- Construcción en seco con materiales prefabricados en tierra.
- Creatividad y desarrollo formal en la arquitectura de tierra. (18)

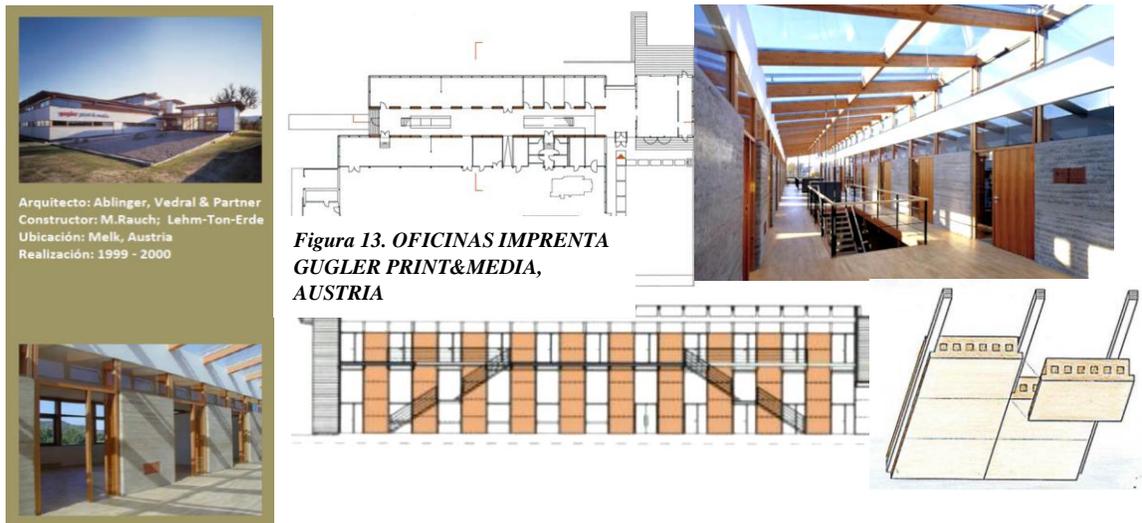
Entre los más resaltantes observaremos tanto información como ejemplos de las técnicas contemporáneas como ser:

- **TAPIAL PREFABRICADO:** Tapialblock es un bloque prefabricado de grandes dimensiones elaborado a partir de tierra natural compactada. Está compuesto de un material mezcla de tierras naturales extraídas de canteras seleccionadas y áridos reciclados procedentes de derribos, que recibe el nombre de tierra 0-30.

(18) Fuente: ARQUITECTURA y CONSTRUCCIÓN en TIERRA Estudio Comparativo de las Técnicas Contemporáneas en Tierra

El desarrollo de este material es fruto de la labor de investigación de Fetdeterra, empresa especializada en nuevos procesos y materiales para la bioconstrucción, con la tierra como material base para una arquitectura sostenible. La tierra utilizada como material de construcción tiene una composición formada por una mezcla de arcilla, limos, arena, y puede tener gravilla o grava. La arcilla actúa como aglomerante de las partículas más grandes de la tierra, como lo hace el cemento en el hormigón.

Las ventajas que ofrece el bloque prefabricado de tierra frente al sistema tradicional de construcción de muros de tapial son: el control del material, el curado y calidad del producto, una geometría constante y unas dimensiones regulares. (20)



FUENTE: ARQUITECTURA y CONSTRUCCIÓN en TIERRA Estudio  
Comparativo de las Técnicas Contemporáneas en Tierra

(20) Fuente: <https://tectonica.archi/materials/bloque-prefabricado-de-tierra-natural-compactada/>

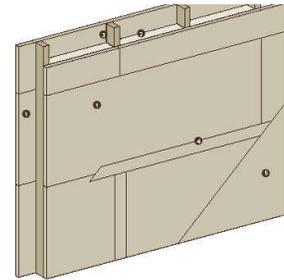
- **PANEL CLAYTEC:** Se trata de un panel prefabricado que produce la empresa Claytec. El panel está compuesto por una mezcla de tierra, arcilla, aditivos orgánicos y minerales con un refuerzo de caña. Tiene una densidad aprox. de 700 kg/m<sup>3</sup> y se produce por prensado mecánico en una cadena de montaje.

Figura 14. Panel Claytec

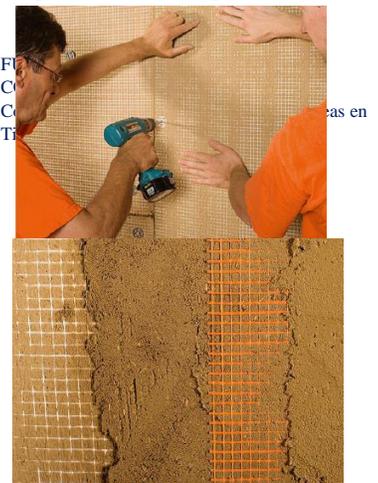


Figura 15. Panel Radiante Wem

Está disponible en el mercado en los siguientes formatos: 150x62,5x2,0/2,5 cm, 62,5 X62,5 cm x 1,6 mm. Se instala en seco por carpinteros o contratistas de paneles de yeso sobre una sub-estructura (medida de sub-estructura recomendadas: 37,5 cm para paneles de 2,0 cm de espesor; 50 cm para paneles de 2,5 cm de espesor). (18)



- **PANEL RADIANTE WEM:** Se trata de un panel radiante prefabricado que produce la empresa Wem. El panel está compuesto por una mezcla de tierra, paja, aditivos naturales; una tubería de plástico o metal de 16 x 2 mm; En las caras del panel se aplica una capa de fibra de vidrio. Se produce por prensado mecánico en una cadena de montaje. (18)



### 3.1.9.3 BENEFICIOS DEL USO DE LA ARCILLA EN LA CONSTRUCCIÓN

- **Versatilidad**

(18) Fuente: ARQUITECTURA y CONSTRUCCIÓN en TIERRA Estudio Comparativo de las Técnicas Contemporáneas en Tierra

Los materiales de construcción de arcilla se pueden usar en una enorme variedad de aplicaciones, prácticamente en cualquier lugar y en todos los estilos arquitectónicos. Las tejas de arcilla y los ladrillos se usan en la construcción de viviendas unifamiliares o bloques de apartamentos, edificios públicos o de oficinas, así como en fachadas, jardines, tejados, terrazas y espacios abiertos. (21)

- **Eficiencia energética**

Los materiales de construcción de arcilla pueden reducir el consumo energético de los edificios gracias a sus excelentes propiedades de aislamiento y su capacidad de almacenamiento de calor. (21)

- **Durabilidad**

Los materiales de construcción de arcilla son robustos, estables y, en consecuencia, son especialmente duraderos: su vida útil supera los 150 años. En todas partes del mundo, podemos encontrar edificios de ladrillos que llevan siglos en pie. Los edificios fabricados con ladrillos y tejas de arcilla son resistentes a las inclemencias del tiempo, presentan propiedades antisísmicas y son ignífugos. (21)

- **Estética**

Gracias a la amplia gama de colores, formas y superficies disponibles, nuestros ladrillos y tejas de arcilla son enormemente estéticos y versátiles. La gama de colores abarca desde el blanco más blanco hasta el rojo clásico y el

(21) Fuente: <https://wienerberger-world.com/es/expertise/clay-building-materials-advantages/>

negro carbón. Entre las variantes disponibles, encontramos acabados rugosos, suaves y vidriados, así como formatos alargados y anchos. El número de diseños posibles y variaciones de los productos implementados es prácticamente ilimitado. Las tejas, los ladrillos vistos y los adoquines se pueden coordinar entre sí a la perfección. (21)

- **Economía**

Un sólido cerramiento hecho de ladrillo se puede construir de manera rápida y flexible, lo que permite ahorrar tiempo y dinero. El viento, la lluvia, el calor y las heladas no provocan daños en estos materiales de construcción de arcilla. En consecuencia, los costes de servicio y mantenimiento son bajos. Además, las beneficiosas propiedades de aislamiento de los materiales de construcción de arcilla también contribuyen a reducir los costes energéticos. (21)

- **Natural**

Como están hechos a partir de materias primas naturales (como arcilla y agua), los ladrillos vistos, las tejas y los adoquines son especialmente sostenibles. Estos materiales de construcción están exentos de contaminantes y alérgenos, por lo que son especialmente compatibles con los humanos y la naturaleza. (21)

- **Valor estable**

A pesar del paso de los años, los edificios fabricados con materiales de construcción de arcilla conservan su valor o, incluso, lo aumentan. Debido a

(21) Fuente: <https://wienerberger-world.com/es/expertise/clay-building-materials-advantages/>

su durabilidad y estabilidad y a la especial calidad de vida que aportan, los edificios y apartamentos de ladrillos son muy demandados y obtienen altos valores de reventa. Es más, los ladrillos y las tejas son fáciles de limpiar y requieren poco mantenimiento. (21)

- **El barro regula la humedad ambiental**

Tiene la capacidad de absorber y resorber humedad más rápido y en mayor cantidad que los demás materiales de construcción. Por eso regula el clima interior de las casas. Según experimentos llevados a cabo en la Universidad de Kassel , Alemania, demostraron que los bloques de barro pueden absorber 30 veces más humedad que los ladrillos cocidos en un lapso de dos días. Está comprobado que la humedad en el aire y el intercambio del mismo tiene grandes consecuencias en la salud de las personas que habitan en las casas con bajo intercambio de aire y poca humedad ambiental. (21)

- **El barro almacena calor**

Al igual que otros materiales densos, el barro almacena calor. En zonas climáticas donde las diferencias de temperaturas son amplias, o donde es necesario almacenar la ganancia térmica por vías pasivas, el barro puede balancear el clima interior. (21)

- **El barro ahorra energía y disminuye la contaminación ambiental**

El barro prácticamente no produce contaminación ambiental en relación a los otros materiales de uso frecuente, para preparar, transportar y trabajar el barro

(21) Fuente: <https://wienerberger-world.com/es/expertise/clay-building-materials-advantages/>



en el sitio se necesita solo 1% de energía requerida para la preparación, transporte y elaboración de hormigón armado o ladrillos cocidos. (21)

- **El barro es reutilizable**

El barro crudo se puede volver a utilizar ilimitadamente. Solo necesita ser triturado y humedecido con agua para ser reutilizado. El barro en comparación con otros materiales no será nunca un escombros que contamine el medio ambiente. (21)

- **El barro preserva la madera y otros materiales orgánicos**

El barro mantiene secos los elementos de madera y los preserva cuando están en directo contacto con él, debido a su bajo equilibrio de humedad de 0.4 a 6 % en peso y a su alta capilaridad.

Los insectos y los hongos no pueden destruir la madera en esas condiciones ya que los mismos necesitan una humedad de 14 a 20%. (22)

- **El barro absorbe contaminantes**

Es una realidad que el barro puede absorber contaminantes disueltos en el agua. Por ejemplo, existe una planta de demostración en Berlin-Ruhleben que remueve fosfatos de 600 m<sup>3</sup> de aguas residuales diariamente usando suelos arcillosos. Los fosfatos se pegan a los minerales de la arcilla y son extraídos de los residuos. La ventaja de este procedimiento es que no quedan

(21) Fuente: <https://wienerberger-world.com/es/expertise/clay-building-materials-advantages/>

(22) Fuente: <http://reko.com.ar/2018/12/17/construccion-en-barro-y-sus-ventajas/>



substancias ajenas en el agua ya que el fosfato se convierte en fosfato de calcio y se puede reutilizar como fertilizante. (22)

### 3.2 ANÁLISIS DE MODELOS REFERENTES EN LA ACTUALIDAD

#### 3.2.1 HOTEL LOS COLORADOS - PURMAMARCA

“Los Colorados” es un complejo de Cabañas Boutique, se encuentra en el pintoresco pueblo de Purmamarca, al pie del Cerro de Siete Colores, sobre el Paseo de Los Colorados, mimetizándose con sus colores y en armonía con el paisaje y los cerros que lo enmarcan. (23)

Un lugar exclusivo, que lo cautivará con su magia, la energía de los cerros y el cielo azul intenso durante el día y cubierto de nítidas estrellas por la noche. (23)

Cuenta con una ubicación única y estratégica debido a que la plaza principal de la ciudad de Purmamarca se encuentra a aproximadamente a 500 metros del complejo, lo que le permite al visitante sentirse integrado y parte tanto de la belleza

*Figura 16. Hotel los colorados*



FUENTE: <http://www.turismoruralargentina.com/cabana-purmamarca/los-colorados.html>

*Figura 17. Ubicación Satelital - Hotel los colorados*



FUENTE: <http://www.turismoruralargentina.com/cabana-purmamarca/los-colorados.html>

(22) Fuente: <http://reko.com.ar/2018/12/17/construccion-en-barro-y-sus-ventajas/>

(23) Fuente: <http://www.turismoruralargentina.com/cabana-purmamarca/los-colorados.html>

de la naturaleza que lo rodea como de la belleza arquitectónica de la ciudad y sus atractivos turísticos.

*Figura 18. Vista lateral – Hotel los colorados*

- **ESTILO.**

Este completo se distingue por un estilo arquitectónico distintivo de fusión de andino con detalles contemporáneos, construido con adobe, terminado con aristas



FUENTE:

<https://www.google.com/maps/place/Los+Colorados+Caba%C3%B1as+Boutique>

redondeadas, con techo de caña, los cuales siguen las irregularidades de los tirantes de palo santo. (23)

- **INTERIOR.**

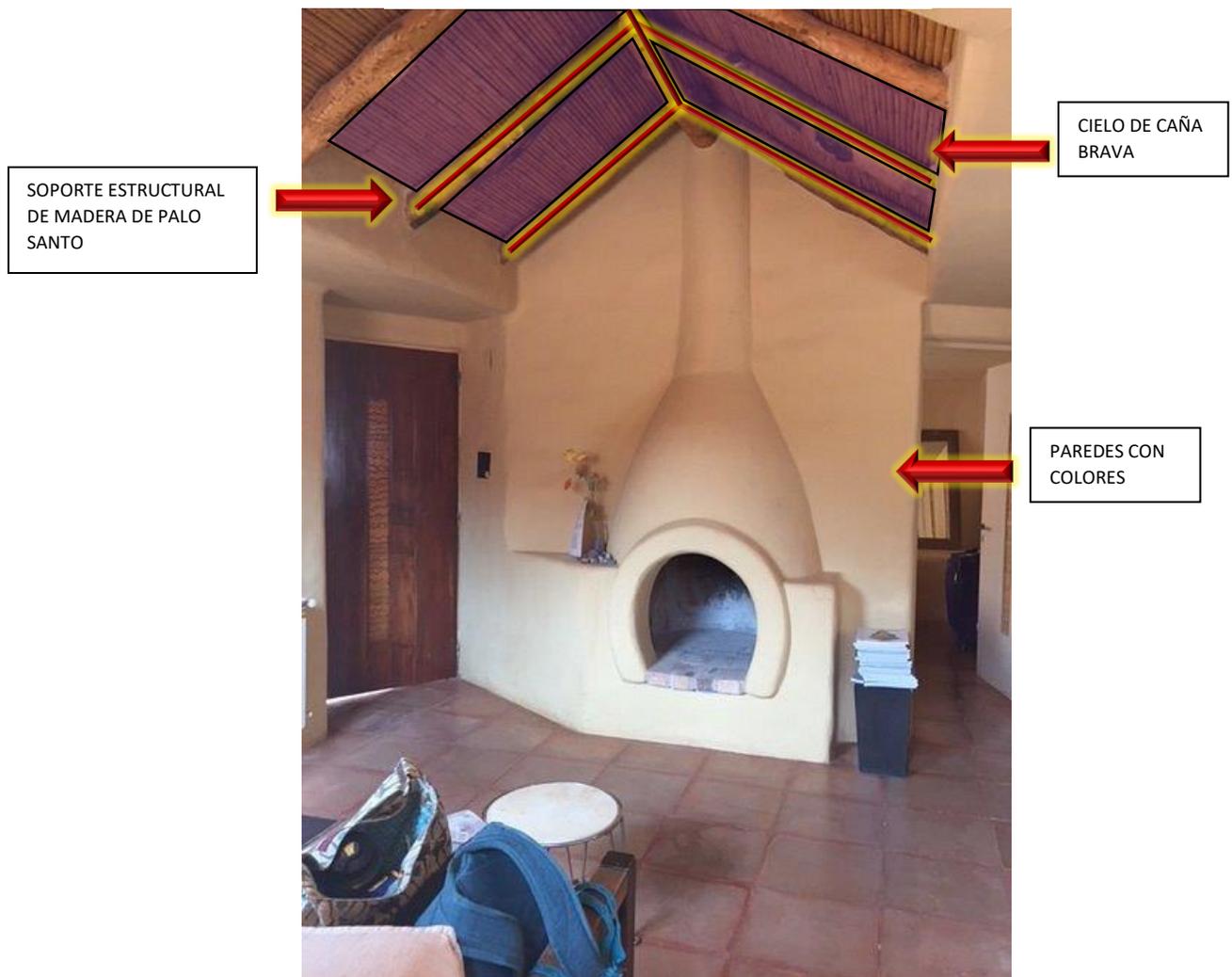
Debido a la fusión andina deja ver una arquitectura vernácula típica de la zona, pero dándole aportes contemporáneos. (24)

(23) Fuente: <http://www.turismoruralargentina.com/cabana-purmamarca/los-colorados.html>

(24) Fuente: <https://www.booking.com/hotel/ar/los-colorados.es-ar.html>

Las cabañas presentan paredes con colores tierra, elegantes tonos pastel y acabados irregulares, usando también la caña brava como cielo, que es sujeta con alambre y barnizada y como soporte estructural incorpora madera de palo santo para la cubierta, combinando así los estilos y creando un confort para el visitante. (24)

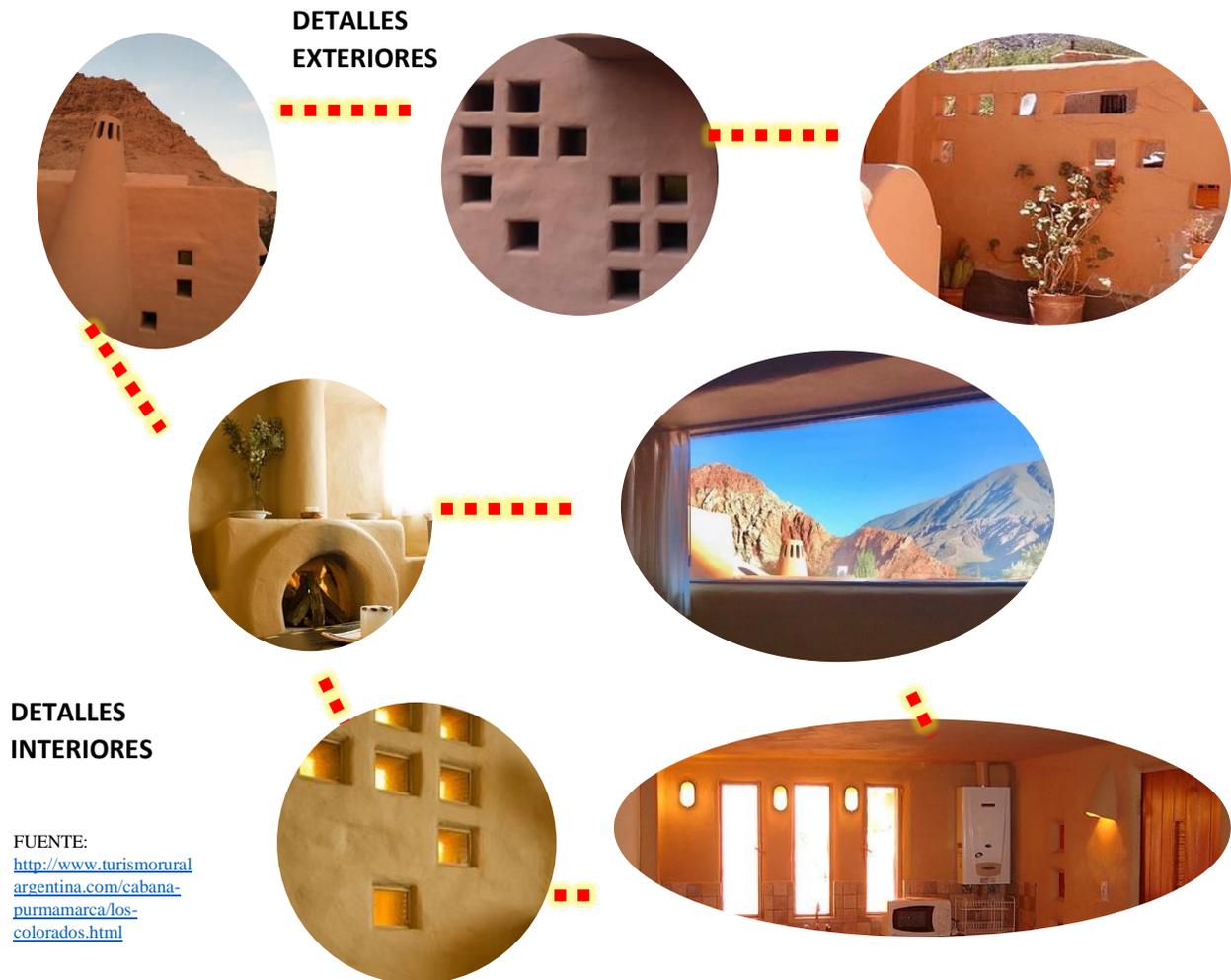
*Figura 19. Vista Interior – Hotel los colorados*



(24) Fuente: <https://www.booking.com/hotel/ar/los-colorados.es-ar.html>

Figura 20. Análisis exterior e interior – Hotel los colorados

1



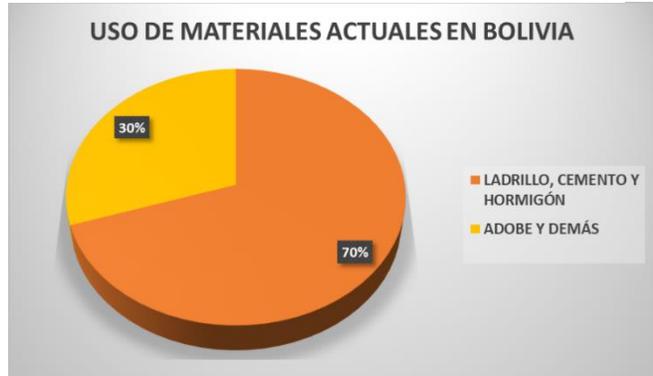
- **CONCLUSIONES**

Por medio del análisis establecido del proyecto de Purmamarca como modelo referencial, se logra resaltar la integración de la arquitectura en tierra (vernácula) con elementos modernos como el uso de materiales industrializados como ser el hormigón, permitiéndole espacios y aberturas de mayor extensión. Permitiendo observar la versatilidad y la integración de la arcilla y la tierra al ámbito moderno siendo que estos buscan integrarse al entorno y no avasallarlo.

### 3.3 USO DE LA ARCILLA EN LA CONSTRUCCIÓN EN BOLIVIA

Las viviendas en Bolivia tanto en las construidas de manera propia como las otorgadas por planes sociales y el gobierno nacional, están siendo construidas con la incorporación de materiales modernos. La tendencia actual apunta sin duda hacia la modernidad, hacia una arquitectura habitacional que implica que la belleza de las obras está plasmada en el material con el que está edificado.

Figura 21. Uso de materiales en Bolivia



FUENTE: ALTERNATIVAS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO EN TIERRA PARA LOS PISOS ECOLÓGICOS DE TARIJA BALDIVIESO ALARCÓN

Bolivia no se ve inerte ante el cambio y desarrollo en el sector de arquitectura, el material de construcción pasó del adobe al ladrillo; de techumbres de paja al mayor uso de calaminas; del piso de tierra a la preferencia por los pisos de cemento, mosaico y el machihembre. (25)

Nos enfocaremos en esta ocasión sobre todo a al departamento de Tarija enfocándose en tres pisos fundamentalmente en la zona Altiplano, Valle y Trópico, donde en resumen se muestra el cambio en el porcentaje de empleo de materiales tradicionales como la tierra u otros obtenidos dentro de las propias zonas, versus los materiales industrializados; con la intención de mostrar el cambio de percepción que se tuvo y

(25) Fuente: ALTERNATIVAS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO EN TIERRA PARA LOS PISOS ECOLÓGICOS DE TARIJA BALDIVIESO ALARCÓN GIOVANNA

tiene sobre el empleo de ciertos materiales, técnicas, en un camino directo a la pérdida de conciencia ambiental (refiriéndose al impacto ambiental que produce las construcciones), eficiencia energética y confort térmico.

*Cuadro 1. Pisos Ecológicos de Tarija*

ZONA GEOGRÁFICA HOMOGÉNEA	MUNICIPIOS	SECCIÓN
ZONA DEL ALTIPLANO TARIJEÑO	EL PUENTE	2DA SECCIÓN PROV. MÉNDEZ
	YUNCHARÁ	2DA SECCIÓN PROV. AVILÉS
	SAN LORENZO	1RA SECCIÓN PROV. MÉNDEZ
ZONA DEL VALLE CENTRAL	CERCADO	PROV. CERCADO
	SAN LORENZO	1RA SECCIÓN PROV. MÉNDEZ
	URIONDO	1RA SECCIÓN PROV. AVILÉS
	PADCAYA	1RA SECCIÓN PROV. ARCE
ZONA TRÓPICO	BERMEJO	2DA SECCIÓN PROV. ARCE
	PADCAYA	1RA SECCIÓN PROV. ARCE
	ENTRE RÍOS	PROV. 0'CONNOR

FUENTE: ALTERNATIVAS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO EN TIERRA PARA LOS PISOS ECOLÓGICOS DE TARIJA BALDIVIESO ALARCÓN GIOVANNA

Hay dos puntos fundamentales a considerar:

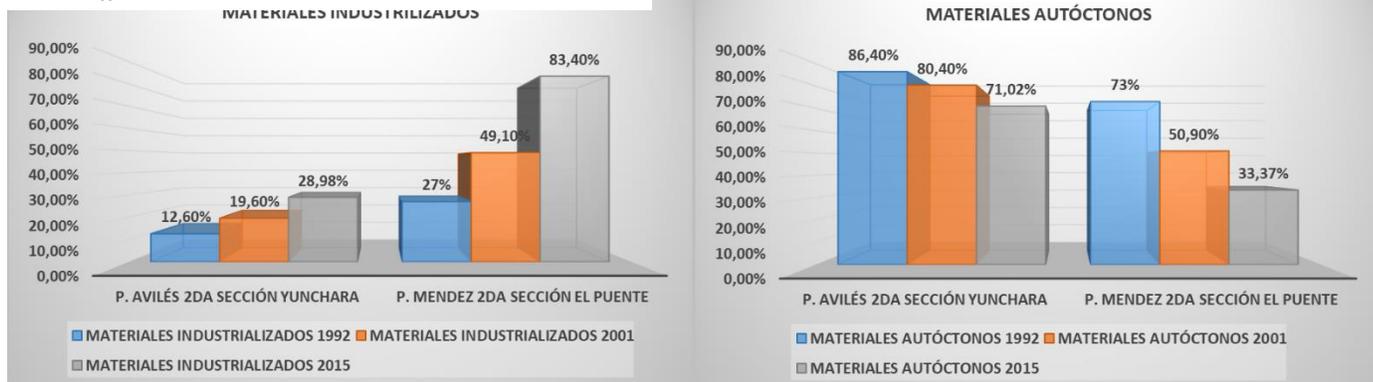
- Que las condiciones climáticas de cada piso influyen en el empleo de los materiales y en los porcentajes de empleo de los mismos para lograr sobrellevar los cambios de clima.
- Que la accesibilidad a las diferentes zonas, al referirse al traslado de los materiales de construcción. (25)

(25) Fuente: ALTERNATIVAS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO EN TIERRA PARA LOS PISOS ECOLÓGICOS DE TARIJA BALDIVIESO ALARCÓN GIOVANNA

Procederemos a ver la diferenciación de los usos de los materiales modernos y autóctonos en los pisos ecológicos del departamento y su aumento o disminución de su uso.

- **ZONA DEL ALTIPLANO TARIJEÑO (ANDINA)**

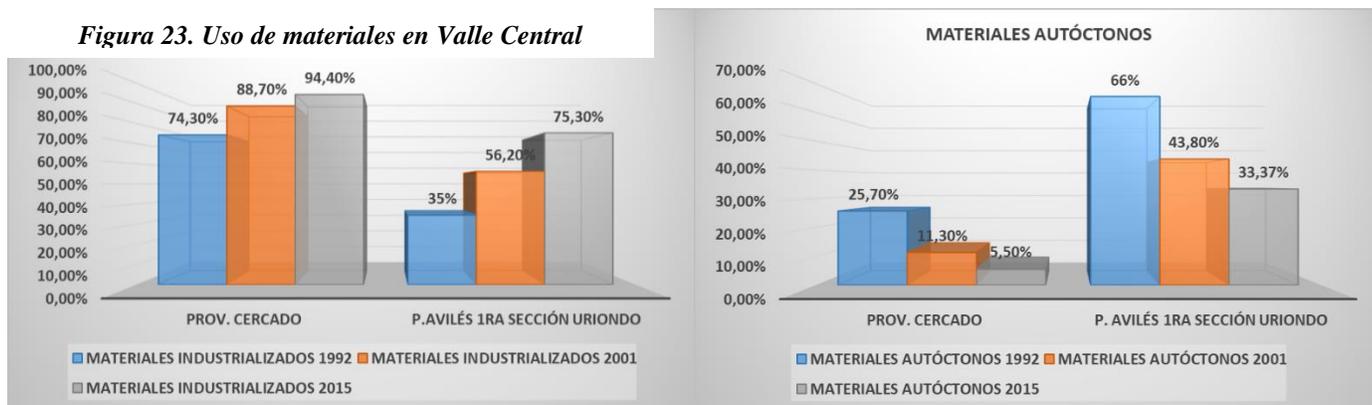
**Figura 22. Uso de materiales en Zona Andina**



FUENTE: ALTERNATIVAS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO EN TIERRA PARA LOS PISOS ECOLÓGICOS DE TARIJA BALDIVIESO ALARCÓN GIOVANNA

- **ZONA VALLE CENTRAL**

**Figura 23. Uso de materiales en Valle Central**

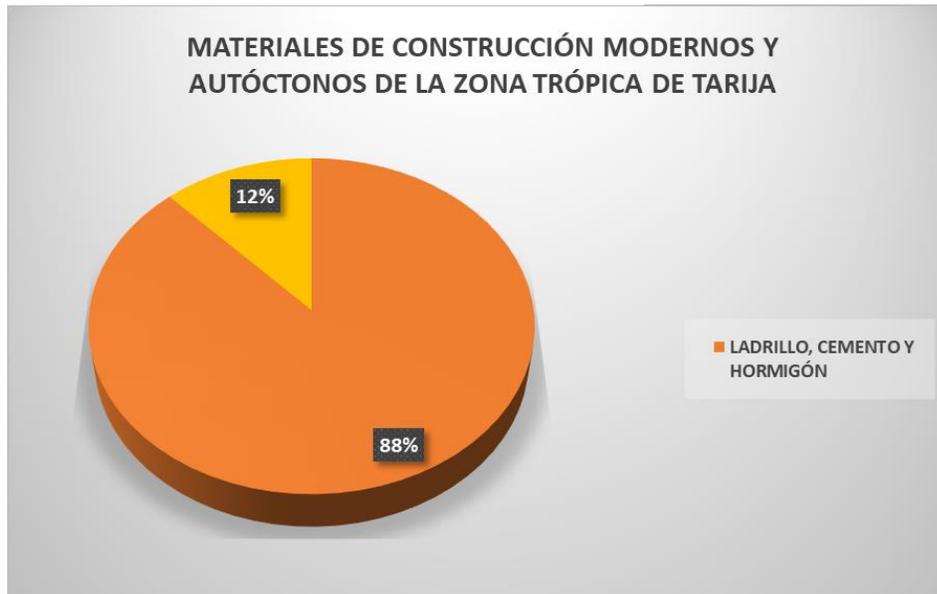


FUENTE: ALTERNATIVAS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO EN TIERRA PARA LOS PISOS ECOLÓGICOS DE TARIJA BALDIVIESO ALARCÓN GIOVANNA

(25) Fuente: ALTERNATIVAS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO EN TIERRA PARA LOS PISOS ECOLÓGICOS DE TARIJA BALDIVIESO ALARCÓN GIOVANNA

- **ZONA TRÓPICO (SUBANDINA)**

*Figura 24. Uso de materiales en Zona Sub-Andina*



FUENTE: ALTERNATIVAS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO EN TIERRA PARA LOS PISOS ECOLÓGICOS DE TARIJA BALDIVIESO ALARCÓN GIOVANNA

### 3.4 REVESTIMIENTOS

#### 3.4.1 ¿QUÉ SON LOS REVESTIMIENTOS?

Los revestimientos en arquitectura se pueden definir como todo elemento superficial que, al aplicarlo sobre la cara de otro elemento constructivo, protege y mejora su aspecto estético, así como otras propiedades técnicas. (26)

#### 3.4.2 TIPOS DE REVESTIMIENTOS

El material de revestimiento estará relacionado con el medio y el lugar que necesitamos recubrir, es por eso que se observan dos campos importantes como ser: Revestimientos interiores y revestimientos exteriores, por lo que estas condicionantes delimitarían a los efectos que se van a someter ya sea de manera directa o indirecta.

(26) Fuente: <https://www.lostiempos.com/tendencias/casa/20180225/revestimientos-arquitectura-base-del-diseno-construccion>

En esta ocasión nos enfocaremos en los revestimientos interiores.

### **3.4.3 REVESTIMIENTOS NATURALES**

Después de años de crecimiento en la construcción donde primaba solo el beneficio económico es hora de tomar conciencia de nuestro entorno y reflexionar sobre cómo queremos seguir creciendo, intentando crear un hábitat más natural y sobre todo más saludable para nosotros. Según la OMS Organización Mundial de la salud, el 20% de la población occidental está afectada por el Síndrome del Edificio Enfermo, conjunto de molestias causadas por los factores contaminantes en el interior de las viviendas modernas. Esto se debe principalmente a la falta de transpiración en las paredes, pinturas plásticas, aislamientos de poliestireno, y de los materiales utilizados, se conocen más de 50.000 sustancias tóxicas usadas en la construcción y decoración que se siguen comercializando a pesar del conocimiento de los efectos nocivos. Todo esto nos lleva a la proliferación de enfermedades tales como la intolerancia a las sustancias químicas (SQM), electrosensibilidad, las alergias, etc. cuyo origen se encuentra en la vivienda. El objetivo sería alcanzar el bienestar físico – psíquico dentro del espacio que habitamos cada día.

Utilización de materiales naturales, abundantes, locales, de bajo coste energético de fabricación, reciclables, además de un diseño arquitectónico adecuado a las condiciones climáticas locales y a la utilización de energías renovables, la recuperación de agua, etc, serán las claves de para esa sostenibilidad. Muchos de estos conceptos también se pueden tener en cuenta en una pequeña reforma o redecoración de nuestro hogar.

Durante siglos el ser humano ha sido capaz de adaptarse al medio que le rodea para construir su hogar de una forma confortable y sostenible. En cada geografía o clima

se han encontrado los materiales o las técnicas adecuadas para construir y dotar de confort a las viviendas. Se trataría de recuperar algunas de esas técnicas y materiales tradicionales conjugándolos con la innovación tecnológica que hoy disponemos. (27)

### 3.4.3.1 TIPOS DE REVESTIMIENTOS NATURALES.

- **EL TADELAKT, BELLEZA NATURAL**

Es una técnica tradicional de revoco de cal marroquí. Se emplea una cal especial que se compacta con piedras, adquiriendo de esta manera brillo. Estas superficies resplandecientes ejercen una atracción sobre nosotros que es difícil de expresar. No se puede evitar tocar estas superficies. Gracias al tipo de

tratamiento al que es sometido se crea una superficie fascinante, ondulada, viva, natural y brillante. El efecto de color del tadelakt no es uniforme, sino que depende del tratamiento al que sea sometido. Donde el material se compacta de manera más intensa, surge una tonalidad más oscura,

más profunda. Dependiendo de la luz a la que esté expuesto, el color de una superficie de tadelakt será diferente cada vez.

El tadelakt existe desde la antigüedad.

*Figura 25. El Tadelakt*



FUENTE:

<https://www.nomadbubbles.com/tadelakt-marruecos/>



FUENTE:

<https://www.nomadbubbles.com/tadelakt-marruecos/>

(27) Fuente: <https://bioconstrucciononline.com/revestimientos-naturales/>

Tradicionalmente la técnica de tadelakt ha sido empleada por bereberes que transmitieron de generación en generación sus conocimientos y el tratamiento necesario. Tadelakt, del verbo marroquí “dellek”, significa amasar, aplastar. Una vez



FUENTE: <https://www.easvtadelakt.com/es/content/4-tadelakt>

aplicado se termina de bruñir –aplastar- con una piedra lisa de gran dureza y se le aplica jabón negro, de aceite de oliva, para hidrofugarlo. Es muy apto para su utilización como revestimiento en baños, creando una superficie continua y que transpira. (27)

- **EL BARRO O ARCILLA EN SU USO COMO REVESTIMIENTO INTERIOR.**

El barro es el material que ofrece la naturaleza más sencillo y antiguo para la construcción. Es de fácil aplicación, está disponible en una amplia gama de colores minerales y texturas, brinda interesantes y múltiples posibilidades del diseño. Es 100% reciclable, accesible y económico.

El uso característico de los morteros revestimientos interiores de barro es el revestido de las paredes interiores en sustitución del yeso. Partiendo de la base de que el 80% de la climatización de una habitación está directamente influenciada por los primeros 2 cm de pared, un revoco de barro actúa en el clima interior a través de su principal propiedad física natural: la regulación

(27) Fuente: <https://bioconstrucciononline.com/revestimientos-naturales/>

del nivel de humedad de forma automática. La humedad relativa del aire en una sala revestida con mortero de barro, siempre estará alrededor de un 55% a un 60%; el nivel de humedad ideal para el desarrollo de la vida humana.

*Figura 26. Revestimientos de barro*



FUENTE: <https://decofilia.com/revestimiento-de-arcilla/>

Otra propiedad importante de los revocos de barro es su capacidad para absorber sustancias tóxicas, permite limpiar el aire de una forma natural, pasiva y continua. También neutraliza los malos olores, ofreciendo un aroma limpio y fresco. Las posibilidades creativas de este material son extraordinarias y puede ser aplicado de múltiples formas para crear ambientes diversos: modernos, convencionales o rústicos. Los morteros de barro permiten un acabado liso y también se pueden añadir otros materiales, como semillas, granos de



FUENTE: <https://bioconstrucciononline.com/revestimientos-naturales/>

(27) Fuente: <https://bioconstrucciononline.com/revestimientos-naturales/>

vidrio, fibras o plantas aromáticas; las posibilidades de diseño son casi ilimitadas. (27)

### **LOS REVOCOS DE CAL.**

Los revocos y estucos de cal, antes muy utilizados y luego olvidados, ahora vuelven sobre todo en la restauración del patrimonio. Con la aparición y expansión de la utilización del cemento se perdió la práctica del uso de

*Figura 27. Revestimientos de cal*



FUENTE: <https://bioconstrucciononline.com/revestimientos-naturales/>

la cal. Sin embargo, esta tiene, en ciertos aspectos, ventajas sobre el cemento siendo un material más ecológico.

Los revocos de cal se pueden utilizar en interiores o exteriores, se pueden colorear en masa y dejar superficies lisas o rugosas. (27)

### **3.4.3.2 BENEFICIOS DE LOS REVESTIMIENTOS NATURALES DE ARCILLA.**

Los revestimientos de arcilla para paredes interiores tienen muchas ventajas que conviene conocer si estás buscando un producto ecológico y con elevadas prestaciones para el acabado de los paramentos verticales en casa.

(27) Fuente: <https://bioconstrucciononline.com/revestimientos-naturales/>

Regulan la humedad del ambiente, impidiendo que se resequen las mucosas durante los meses de calefacción, y además aíslan del ruido y los cambios bruscos de temperatura. Las paredes interiores de arcilla son, por ejemplo, la solución ideal para las habitaciones de los niños.

Se trata de morteros hechos a base de arcillas sin aditivos y arenas seleccionadas que están ganando mucha consideración entre los profesionales más sensibilizados con los materiales de construcción naturales y con el concepto de “sostenibilidad” aplicado a la edificación.

La gran ventaja de los morteros de arcilla para interiores respecto a otros materiales es que repercuten positivamente sobre la salud y el confort de los habitantes de la casa, ya que regulan la humedad, incrementan el ahorro energético por su elevada inercia térmica, mejoran la absorción de olores y gases, y son un eficaz aislante acústico.

Además, aportan una gran versatilidad al diseño de interiores, entre otras cosas, porque el propio mortero incorpora ya el color de acabado (a base de mezclas de minerales coloreados). La diversidad de colores, que enfatizan aquellos que suelen estar presentes en la naturaleza, y la variedad del gránulo de los morteros de arcilla permiten crear espacios interiores de gran interés visual tanto en casas de campo, como en mansiones de lujo o lofts urbanos.

(27) Fuente: <https://bioconstrucciononline.com/revestimientos-naturales/>

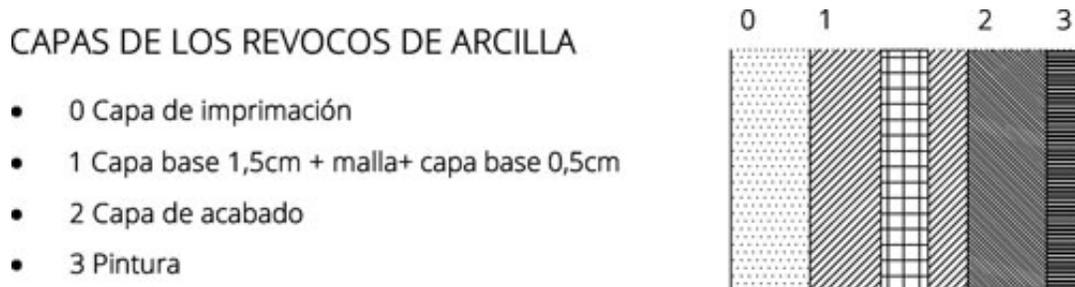


En las habitaciones de los niños, los revestimientos de arcilla en las paredes aportan innumerables beneficios. Al regular la humedad (absorbiéndola cuando es excesiva y liberándola cuando es escasa), no se resecan ni la garganta ni las mucosas en los meses de invierno con el uso intensivo de la calefacción. La humedad relativa del aire en los espacios revestidos con arcillas se mantiene en un 55 a 60 por ciento, el porcentaje más saludable. Por otro lado, al absorber los olores y las sustancias nocivas en el ambiente que emanan algunos materiales, las paredes interiores de arcilla permiten disfrutar de un aire siempre limpio y saludable, algo extremadamente importante en las habitaciones de los niños. Además, la arcilla usada como revestimiento en las casas favorece el descanso de los pequeños (y de los que ya no lo son tanto) gracias a sus propiedades fonoabsorbentes, que impiden que el ruido de las calles penetre en el interior de las casas. (28)

### 3.4.3.3 ELABORACIÓN DE UN REVESTIMIENTO NATURAL DE ARCILLA

Antes de entrar en materia, veremos las diferentes capas que componen un revoco o revestimiento natural de arcilla. (29)

*Figura 28. Capas de revestimientos de arcilla*



FUENTE: <https://www.arkialbura.com/revestimiento-natural-de-arcilla/>

Para que un revoco funcione, es vital que el soporte donde se aplicarán las distintas capas tenga un buen agarre mecánico o adherencia.

Por ejemplo, no es lo mismo tener un soporte de termoarcilla (rugoso), que una placa de fibra yeso (liso). Si tiene buena adherencia, con un salpicado de mortero de agarre de cal es suficiente. En caso contrario utilizaríamos una capa de imprimación para mejorar el agarre.

Cada soporte tiene una dureza, porosidad y adherencia mecánica diferente y por ello te animo a consultar cada caso con un especialista.

Una vez que tenemos el soporte óptimo, pasaríamos a las capas del revoco.

Cada capa que se aplica, es un mortero de arcilla que se compone de:

**Arcilla + árido (arena) + agua + fibras (según capa)**

*Figura 29. Componentes de un mortero de arcilla*



FUENTE: <https://www.arkialbura.com/revestimiento-natural-de-arcilla/>

Uno de los secretos del mortero de arcilla, es que cuando hacemos la mezcla, si lo dejamos reposar, el mortero se va haciendo más untuoso, más flexible y se aplica mejor. (29)

- **1 CAPA BASE (CON O SIN FIBRAS)**

- La capa base es lo que le da el cuerpo al revoco y protege el soporte.

(28) Fuente: <https://www.decoestilo.com/articulo/paredes-interiores-con-revestimiento-de-arcilla/>

(29) Fuente: <https://www.arkialbura.com/revestimiento-natural-de-arcilla/>

- El espesor de la capa es de 1,5-2cm.
- La mezcla se realiza con áridos más gruesos.
- Se le pueden añadir fibras (paja cortada).
- Se coloca una malla (yute) para que no fisure el mortero.

*Figura 30. Capa base del revestimiento*



FUENTE: <https://www.arkialbura.com/revestimiento-natural/>

- Se deja rugoso para que agarre la siguiente capa.
- Aplicación con máquina o a mano, depende de los m<sup>2</sup> y caso. (29)

- **2 Capa acabado o enlucido**

- Esta capa es de terminación y al mismo tiempo de desgaste.
- El espesor de la capa es de 1-3mm.
- La mezcla se realiza con áridos muy finos.
- Se deja liso-fino para la siguiente capa. (29)

- **3 CAPA PINTURA**

- Última capa de pintura natural.
- Tipos de pinturas; de arcilla, de caseína, de silicato, de cal, etc.
- Al ser la última capa, es vital que transpire, para que todas las capas anteriores realicen su función. (29)

(29) Fuente: <https://www.arkialbura.com/revestimiento-natural-de-arcilla/>

## **3.5 TINTES NATURALES**

### **3.5.1 ¿QUÉ ES EL COLOR?**

Es una impresión producida en la vista, por la luz, en proporción a su longitud de onda o por la manera cómo es reflejada por un cuerpo. (30)

### **3.5.2 ¿QUÉ ES UN PIGMENTO?**

Es el material o sustancia en polvo, que tiene la propiedad de reflejar la luz en colores. (30)

### **3.5.3 ¿QUÉ ES UN TINTE?**

Son pigmentos que tienen la propiedad de teñir los materiales, como los tejidos. (30)

### **3.5.4 ¿QUÉ SON LOS TINTES NATURALES?**

Los tintes naturales son pigmentos orgánicos que se extraen de plantas, insectos y minerales, que por sus características químicas tienen la virtud de teñir fibras naturales como algodón, yute, lana, cáñamo, seda, etc. Al contrario que los tintes sintéticos, suelen ser ecológicos y sostenibles. No contienen componentes químicos derivados del petróleo, perjudiciales para la salud y el ambiente. Y considerando el lado estético, los colores y los tintes extraídos de plantas transmiten naturalidad, favoreciendo todos los tonos de piel con la armonía de sus infinitas combinaciones. (31)

(29) Fuente: <https://www.arkialbura.com/revestimiento-natural-de-arcilla/>

(30) Fuente: <https://impresa.lapatria.bo/noticia/256906/tintes-naturales-en-artesania>

(31) Fuente: <https://www.slowfashionnext.com/blog/tintes-naturales-organic-dyes-historia-aplicaciones/>

### 3.5.5 ¿DE DÓNDE SE OBTIENEN LOS TINTES NATURALES?

Los tintes naturales a lo largo de los años se han usado para diferentes ámbitos, pero más frecuentemente en el ámbito textil y la industria de la moda ya que tienen la virtud de teñir fibras naturales como algodón, yute, lana, cáñamo, seda, etc.

Existen dos tipos primarios de pigmentos naturales utilizados para teñir: pigmentos solubles en aceite y pigmentos solubles en agua. Los pigmentos solubles en aceite tal como la clorofila o los carotenoides se dan en todas las plantas en varias cantidades.

La clorofila produce un color verde a verde oliva y los carotenoides (como los que hay en las zanahorias naranjas) producen pigmentos amarillos a rojos. Un gran rango de flavonoides solubles en agua también da un color el cual da color a y tiene una función en muchas flores, frutas y vegetales. Ejemplos de pigmentos flavonoides son el rosado-púrpura hallado en la remolacha y el amarillo en cáscara de a cebolla. La antocianina roja a azul es un flavonoide hallado en muchas plantas. Entre otras funciones la antocianina ayuda a algunas plantas a protegerse de los efectos de la de células de la radiación ultravioleta, (31) ... y atrae a los depredadores para que consuman sus frutos y ayuden a dispensar las semillas del fruto y ayudar a reproducir la especie. (32)

A manera de regla, los tintes naturales se extraen de plantas al pulverizarlas, desmenuzarlas o cortarlas. Las partes de la planta luego son colocadas en agua calentada a una temperatura justo por debajo del punto de ebullición hasta que el color

(31) Fuente: <https://www.slowfashionnext.com/blog/tintes-naturales-organic-dyes-historia-aplicaciones/>

(32) Fuente: [https://www.handsontheland.org/grsa/resources/curriculum/elem\\_sp/lesson24.htm](https://www.handsontheland.org/grsa/resources/curriculum/elem_sp/lesson24.htm)

se haya transferido al agua. Cuando el color es añadido a un material saturado en mordiente, el tinte se adhiere entonces a la fibra del material. Los mordientes ayudan a que los colores se adhieran permanentemente en las fibras. (33)

### 3.5.6 ¿POR QUÉ TINTES NATURALES?

Porque son mejores que los tintes sintéticos.

En efecto, los tintes naturales son mejores productos, simplemente porque no contienen componentes químicos perjudiciales para la salud. En esa medida son productos sanos y más confiables que los colorantes de síntesis química.

Las plantas colorantes se usan por siglos en las altas culturas de la humanidad, prueba de gran afinidad con el hombre. Muchas de ellas son utilizadas como plantas medicinales como el índigo, el molle o la ratania. Por el contrario, hay colorantes sintéticos muy peligrosos para la salud tanto que son prohibidos en los países con legislación ambiental y de salud pública más avanzados como la Comunidad Europea. (34)

- Más estéticos, tonalidades únicas

Si hablamos de estética, los colores naturales transmiten belleza, no sólo llaman la atención de la vista por su brillo. La natural armonía de sus combinaciones los hace de un alto valor para el consumidor. Los colores naturales siempre ofrecen matices de contraste y gamas de tonalidades imposibles de lograr con colorantes artificiales. (34)

(33) Fuente: <https://www.ecured.cu/Antocianinas>

(34) Fuente: <http://www.ecotintes.com/content/por-que-tintes-naturales>



- Ambiental y socialmente sustentables

Los colorantes vegetales representan una fuente sustentable respecto a su contraparte sintética, pues son un recurso renovable; los colorantes sintéticos no, ellos provienen del petróleo. Ecotintes no emplea mordientes tóxicos como cromo, estaño ni cobre; además utiliza auxiliares naturales o de bajo/nulo impacto. (34)

### 3.5.7 TINTES NATURALES EN LA CONSTRUCCIÓN

A lo largo de los años los tintes naturales o pigmentos naturales se han comenzado a usar en diferentes ámbitos ya no solo en lo textil, si no que se está comenzando a presentar en nuestro medio, en el medio de la construcción.

- **Pinturas naturales para paredes interiores**

Entendemos que en estos espacios es vital la permeabilidad al vapor de agua y la fácil limpieza sin chorro de agua.

El enjalbegado es un tratamiento con jabelga, un producto en formato de pintura que contiene una mezcla de cal y polvo de mármol (similar al estuco, pero de consistencia líquida). Generalmente se aplica en rehabilitación ya que es un método tradicional que hemos venido recuperando.

Las pinturas con base de cal (cal aérea) generalmente seleccionada CL 90-S con áridos y pigmentos naturales también se utiliza por su gran transpirabilidad, además que se trata de una protección natural frente al ataque

(34) Fuente: <http://www.ecotintes.com/content/por-que-tintes-naturales>



microbiológico. Cuando se aplican sobre un soporte poroso, como el hormigón, el mortero de cemento el yeso o el yeso laminado necesitan de una imprimación acrílica reguladora de la absorción. (35)

Las pinturas de origen vegetal se aplican con una imprimación natural de origen vegetal, a base de aceite vegetal en dispersión acuosa, tiza, dióxido de titanio y éteres de celulosa, sin sustancias volátiles de origen petrolífero, prácticamente la misma composición que las propias pinturas.

**Figura 31. Posibles tintes naturales**

Café = Marrón oscuro
Té = Marrón Tostado
Pieles de cebolla hervidas = Amarillo Oscuro
Cúrcuma = Amarillo brillante
Colorante para paella = Naranja claro
Pimentón = Naranja
Remolacha = Rosa oscuro
Frambuesas = Fucsia
Zumo de uva morado o vino = Lavanda - Lila
Pieles de cebolla morada hervida = Morado pálido
Moras = Morado
Arándanos = Azul grisáceo
Lombarda hervida = Azul
Lombarda hervida con Bicarbonato = Verde azulado
Espinacas = Verde oscuro
Albahaca = Verde
Matcha = Verde claro

FUENTE: <https://teoriadeconstruccion.net/blog/pinturas->

Las pinturas naturales de origen mineral (al silicato) necesitan generalmente dos imprimaciones, una impregnación consolidante a base de silicato potásico y aceites y una a base de silicato potásico y polvo de mármol blanco, para la aplicación de la pintura, con polvo de mármol blanco, aceites y pigmentos naturales, con un contenido de sustancias orgánicas volátiles inferior a 5 g/litro. (35)

- **Pinturas naturales para muros exteriores**

Podemos repetir la clasificación anterior, teniendo en cuenta que las pinturas vegetales son más complicadas en el ambiente exterior, ya que generalmente

(35) Fuente: <https://teoriadeconstruccion.net/blog/pinturas-naturales-para-cualquier-superficie/>

tienen menos durabilidad que las de origen mineral (alta durabilidad en cualquier ambiente, e incluso menos que las de cal en ambientes secos)

Tintes naturales para maderas

Se observa un listado sobre los distintos «remedios» naturales para conseguir los colorantes que combinados con ceras y aceites puedan teñir la madera. (35)

### **3.6 ESTABILIZACIONES**

#### **3.6.1 ¿QUÉ SON LOS ESTABILIZADORES DE SUELOS?**

La tierra que no posee las características deseadas para una construcción particular puede ser mejorada añadiendo uno o más estabilizadores. Cada estabilizador puede cumplir uno (o a lo sumo dos) de las siguientes funciones: Incrementa la resistencia a la compresión y al impacto de la construcción de tierra. Reduce o elimina completamente la absorción de agua. Reduce la expansión y contracción excesiva reforzando el suelo con material fibroso. (36)

#### **3.6.2 ¿QUE TIPOS DE ESTABILIZACIONES EXISTEN?**

Un gran número de sustancias podrían ser utilizados para estabilizar el suelo, y se están realizando muchas investigaciones para encontrar el estabilizador más adecuado para cada tipo de suelo, pero, a pesar de estos esfuerzos de investigación, no hay un estabilizador "milagroso" que pueda ser utilizado en todos los casos. (36)

Los estabilizadores disponibles en la naturaleza más comúnmente utilizados en construcciones tradicionales son:

- Arena y arcilla.

(35) Fuente: <https://teoriadeconstruccion.net/blog/pinturas-naturales-para-cualquier-superficie/>



- Paja y fibras de plantas.
- Jugos de plantas (savia látex, aceites).
- Cenizas de madera.
- Excremento de animal (principalmente estiércol y orina de caballo).
- Otros productos de animales (sangre, pelo, cola, hormigueros).

Los estabilizadores manufacturados más comunes, (por ejemplo, productos y subproductos de las industrias locales o de los grandes procesos industriales) son:

- Cal y puzolana.
- Cemento Portland.
- Yeso.
- Asfalto.
- Estabilizadores de suelo comerciales.
- Silicato de sodio ("vidrio soluble").
- Resinas.
- Sueros (caseína).
- Melaza.

La elección del estabilizador más adecuado dependerá principalmente de los costos y de la disponibilidad local, pero también en cierto grado de la aceptación local. (37)

(36) Fuente: <https://tescosp.com/50-estabilizador-de-suelos>

### **3.6.2.1 ARENA Y ARCILLA**

- Estas son empleadas para corregir la calidad de la mezcla de suelo, esto es, se añade arena al suelo arcillosos o se añade arcilla al suelo arenoso.
- La arcilla seca usualmente se encuentra en forma de terrones duros, que tienen que ser bien triturados antes del mezclado. (37)

### **3.6.2.2 PAJA, FIBRAS DE VEGETALES.**

- Estas actúan como refuerzos, especialmente para moderar el agrietamiento en suelos con gran contenido de arcilla.
- Estas también hacen más livianos el suelo, incrementan sus propiedades aislantes (buena en regiones áridas y serranía) y aceleran el proceso de secado (proporcionando canales de drenaje).
- La paja es universalmente el refuerzo más común del suelo; casi cualquier tipo es aceptable (trigo, centeno, cebada, etc.), también el rastrojo de la mayoría de las cosechas de cereal.
- Otras fibras vegetales son sisal o henequén, cáñamo, hierba de elefante, estopa (fibra de coco), bagazo (residuo de caña de azúcar), etc. (37)

### **3.6.2.3 JUGOS DE PLANTAS**

- El jugo de hojas de plátano mezclados con cal mejora la resistencia a la erosión y disminuye la absorción de agua.

(37) Fuente:

<http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/spanish/sk01ms/sk01ms06.htm#:~:text=Estabilizadores%20Comerciales&text=Principalmente%20son%20productos%20qu%C3%ADmicos%20manufacturados,en%20la%20construcci%C3%B3n%20de%20carreteras.&text=Estos%20estabilizadores%20qu%C3%ADmicos%20trabajan%20esencialmente%20como%20impermeabilizantes.>

- Las grasas y aceites vegetales deben secarse rápidamente para que sean efectivas y proporcionen resistencia al agua. Algunos ejemplos son aceites de linaza, coco y algodón; el aceite de ricino es muy efectivo, pero es caro. (37)

#### **3.6.2.4 CENIZAS DE MADERA**

- La ceniza de madera dura, usualmente es rica en carbonato de calcio y tiene propiedades estabilizadoras, pero no siempre es adecuada para suelos arcillosos. Algunas cenizas incluso pueden ser dañinas al suelo.
- Más efectivo parece ser añadir de 5 a 10% (por volumen) de cenizas blancas finas, de madera dura completamente quemada. Con esto se mejora la resistencia a la compresión en seco. (37)

#### **3.6.2.5 EXCREMENTO DE ANIMAL**

- El estiércol es el estabilizador más común, valioso principalmente por su efecto reforzador (debido a las partículas fibrosas) y característica de repeler los insectos. No se mejora significativamente la resistencia al agua, y se reduce la resistencia a la compresión.
- La orina de caballo como sustituto del agua de mezclado elimina efectivamente el agrietamiento y mejora la resistencia a la erosión. Se obtienen mejores resultados añadiendo cal. (37)

(37) Fuente:

<http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/spanish/sk01ms/sk01ms06.htm#:~:text=Estabilizadores%20Comerciales&text=Principalmente%20son%20productos%20qu%C3%ADmicos%20manufacturados,en%20la%20construcci%C3%B3n%20de%20carreteras.&text=Estos%20estabilizadores%20qu%C3%ADmicos%20trabajan%20esencialmente%20como%20impermeabilizantes.>

### 3.6.2.6 OTROS PRODUCTOS ANIMALES

- La Sangre fresca de toro combinado con cal puede reducir enormemente el agrietamiento, sin embargo, también tiene poca aceptación social.
- La piel y el pelo animal es empleado usualmente para reforzar enlucidos.
- Las colas (pegamento) de animales, hechos de cuernos, huesos, pezuñas y pellejos, mejora la resistencia a la humedad.
- Los Hormigueros, como se sabe resisten la lluvia, pueden ser pulverizados y empleados como estabilizador para suelos arenosos. (37)

### 3.6.2.7 CAL Y PUZOLANA

- La cal viva (CaO), producida al calcinar piedra caliza, puede ser empleada para estabilizar, pero tiene varias desventajas: tiene que ser bien triturada antes de emplearse; se pone muy caliente (más de 150°C) y puede quemar la piel; el calor de hidratación tiende a secar rápidamente el suelo, con el riesgo de dilatar la hidratación por varios meses.
- La cal apagada o hidratada (Ca[OH]<sub>2</sub>), elaborada añadiendo agua a la cal viva, tiene menos desventajas. Puede ser empleada como polvo seco (disponible en bolsas), como lechada de cal (cal apagada con exceso de agua) o como masilla de cal (una masa viscosa). (37)

(37) Fuente:

<http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/spanish/sk01ms/sk01ms06.htm#:~:text=Estabilizadores%20Comerciales&text=Principalmente%20son%20productos%20qu%C3%ADmicos%20manufacturados,en%20la%20construcci%C3%B3n%20de%20carreteras.&text=Estos%20estabilizadores%20qu%C3%ADmicos%20trabajan%20esencialmente%20como%20impermeabilizantes.>

### 3.6.2.8 CEMENTO PORTLAND

- La reacción del cemento y el agua (conocido como hidratación) libera hidróxido de calcio (cal apagada) que reacciona con las partículas de arcilla para formar un tipo de aglomerante puzolánico. Si el contenido de arcilla es demasiado bajo, la cal permanece libre. Esto puede remediarse sustituyendo una proporción (de 15 a 40% por peso) de cemento por una puzolana, que usualmente es más barata que el cemento.
- El suelo y el cemento se deben mezclar secos, y el agua debe añadirse y mezclarse completamente justo antes de su utilización, ya que el cemento comienza a reaccionar con el agua inmediatamente.
- Una vez que el cemento ha empezado a endurecerse, se vuelve inservible. El suelo-cemento no puede ser reciclado.
- El Cemento Portland es el estabilizador que proporciona la mayor resistencia mecánica, así como resistencia a la penetración del agua, a las dilataciones y a las contracciones. (37)

### 3.6.2.9 YESO

- La estabilización del suelo con yeso no es muy común en la práctica y la información sobre su comportamiento es muy limitada.
- Como el yeso mezclado con el agua se endurece rápidamente, los bloques de adobe estabilizado con yeso no requieren prolongados períodos de curado, y pueden ser

(37) Fuente:

<http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/spanish/sk01ms/sk01ms06.htm#:~:text=Estabilizadores%20Comerciales&text=Principalmente%20son%20productos%20qu%C3%ADmicos%20manufacturados,en%20la%20construcci%C3%B3n%20de%20carreteras.&text=Estos%20estabilizadores%20qu%C3%ADmicos%20trabajan%20esencialmente%20como%20impermeabilizantes.>

empleados para la construcción de muros tan inmediatamente después de producidos.

- Las ventajas de la estabilización con yeso son poca contracción, apariencia lisa y alta resistencia mecánica. Además, el yeso se aglomera bien con las fibras (particularmente con el sisal), es muy resistente al fuego y no es atacado por insectos o roedores.
- La principal desventaja del yeso es su solubilidad en el agua, por lo cual requiere de cuidadosas medidas de protección: protección contra la lluvia en muros exteriores mediante enlucidos, enchapados o techos con aleros amplios; protección de la humedad interna generada, evitando el vapor de agua (en las cocinas) y la condensación; protección contra la absorción capilar mediante membranas impermeables. (37)

#### 3.6.2.10 ASFALTO

- Para la estabilización del suelo se puede emplear asfalto diluido, (esto es, mezclado con un disolvente como es la gasolina, kerosene o nafta), o como una emulsión (esto es, diluido en agua).
- El contenido de asfalto debe ser de 2 a 4%. Mayores proporciones producen resistencias a compresión peligrosamente bajas.
- Aunque la estabilización con asfalto no mejora la resistencia de la tierra, sí reduce significativamente la absorción de agua. En otras palabras, aunque la resistencia de suelo en seco no es muy alta, ésta no se reduce cuando se humedece. (37)

(37) Fuente:

<http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/spanish/sk01ms/sk01ms06.htm#:~:text=Estabilizadores%20Comerciales&text=Principalmente%20son%20productos%20qu%C3%ADmicos%20manufacturados,en%20la%20construcci%C3%B3n%20de%20carreteras.&text=Estos%20estabilizadores%20qu%C3%ADmicos%20trabajan%20esencialmente%20como%20impermeabilizantes.>

### 3.6.2.11 SOLUCIÓN DE SILICATO DE SODIO

- El silicato de sodio trabaja como impermeabilizantes y también evita el crecimiento de hongos.
- Los bloques de suelo son sumergidos en la solución aproximadamente por un minuto, después que se aplica la solución con una brocha dura. Se repite el procedimiento por segunda vez y se dejan secar los bloques en un lugar protegido por siete días como mínimo. (37)

### 3.6.2.12 RESINAS

- Las resinas son extractos vegetales procesados tales como la savia de los árboles, o subproductos de diversos procesos industriales.
- Las principales ventajas son resistencia al agua (aunque no en todos los casos), rápido fraguado y solidificación de suelos muy húmedos.
- Sin embargo, las principales desventajas son el alto costo, tecnología de producción sofisticada y la necesidad de mayores cantidades que los estabilizadores convencionales. Las resinas a menudo son tóxicas y degradable por los agentes biológicos. (37)

### 3.6.2.13 SUEROS

- El suero (caseína) es un líquido rico en proteínas formado al hacer requesón. Su empleo en edificaciones será muy limitado en la mayoría de países en desarrollo, debido a su valor nutritivo. Sin embargo, en regiones en donde se produce suero en

(37) Fuente:

<http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/spanish/sk01ms/sk01ms06.htm#:~:text=Estabilizadores%20Comerciales&text=Principalmente%20son%20productos%20qu%C3%ADmicos%20manufacturados,en%20la%20construcci%C3%B3n%20de%20carreteras.&text=Estos%20estabilizadores%20qu%C3%ADmicos%20trabajan%20esencialmente%20como%20impermeabilizantes.>

exceso, su uso como estabilizador superficial para construcciones de tierra se considera muy valioso. (37)

#### **3.6.2.14 MELAZA**

- La melaza es un producto secundario de la industria azucarera.
- Añadiendo melaza al suelo se mejora su resistencia a la compresión y se reduce la capilaridad del suelo. (37)

### **3.6.3 SELECCIÓN DE MATERIALES PARA ESTABILIZACIÓN.**

#### **3.6.3.1 FIBRAS VEGETALES**

Las plantas poseen un tipo de células especializadas cuya función principal consiste en proporcionarles sostén, éstas son las células esclerenquimáticas y su característica principal es una pared secundaria engrosada compuesta de celulosa, hemicelulosa y lignina. Existe un tipo de células esclerenquimáticas, también llamadas células prosenquimáticas, que son alargadas, esbeltas y estrechas, tienen los extremos afilados y generalmente forman grupos, que son llamadas fibras. Las fibras se encuentran principalmente en los tallos, pero también en las raíces, en las hojas, en los frutos y las semillas. (39)

(37) Fuente:

<http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/spanish/sk01ms/sk01ms06.htm#:~:text=Estabilizadores%20Comerciales&text=Principalmente%20son%20productos%20qu%C3%ADmicos%20manufacturados,en%20la%20construcci%C3%B3n%20de%20carreteras.&text=Estos%20estabilizadores%20qu%C3%ADmicos%20trabajan%20esencialmente%20como%20impermeabilizantes.>

(38) Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Arena>

(39) Fuente: <http://feriacienciasuami.com/semana/documentos/fibrasvegetales.pdf>

### 3.6.3.2 JUGOS DE PLANTAS

El jugo de las plantas se puede definir como aquel líquido que encontramos de manera natural en las plantas ya sean de sus hojas raíces o tallos.

### 3.6.3.3 CAL

Se denomina cal a una sustancia de tonalidad grisácea o blanquecina que está formada por óxido de calcio. El término tiene su origen etimológico en el vocablo latino calx. El óxido de calcio en sí mismo recibe el nombre de cal viva. Esta sustancia es cáustica: produce quemaduras en los tejidos de las personas y los animales. Por eso debe manipularse con mucha precaución. La cal material de construcción tiene un efecto positivo sobre las características de los morteros. Son fundamentales para ser tenidas en cuenta, siendo estas: mayor adhesividad, minimización de pérdidas de agua, alta durabilidad, mayor trabajabilidad y buen balance de la fuerza de compresión. (40)

(40) Fuente: <https://www.horcalsa.com/blog/cuales-son-los-usos-dela-cal-en-la-construccion/>

### 3.7 PIGMENTOS A PONER A PRUEBA

Figura 32. Pigmentos naturales en seco



FUENTE: <https://teoriadeconstruccion.net/blog/pinturas->

Figura 33. Pigmentos naturales en líquido



FUENTE: <https://creartekids.com/creacion-de-pigmentos-naturales-para-los-ninos/>

Después de una investigación adecuada de la obtención de los pigmentos naturales orgánicos se puede observar dos diferentes técnicas que se llevarán a cabo, la primera se basa en hacer hervir o sumergir en agua caliente los materiales para que desprendan el color en el agua y la segunda se basa en deshidratar los materiales orgánicos y triturarlos hasta convertirlos en un polvo fino de esta forma utilizarlo así en seco.

Los pigmentos a poner a prueba en esta ocasión son los orgánicos los provenientes de diferentes elementos como ser vegetales (beterava, repollo, cebolla morada, cebolla blanca, zanahoria, limón, etc.), optando por un combustible fósil para llegar a un color negro como ser el carbón entre otras plantas como hojas de sauce y eucalipto.



**CAPÍTULO IV**  
**FASE EXPERIMENTAL**

## **CAPÍTULO IV. FASE EXPERIMENTAL**

### **4.1 PRUEBAS DE SUELOS**

#### **4.1.1 INTRODUCCIÓN**

##### **4.1.1.1 CONCEPTO**

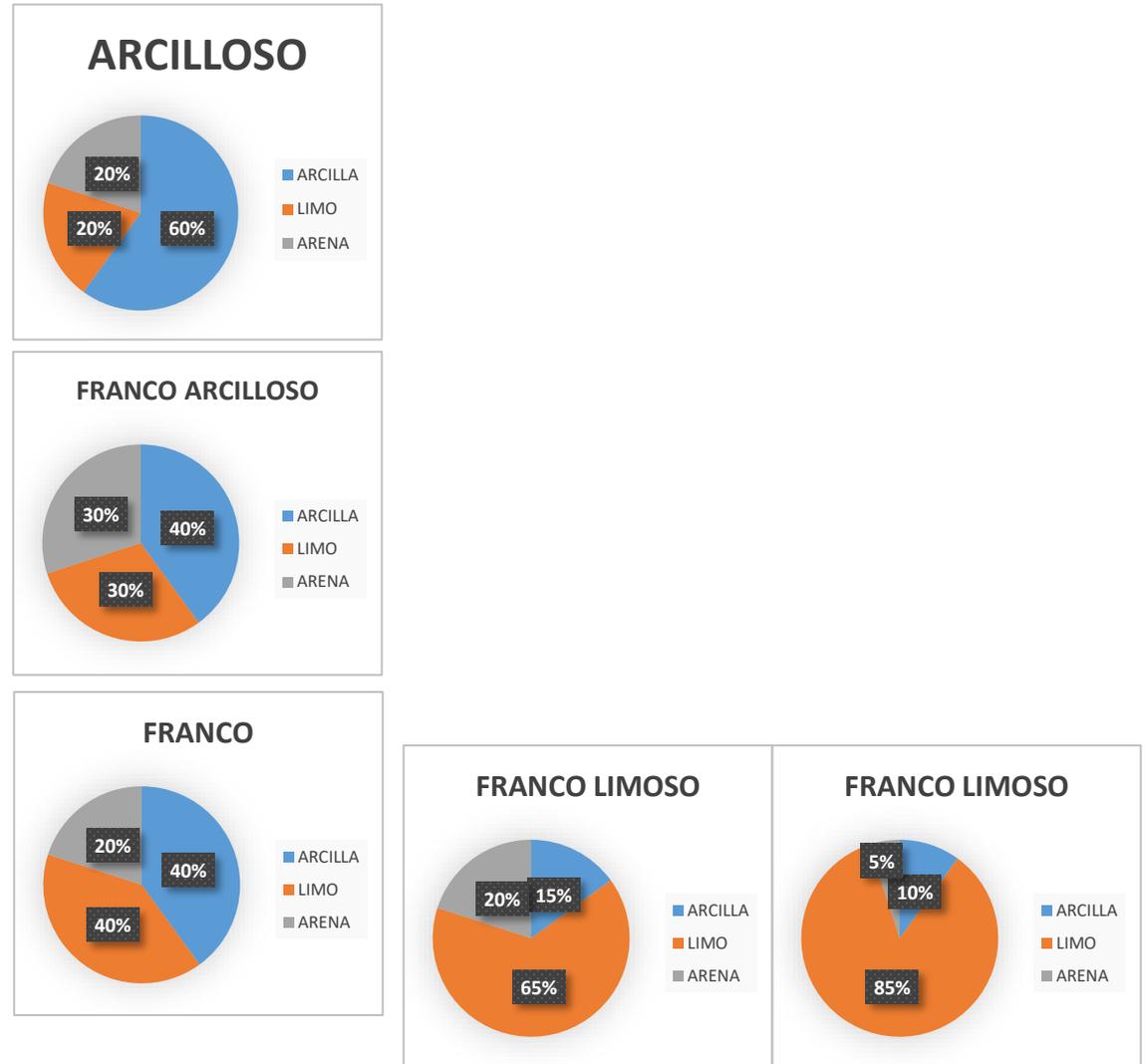
El suelo es la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella. Los suelos no siempre son iguales y cambian de un lugar a otro por razones climáticas y ambientales, de igual forma los suelos cambian su estructura, estas variaciones son lentas y graduales.

##### **4.1.1.2 TIPOS DE SUELO**

El suelo está formado por varios componentes como rocas, arena, arcilla, humus (materia orgánica en descomposición), minerales y otros elementos en diferentes proporciones y según las proporción o cantidad de estos varía el tipo de suelo como ser:

- Suelo arcilloso.
- Suelo franco-arcilloso.
- Suelo franco.
- Suelo franco limoso.
- Suelo franco arenoso.
- Suelo limoso.
- Suelo arenoso.

Figura 34. Tipos de suelos y composición



FUENTE: Elaboración propia.

## 4.2 SUELOS RECOLECTADOS

Basado en el análisis realizado sobre los pisos ecológicos Tarija, se establece un parámetro de alcance a la **zona del valle central**, entre los que encontramos distintas áreas como ser:

*Cuadro 2. Valle Central de Tarija*

<b>ZONA DEL VALLE CENTRAL</b>	<b>CERCADO</b>	<b>PROV. CERCADO</b>
	<b>SAN LORENZO</b>	<b>1RA SECCIÓN PROV. MÉNDEZ</b>
	URIONDO	1RA SECCIÓN PROV. AVILÉS
	<b>PADCAYA</b>	<b>1RA SECCIÓN PROV. ARCE</b>

FUENTE: Elaboración propia

Entre las cuales pertenecen a las dos primeras como ser Cercado, más específicamente en la zona de San Andrés y en San Lorenzo.

## 4.3 PRUEBAS DE CAMPO

A través de pruebas de campo simples se verifica si la tierra conviene para la construcción, mostrándonos así las características de esa muestra y sus cualidades físicas.

Dentro de las pruebas de campo se desarrollarán las siguientes pruebas:

### A. PRUEBAS SENSORIALES:

Las pruebas sensoriales son aquellas que realizamos mediante los sentidos y sensaciones nos permiten determinar una aproximación sobre el tipo de suelo con el que estamos tratando.

Dentro de este tipo de pruebas tenemos varias que nos demostrará las características y componentes del suelo.

- 
- 1. VISTA.**
  - 2. OLOR.**
  - 3. TACTO.**
  - 4. MORDIDA.**
  - 5. CORTE.**
  - 6. LAVADO DE MANOS.**

De la misma manera existen otras pruebas más específicas como ser:

1. Prueba de retracción.
2. Prueba de permeabilidad.
3. Prueba de adherencia.

## SAN ANDRÉS

*Figura 35. Recolección San Andrés*



FUENTE: Elaboración propia.

Cuadro 3. Ensayos San Andrés

ENSAYO DE CAIDA DE LA BOLA	ENSAYO DE COHESIÓN
<p><b>DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA. -</b></p> <p>La mezcla ensayar debe ser lo más seca posible y suficientemente húmeda como para formar una bola de 4 cm de diámetro, se debe dejar caer desde una altura de 1,5m sobre una superficie plana</p> <div data-bbox="291 532 537 748"> </div> <p data-bbox="342 755 491 824">Barro moldeado en forma de esfera de 4 cm de diámetro</p> <div data-bbox="342 824 579 1084"> </div> <div data-bbox="604 553 800 886"> </div> <p data-bbox="625 898 957 919">Se deja caer desde una altura de 1.5 metros</p> <div data-bbox="835 553 1073 927"> </div> <p data-bbox="617 946 972 1016">La muestra sufre una deformación de más del 50 % en la parte inferior de la esfera y sufre un agrietamiento leve por aplanamiento con</p>	<p><b>DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA. -</b></p> <p>Se moldea un perfil de 20 mm de ancho y 6 mm de alto, prensando el barro con los dedos en una ranura formada por dos perfiles fijos. La superficie se alisa con una botella. Se deja deslizar la cinta lentamente sobre un borde curvo con un radio de curvatura de 1 cm y se mide la longitud al romperse.</p> <p><b>PROCESO:</b></p> <div data-bbox="1129 634 1283 870"> </div> <p data-bbox="1129 634 1304 651">Se prepara el molde para la cinta</p> <div data-bbox="1346 594 1451 837"> </div> <p data-bbox="1346 594 1472 626">Se coloca la muestra en el molde</p> <div data-bbox="1570 570 1734 740"> </div> <p data-bbox="1759 610 1860 732">Se aplanan con una botella de vidrio y alisa para quitar excedentes.</p> <div data-bbox="1570 748 1860 870"> </div> <div data-bbox="1129 837 1318 1081"> </div> <p data-bbox="1577 927 1650 1049">Se rompe la muestra a los 28 cm de dejarlo caer</p> <div data-bbox="1682 846 1860 1081"> </div> <p data-bbox="1346 1057 1556 1073">SE DEJA CAER LA MUESTRA POR EL BORDE C</p>
<p><b>CONCLUSIÓN. -</b></p>	<p><b>CONCLUSIÓN. -</b></p>
<p>Al hacer caer la bola, no presenta fisuras profundas, por su alta cantidad de aglutinante (arcilla), presenta una ligera deformación en la parte inferior aplanándose un 20% de su forma inicial.</p>	<p>La cinta se llega a romper a los 28 cm lo que demuestra una gran capacidad aglutinante (alta presencia de arcilla)</p>

FUENTE: Elaboración propia.

**PRUEBAS DE DETERMINACIÓN DE SUELO - SENSORIALES**

**ENSAYO DE LAVADO**

**DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA. -**

Una muestra de barro húmedo se frota entre las manos. Si las partículas se sienten claramente, esto indica que el barro es arenoso o gravoso, mientras que si la muestra es pegajosa pero las manos pueden limpiarse al frotarlas cuando se secan, esto es indicativo de un barro limoso. Si la muestra es pegajosa, siendo necesario el uso de agua para lavarlas, esto implica que el barro es arcilloso.

**PROCESO:**



Muestra de barro se frota entre las manos



La muestra deja restos en la piel en húmedo, se procede a esperar que seque



Después de unos minutos la muestra se seca y al frotarla nuevamente en seco, pero no sede, por lo que se hace necesario el uso de agua.



**ENSAYO DE CORTE**

**DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA. -**

Una muestra húmeda de barro se moldea en forma de bola y se corta con un cuchillo. Si la superficie cortada es brillante significa que la mezcla tiene un alto contenido de arcilla, si la superficie es opaca indica un alto contenido de limo.

**PROCESO:**



Barro moldeado en forma de bola



Se procede a hacer un corte



Se examinan las dos medias esferas para determinar su aspecto



Media esfera lateral izquierda. – poco agrietamiento, con un porcentaje bajo de rugosidad y brillo tenue



Media esfera lateral derecha. – agrietamiento por corte poco profundas, con un porcentaje bajo de rugosidad y brillo tenue

**CONCLUSIÓN. -**

La muestra proveniente de San Andrés, al ser necesario el uso de agua nos proporciona indicativos de la presencia predominante de arcilla, pero al no ser muy pegajosa y que más de 50% se retira por fricción de las manos se trata de un suelo Franco Arcilloso.

**CONCLUSIÓN. -**

La muestra proveniente de San Andrés muestra un contenido considerablemente mayor de aglomerante (arcilla) con respecto a los componentes de limo y arena. El brillo tenue denota cantidad considerable de limo en su composición.

*Cuadro 4. Recolección San Andrés*

FUENTE: Elaboración propia.

## PRUEBAS DE DETERMINACIÓN DE SUELO - ESPECÍFICAS

### ENSAYO DE RETRACCIÓN

#### DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA.-

En esta prueba se muestra el grado de retracción de la muestra. Para la ejecución de esta prueba se necesita una caja con dimensiones de 40mm de alto x 40mm de ancho y 600mm de largo. El primer paso es engrasar las paredes interiores de la caja para reducir al máximo la fricción durante la contracción. Se prepara una muestra de suelo tamizada, añadiéndole agua hasta que la mezcla alcance la consistencia pastosa. Se procederá a introducir esta mezcla en la caja, comprimiéndola manualmente de forma tal que no queden vacíos y se nivela la parte superior con una regla. Se sitúa la muestra expuesta a rayos solares durante 3 días, protegida de posibles lluvias.

#### PROCESO:



Se muestra el molde en donde se realizará la prueba



Posteriormente se va colocando el barro para muestra previamente hidratado y amasado



Una vez llenado y compactado con las manos se procede a retirar el exceso y alisar con una regla



Se procede a dejar la mezcla en reposo durante 3 días en un lugar donde le lleguen los rayos solares pero que este protegido de posibles lluvias.



Se puede observar que al retraerse la muestra se fractura en la parte media

#### CONCLUSIÓN. -

La muestra se fractura en partes prácticamente iguales en dirección longitudinal lo que nos indica que la muestra cuenta con una cantidad de arena a tomar en cuenta.

FUENTE: Elaboración propia.

## PRUEBAS DE DETERMINACIÓN DE SUELO - ESPECÍFICAS

### ENSAYO DE PASTILLA

#### DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA.-.

Esta prueba nos permite conocer la resistencia o comportamiento de la muestra al intemperismo. Se mezcla un poco de material de tierra (arcilla) con agua, después del amasado se elabora una pastilla con un molde de venesta de 20 x 20 x 2 cm de altura y se deja secar durante 7 días a la sombra.

#### PROCESO:



Primeramente, la muestra se deja hidratando por 72 horas en una bolsa plástica para que las partículas de interlaminares de arcilla se hidraten.



Pasados los tres días se retira del elemento plástico y se procede a amasar



Pasamos la muestra a un molde de 40 x 40 x 2 cm, compactando con las manos



Se procede a retirar el exceso con una regla para que quede uniforme y se deja secar en sombra durante 7 días



MUESTRA RECIÉN PUESTA



1ER INTENTO: MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS



2DO INTENTO: MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS

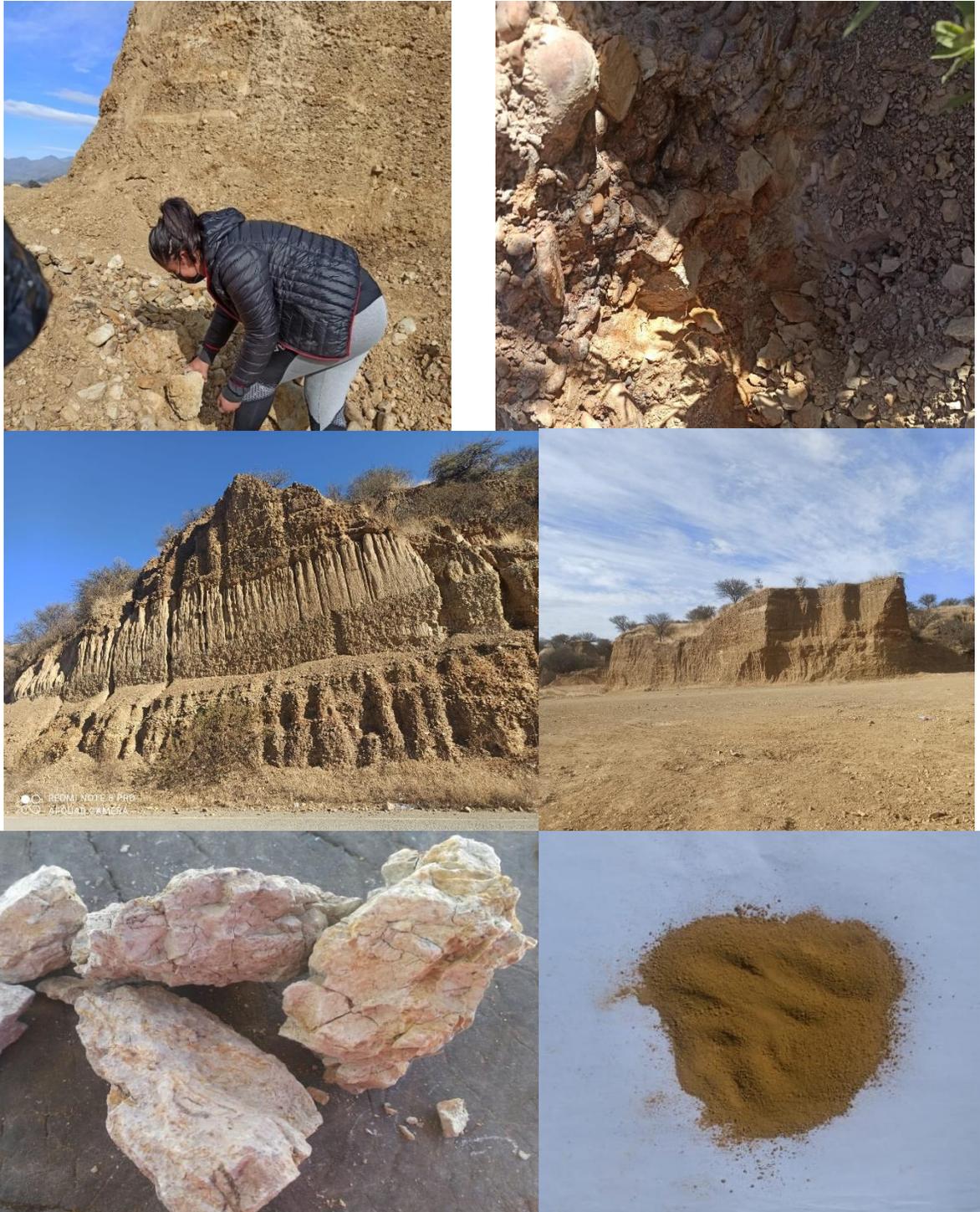
#### CONCLUSIÓN. -

La prueba realizada con la muestra de San Andrés se quiebra, por lo que se realizan dos intentos para confirmar el resultado, dejando ver que la muestra necesita estabilización para poder ser puesta en obra.

FUENTE: Elaboración propia.

## SAN LORENZO

*Figura 36. Recolección San Lorenzo*



FUENTE: Elaboración propia.

Cuadro 4. Ensayos San Lorenzo

ENSAYO DE CAIDA DE LA BOLA	ENSAYO DE COHESIÓN
<p><b>DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA. -</b></p> <p>La mezcla ensayar debe ser lo más seca posible y suficientemente húmeda como para formar una bola de 4 cm de diámetro, se debe dejar caer desde una altura de 1,5m sobre una superficie plana</p> <p><b>PROCESO:</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="344 594 495 760"> <p>BARRO MOLDEADO EN FORMA DE ESFERA DE 4 CM DE DIAMETRO</p> </div> <div data-bbox="611 581 779 850"> <p>SE DEJA CAER DESDE UNA ALTURA DE 1.5 METROS</p> </div> <div data-bbox="852 537 1050 846"> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="312 881 548 1086"> </div> <div data-bbox="632 951 968 1040"> <p>LA MUESTRA SUFRE UNA DEFORMACIÓN MAS DEL 20 % EN LA PARTE INFERIOR DE LA ESFERA Y NO SUFRE NINGÚN AGRIETAMIENTO.</p> </div> </div>	<p><b>DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA. -</b></p> <p>Se moldea un perfil de 20 mm. de ancho y 6 mm de alto, prensando el barro con los dedos en una ranura formada por dos perfiles fijos. La superficie se alisa con una botella. Se deja deslizar la cinta lentamente sobre un borde curvo con un radio de curvatura de 1 cm y se mide la longitud al romperse.</p> <p><b>PROCESO:</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="1119 626 1316 792"> <p>Se prepara el molde para la cinta</p> </div> <div data-bbox="1356 675 1539 808"> <p>Se coloca la muestra en el molde</p> </div> <div data-bbox="1593 618 1749 881"> <p>Se aplana con una botella de vidrio y alisa para quitar excedentes.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="1146 849 1283 1065"> <p>SE DEJA CAER LA MUESTRA POR EL BORDE</p> </div> <div data-bbox="1377 833 1539 1105"> </div> </div> <p style="text-align: center; color: yellow; font-weight: bold; background-color: black; padding: 5px;">LA MUESTRA NO SE ROMPE</p>
<p><b>CONCLUSIÓN. -</b></p>	<p><b>CONCLUSIÓN. -</b></p>
<p>Al hacer caer la bola, no presenta fisuras, por su alta cantidad de aglutinante (arcilla), presenta una ligera deformación en la parte inferior aplanándose un 20% de su forma inicial.</p>	<p>La cinta no se llega a romper lo que demuestra una gran capacidad aglutinante (alta presencia de arcilla)</p>

FUENTE: Elaboración propia.

## PRUEBAS DE DETERMINACIÓN DE SUELO – SENSORIALES

### ENSAYO DE LAVADO

#### DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA. -

Una muestra de barro húmedo se frota entre las manos. Si las partículas se sienten claramente, esto indica que el barro es arenoso o gravoso, mientras que si la muestra es pegajosa pero las manos pueden limpiarse al frotarlas cuando se secan, esto es indicativo de un barro limoso. Si la muestra es pegajosa, siendo necesario el uso de agua para lavarlas, esto implica que el barro es arcilloso.

#### PROCESO:



MUESTRA DE BARRO SE FROTA ENTRE LAS MANOS



LA MUESTRA ES PEGAJOSA Y SUEVE, NO SE DESPRENDE

### ENSAYO DE CORTE

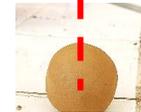
#### DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA. -

Una muestra húmeda de barro se moldea en forma de bola y se corta con un cuchillo. Si la superficie cortada es brillante significa que la mezcla tiene un alto contenido de arcilla, si la superficie es opaca indica un alto contenido de limo.

#### PROCESO:



BARRO MOLDEADO EN FORMA DE BOLA



SE PROCEDE A HACER UN CORTE



MEDIA ESPERA LATERAL IZQUIERDA. –AGRIETAMIENTO CASI NULO, CON TEXTURA LISA Y SUAVE Y BRILLOSA.



MEDIA ESPERA LATERAL DERECHA. – AGRIETAMIENTO POR CORTE CASI INEXISTENTES, CON TEXTURA SUAVE.

#### CONCLUSIÓN. -

La muestra proveniente de San Lorenzo tiene una textura suave y es bastante pegajosa, no se desprende con la fricción, por lo que se hace necesario el uso de agua para lavarlas. Esto denota la gran cantidad predominante de arcilla en la muestra por lo que se deduce un suelo arcilloso

#### CONCLUSIÓN. -

La muestra proveniente de San Lorenzo al cortarla se produce un corte limpio con agrietamientos mínimos poco profundos, suave al tacto y brillante, lo que nos indica una alta cantidad de arcilla predominante en esta muestra.

FUENTE: Elaboración propia.

## PRUEBAS DE DETERMINACIÓN DE SUELO – ESPECÍFICAS

### ENSAYO DE RETRACCIÓN

#### DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA.-

En esta prueba se muestra el grado de retracción de la muestra. Para la ejecución de esta prueba se necesita una caja con dimensiones de 40mm de alto x 40mm de ancho y 600mm de largo. El primer paso es engrasar las paredes interiores de la caja para reducir al máximo la fricción durante la contracción. Se prepara una muestra de suelo tamizada, añadiéndole agua hasta que la mezcla alcance la consistencia pastosa. Se procederá a introducir esta mezcla en la caja, comprimiéndola manualmente de forma tal que no queden vacíos y se nivela la parte superior con una regla. Se sitúa la muestra expuesta a rayos solares durante 3 días, protegida de posibles lluvias.

#### PROCESO:



Se procede a preparar el molde en donde se realizará la prueba



Posteriormente se va colocando el barro para muestra previamente hidratado y amasado



Una vez llenado y compactado con las manos se procede a retirar el exceso y alisar con una regla



Se procede a dejar la mezcla en reposo durante 3 días en un lugar donde le lleguen los rayos solares pero que este protegido de posibles lluvias.



Se puede observar que al retraerse la muestra no se fractura en ninguna parte.

#### CONCLUSIÓN. -

Esto demuestra la alta cantidad de arcilla que contiene la muestra debido a que esta se retrae de ambos lados de manera uniforme sin agrietarse ni quebrarse.

FUENTE: Elaboración propia.

## PRUEBAS DE DETERMINACIÓN DE SUELO – ESPECÍFICAS

### ENSAYO DE PASTILLA

#### DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA.-

Esta prueba nos permite conocer la resistencia o comportamiento de la muestra al intemperismo. Se mezcla un poco de material de tierra (arcilla) con agua, después del amasado se elabora una pastilla con un molde de venesta de 40 x 40 x 2 cm de altura y se deja secar durante 7 días a la sombra. Luego desmolda y se coloca la pastilla en el piso a una altura de 1 metro y se deja caer 60 gotas por minuto de un recipiente de suero lleno de agua.

#### PROCESO:



Primeramente, la muestra se deja hidratando por 72 horas en una bolsa plástica para que las partículas de interlaminares de arcilla se hidraten.



Pasados los tres días se retira del elemento plástico



Y se procede a amasar



Pasamos la muestra a un molde de 40 x 40 x 2 cm, compactando con las manos



MUESTRA RECIÉN PUESTA

Se procede a retirar el exceso con una regla para que quede uniforme y se deja secar en sombra durante 7 días



MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS

#### CONCLUSIÓN. -

La prueba realizada con la muestra de San Lorenzo no se quiebra ni se agrieta en ninguna parte de la pastilla, dejando ver que la muestra tiene una gran capacidad aglutinante por lo que se buscará mejorar sus cualidades para una mejor aplicación.

FUENTE: Elaboración propia.

## PADCAYA

*Figura 37. Recolección Padcaya*



FUENTE: Elaboración propia.

Cuadro 5. Ensayo Padcaya

ENSAYO DE CAIDA DE LA BOLA	ENSAYO DE COHESIÓN
<p><b>DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA. -</b></p> <p>La mezcla ensayar debe ser lo más seca posible y suficientemente húmeda como para formar una bola de 4 cm de diámetro, se debe dejar caer desde una altura de 1,5m sobre una superficie plana</p> <p><b>PROCESO:</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="321 586 506 764"> <p>Barro moldeado en forma de esfera de 4 cm de diámetro</p> </div> <div data-bbox="558 524 768 784"> <p>Se deja caer desde una altura de 1.5 metros</p> </div> <div data-bbox="827 514 1037 846"> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="321 891 506 1036"> </div> <div data-bbox="537 891 743 1003"> <p>La muestra sufre una deformación de más del 50 % en la parte inferior de la esfera y no sufre ningún agrietamiento.</p> </div> </div>	<p><b>DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA. -</b></p> <p>Se moldea un perfil de 20 mm. de ancho y 6 mm de alto, prensando el barro con los dedos en una ranura formada por dos perfiles fijos. La superficie se alisa con una botella. Se deja deslizar la cinta lentamente sobre un borde curvo con un radio de curvatura de 1 cm y se mide la longitud al romperse.</p> <p><b>PROCESO:</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="1108 618 1255 797"> <p>Se prepara el molde para la</p> </div> <div data-bbox="1377 586 1482 764"> <p>Se coloca la muestra en el molde</p> </div> <div data-bbox="1541 561 1734 748"> <p>Se aplana con una botella de vidrio y alisa para quitar excedentes.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="1125 813 1423 1032"> <p>Se deja caer la muestra por el borde</p> </div> <div data-bbox="1520 748 1797 878"> </div> <div data-bbox="1703 870 1881 1068"> <p>Se rompe la muestra a los 26 cm de dejarlo</p> </div> </div>
<p><b>CONCLUSIÓN. -</b></p>	<p><b>CONCLUSIÓN. -</b></p>
<p>Al hacer caer la bola, no presenta fisuras, presenta una notable deformación en la parte inferior aplanándose más de un 60% de su forma inicial.</p>	<p>La cinta se rompe a los 26 cm de caído, lo que demuestra un alto porcentaje aglutinante (arcilla) en la muestra</p>

FUENTE: Elaboración propia.

## PRUEBAS DE DETERMINACIÓN DE SUELO – SENSORIALES

### ENSAYO DE LAVADO

#### DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA. -

Una muestra de barro húmedo se frota entre las manos. Si las partículas se sienten claramente, esto indica que el barro es arenoso o gravoso, mientras que si la muestra es pegajosa pero las manos pueden limpiarse al frotarlas cuando se secan, esto es indicativo de un barro limoso. Si la muestra es pegajosa, siendo necesario el uso de agua para lavarlas, esto implica que el barro es arcilloso.

#### PROCESO:



Muestra de barro se frota entre las manos



La muestra deja restos en la piel en húmedo, se procede a esperar que seque



Después de unos minutos la muestra se seca y al frotarla nuevamente en seco, pero no se deseca, por lo que se hace necesario el uso de agua.

#### CONCLUSIÓN. -

La muestra proveniente de Padcaya, al ser necesario el uso de agua nos proporciona indicativos de la presencia predominante de arcilla, pero al no ser muy pegajosa y que más de 50% se retira por fricción de las manos se trata de un suelo Franco Arcilloso.

### ENSAYO DE CORTE

#### DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA. -

Una muestra húmeda de barro se moldea en forma de bola y se corta con un cuchillo. Si la superficie cortada es brillante significa que la mezcla tiene un alto contenido de arcilla, si la superficie es opaca indica un alto contenido de limo.

#### PROCESO:



Barro moldeado en forma de bola



Se procede a hacer un corte



Se examinan las dos medias esferas para determinar su aspecto



Media esfera lateral izquierda. – poco agrietamiento, con un porcentaje bajo de rugosidad y brillo tenue



Media esfera lateral derecha. – agrietamiento por corte poco profundas, con un porcentaje bajo de rugosidad y brillo tenue

#### CONCLUSIÓN. -

La muestra proveniente de Padcaya muestra un contenido considerablemente mayor de aglomerante (arcilla) con respecto a los componentes de limo y arena. El brillo tenue denota cantidad considerable de limo en su composición.

FUENTE: Elaboración propia.

## PRUEBAS DE DETERMINACIÓN DE SUELO – ESPECÍFICAS

### ENSAYO DE RETRACCIÓN

#### DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA.-

En esta prueba se muestra el grado de retracción de la muestra. Para la ejecución de esta prueba se necesita una caja con dimensiones de 40mm de alto x 40mm de ancho y 600mm de largo. El primer paso es engrasar las paredes interiores de la caja para reducir al máximo la fricción durante la contracción. Se prepara una muestra de suelo tamizada, añadiéndole agua hasta que la mezcla alcance la consistencia pastosa. Se procederá a introducir esta mezcla en la caja, comprimiéndola manualmente de forma tal que no queden vacíos y se nivela la parte superior con una regla. Se sitúa la muestra expuesta a rayos solares durante 3 días, protegida de posibles lluvias.

#### PROCESO:



Se procede a preparar el molde en donde se realizará la prueba



Posteriormente se va colocando el barro para muestra previamente hidratado y amasado



Una vez llenado y compactado con las manos se procede a retirar el exceso y alisar con una regla



Se procede a dejar la mezcla en reposo durante 3 días en un lugar donde le lleguen los rayos solares pero que este protegido de posibles lluvias.



Se puede observar que al retraerse la muestra se fractura en la parte media

#### CONCLUSIÓN. -

La muestra se fractura en tres partes prácticamente iguales en dirección longitudinal lo que nos indica que la muestra cuenta con una cantidad de arena a tomar en cuenta.

FUENTE: Elaboración propia.

## PRUEBAS DE DETERMINACIÓN DE SUELO – ESPECÍFICAS

### ENSAYO DE PASTILLA

#### DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA.-.

Esta prueba nos permite conocer la resistencia o comportamiento de la muestra al intemperismo. Se mezcla un poco de material de tierra (arcilla) con agua, después del amasado se elabora una pastilla con un molde de venesta de 20 x 20 x 2 cm de altura y se deja secar durante 7 días a la sombra.

#### PROCESO:



Primeramente, la muestra se deja hidratando por 72 horas en una bolsa plástica para que las partículas de interlaminares de arcilla se hidraten.



Pasados los tres días se retira del elemento plástico y se procede a amasar



Pasamos la muestra a un molde de 40 x 40 x 2 cm, compactando con las manos



Se procede a retirar el exceso con una regla para que quede uniforme y se deja secar en sombra durante 7 días



MUESTRA RECIÉN PUESTA



MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS

#### CONCLUSIÓN. -

La prueba realizada con la muestra de Padcaya no se quiebra ni se agrieta en ninguna parte de la pastilla, dejando ver que la muestra tiene una gran capacidad aglutinante por lo que se buscará mejorar sus cualidades para una mejor aplicación.

FUENTE: Elaboración propia.

## 4.4 PROCESO DE PREPARACIÓN DE ESTABILIZADORES.

### 4.4.1 JUGO DE PLANTA - PENCA DE ALOE.

Figura 38. Preparación previa penca de aloe



FUENTE: Elaboración propia.

### 4.4.2 FIBRAS VEGETALES – PAJA

Figura 39. Preparación previa paja



FUENTE: Elaboración propia.

### 4.4.3 CAL GRASA O CAL ENVEJECIDA



FUENTE: Elaboración propia.

### 4.4.4 IMPLEMENTACIÓN DE ESTABILIZADORES EN LAS MUESTRAS.

#### 4.4.4.1 MUESTRA DE SAN ANDRÉS.

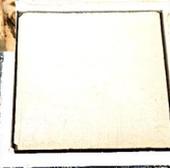
PRUEBAS DE ESTABILIZACIÓN		
DOSIFICACIONES CON PENCA		
PENCA 5%	PENCA 10%	PENCA 15%
Una vez la cantidad medida se lo remoja en agua de barro, pasándolo posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar	Una vez la cantidad medida se lo remoja en agua de barro, pasándolo posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar	Una vez la cantidad medida se lo remoja en agua de barro, pasándolo posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar
MUESTRA RECÉN PUESTA	MUESTRA RECÉN PUESTA	MUESTRA RECÉN PUESTA
MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS	MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS	MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS
MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS	MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS	MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS

FUENTE: Elaboración propia.

**Cuadro 6.**  
*Muestras estabilización es San Andrés*

PRUEBAS DE ESTABILIZACIÓN		
DOSIFICACIONES CON PAJA		
<b>PAJA 5%</b>	<b>PAJA 10%</b>	<b>PAJA 15%</b>
 <p>Una vez la cantidad medida se lo remoja en agua de barro, pasándolo posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar</p> <p>MUESTRA RECIÉN PUESTA</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS</p>	 <p>Una vez la cantidad medida se lo remoja en agua de barro, pasándolo posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar</p> <p>MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS</p>	 <p>Una vez la cantidad medida se lo remoja en agua de barro, pasándolo posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar</p> <p>MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS</p>

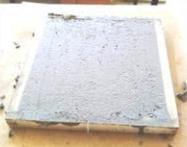
FUENTE: Elaboración propia.

PRUEBAS DE ESTABILIZACIÓN		
DOSIFICACIONES CON CAL GRASA O ENVEJECIDA		
<b>CAL 5%</b>	<b>CAL 10%</b>	<b>CAL 15%</b>
<p>Una vez la cantidad medida se lo pasa posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar</p>  <p>MUESTRA RECIÉN PUESTA</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS</p>	<p>Una vez la cantidad medida se lo pasa posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar</p>  <p>MUESTRA RECIÉN PUESTA</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS</p>	<p>Una vez la cantidad medida se lo pasa posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar</p>  <p>MUESTRA RECIÉN PUESTA</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS</p>

FUENTE: Elaboración propia.

## 4.4.4.2 MUESTRA DE SAN LORENZO

*Cuadro 7. Muestras estabilizaciones San Lorenzo*

PRUEBAS DE ESTABILIZACIÓN		
DOSIFICACIONES CON CAL		
CAL 5%	CAL 10%	CAL 15%
<p>Una vez la cantidad medida se lo pasa posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar</p>  <p>MUESTRA RECIÉN PUESTA</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS</p>	<p>Una vez la cantidad medida se lo pasa posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar</p>  <p>MUESTRA RECIÉN PUESTA</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS</p>	<p>Una vez la cantidad medida se lo pasa posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar</p>  <p>MUESTRA RECIÉN PUESTA</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS</p>

FUENTE: Elaboración propia.

## 4.4.4.3 MUESTRA DE PADCAYA

*Cuadro 8. Muestras estabilizaciones Padcaya*

PRUEBAS DE ESTABILIZACIÓN		
DOSIFICACIONES CON PENCA		
PENCA 5%	PENCA 10%	PENCA 15%
<p>Una vez la cantidad medida se lo remoja en agua de barro, pasándolo posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar</p>  <p>MUESTRA RECIÉN PUESTA</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS</p>	<p>Una vez la cantidad medida se lo remoja en agua de barro, pasándolo posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar</p>  <p>MUESTRA RECIÉN PUESTA</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS</p>	<p>Una vez la cantidad medida se lo remoja en agua de barro, pasándolo posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar</p>  <p>MUESTRA RECIÉN PUESTA</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS</p>

FUENTE: Elaboración propia.

### DOSIFICACIONES CON PAJA

PAJA 5%	PAJA 10%	PAJA 15%
<p>Una vez la cantidad medida se lo remoja en agua de barro, pasándolo posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar</p>  <p>MUESTRA RECIÉN PUESTA</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS</p>	<p>Una vez la cantidad medida se lo remoja en agua de barro, pasándolo posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar</p>  <p>MUESTRA RECIÉN PUESTA</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS</p>	<p>Una vez la cantidad medida se lo remoja en agua de barro, pasándolo posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar</p>  <p>MUESTRA RECIÉN PUESTA</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS</p>

FUENTE: Elaboración propia,

### PRUEBAS DE ESTABILIZACIÓN

#### DOSIFICACIONES CON CAL

CAL 5%	CAL 10%	CAL 15%
<p>Una vez la cantidad medida se lo pasa posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar</p>  <p>MUESTRA RECIÉN PUESTA</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS</p>	<p>Una vez la cantidad medida se lo pasa posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar</p>  <p>MUESTRA RECIÉN PUESTA</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 10 DÍAS</p>	<p>Una vez la cantidad medida se lo pasa posteriormente a la muestra ya hidratada y mezclándolo hasta tener una pasta uniforme, por último, se lo pasa al molde, se alisa y se deja secar</p>  <p>MUESTRA RECIÉN PUESTA</p>  <p>MUESTRA DESPUÉS DE 3 DÍAS</p>

FUENTE: Elaboración propia.

## 4.5 PROCESO DE EXTRACCIÓN DE TINTES NATURALES

### 4.5.1 BETERAVA

Figura 41. Extracción de tinte con beterrava



### 4.5.2 CÚRCUMA.

Figura 42. Extracción de tinte con cúrcuma



### 4.5.3 ORUCO

Figura 43. Extracción de tinte con Oruco

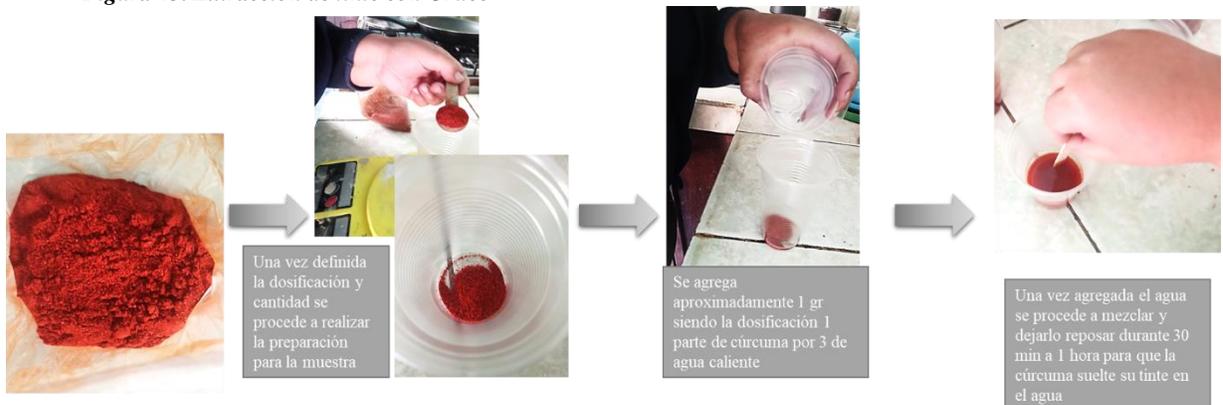
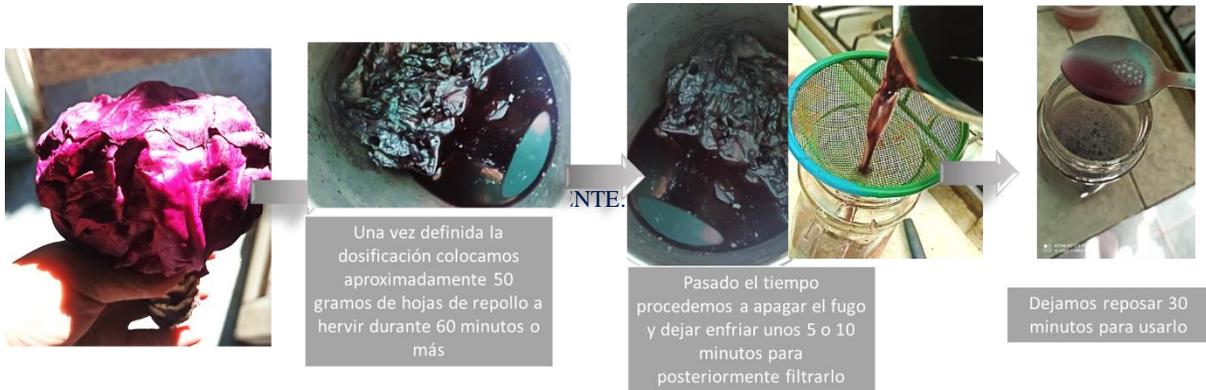


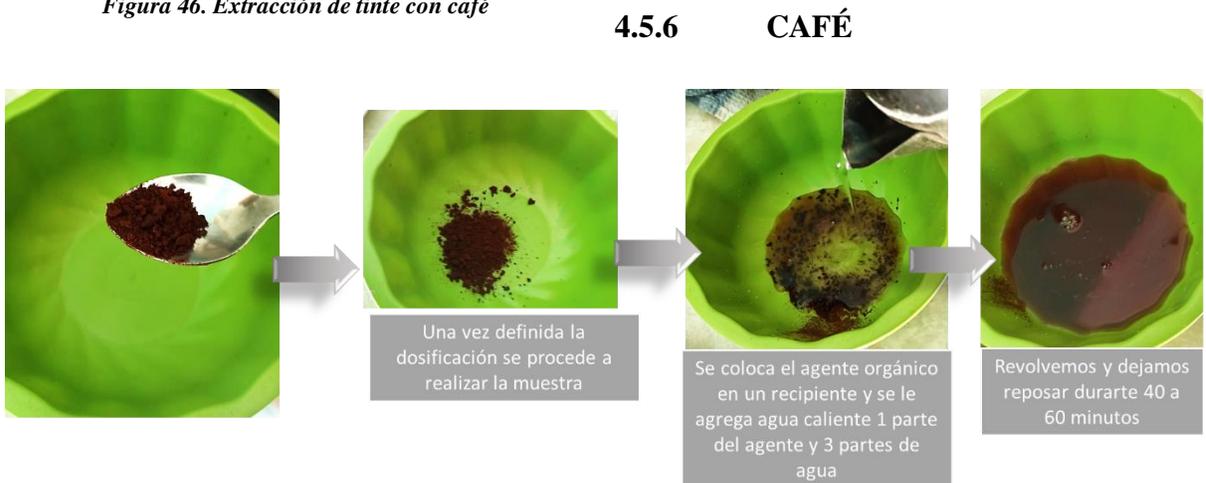
Figura 44. Extracción de tinte con repollo



FUENTE: Elaboración propia.  
Figura 45. Extracción de tinte con carbón



Figura 46. Extracción de tinte con café



FUENTE: Elaboración propia.

#### 4.5.7 HIERBAS (EUCALIPTO, HOJAS DE LIMONERO,

Figura 47. Extracción de tinte con hierbas

HOJAS DE MOLLE, HOJAS DE



Figura 48. Pintado de muestras

COCA)

TOMATE Y

FUENTE: Elaboración propia.

#### 4.6 PINTADO DE LAS MUESTRAS

**Figura 49. Muestra de cúrcuma**



**Figura 50. Muestra de Oruco**

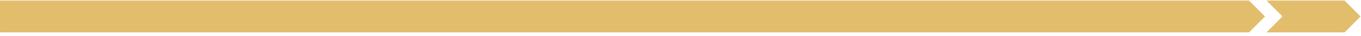


Procedemos a pintar las muestras de arcilla con los tintes naturales y podemos observar ligeras variaciones entre cada una de las arcillas

FUENTE: Elaboración propia.

**Figura 51. Muestra de Beterava**





*Figura 52. Muestra de carbón*

FUENTE: Elaboración propia.

FUENTE: Elaboración propia.

FUENTE: Elaboración propia.



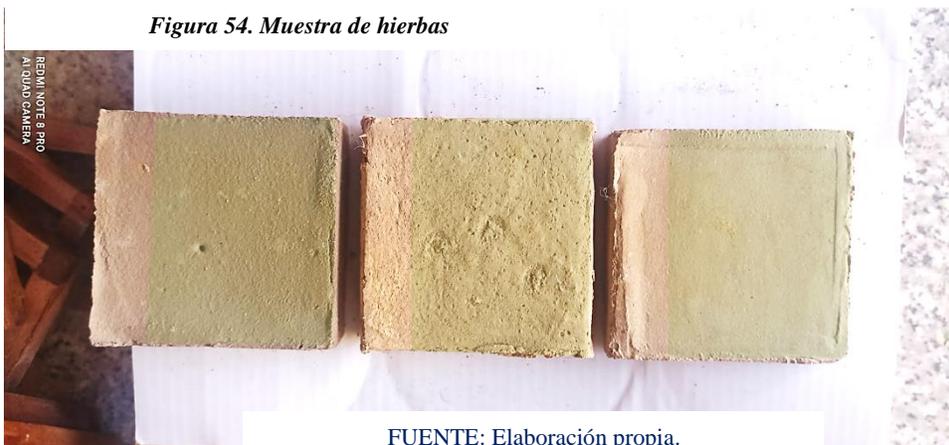
FUENTE: Elaboración propia.

*Figura 53. Muestra de repollo*



FUENTE: Elaboración propia.

*Figura 54. Muestra de hierbas*



FUENTE: Elaboración propia.

*Figura 55. Muestra de café*



FUENTE: Elaboración propia.