



UNIVERSIDAD PRIVADA NORBERT WIENER

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE

TECNOLOGÍA MÉDICA

**“VALIDACIÓN DEL YESO CERAMICO COMO MODELADOR
FORENSE EN HUELLAS DE CALZADO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE LICENCIADO EN
TECNOLOGÍA MÉDICA DEL AREA DE LABORATORIO CLÍNICO Y
ANATOMÍA PATOLÓGICA**

Presentado por:

Bachiller: ROQUE MORALES, LEOPOLDO FRANK.

LIMA – PERÚ

2017

DEDICATORIA :

Dedico este trabajo a mis padres por su amor y apoyo constante que siempre me dan.

A mis hijas y esposa por el apoyo incondicional a cada momento y por ser ellos la inspiración para terminar este proyecto de investigación.

AGRADECIMIENTO :

A Dios por darnos la sabiduría y fuerza para culminar esta etapa académica.

A mi asesor: Dr. Ascarza Gallegos, Justo Ángelo, quien me brindo su valiosa sabiduría y orientación para la elaboración del presente trabajo de investigación.

Y a todas las personas que de alguna u otra forma me apoyaron en la realización de este trabajo.

Asesor de Tesis: Dr. ASCARZA GALLEGOS, JUSTO ÁNGELO

Jurado:

Presidente : Dra. Tania Ivette Alvarado Santiago

Secretario : Lic. César Augusto Plasencia Vega

Vocal : Lic. Yovana Milagros De La Roca Salazar

INDICE

1. Portada (Carátula).	
2. Página en blanco.....	02
3. Dedicatoria.....	03
4. Agradecimiento.....	04
5. Asesor.....	05
6. Jurado.....	06
7. Índice.....	07
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	09
1.1. Planteamiento del problema.....	09
1.2. Formulación del problema.....	10
1.3. Justificación.....	10
1.4. Objetivos.....	11
1.4.1. Objetivos Generales.....	11
1.4.2. Objetivos Específicos.....	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. Antecedentes.....	12
2.2. Base teórica.....	14
2.3. Terminología básica.....	56
2.4. Hipótesis.....	57
2.5. Variables.....	58
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO.....	59
3.1. Tipo y nivel de Investigación.....	59
3.2. Población y muestra.....	59

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	60
3.4. Procesamiento de datos y análisis estadístico.....	62
3.5. Aspectos éticos.....	62
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	63
4.1. Resultados.....	63
4.2. Discusión.....	76
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
5.1. Conclusiones.....	77
5.2. Recomendaciones.....	78
REFERENCIAS.....	80

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Ante el descubrimiento de diversos tipos de huellas en bajo relieve en escenarios criminales de superficies maleables, cuyo análisis pueden ayudar a resolver hechos criminales, es que se propone una metodología que no emplea equipamiento costoso ni reactivos inaccesibles, sino por el contrario, diseña un protocolo de fácil ejecución para profesionales del área forense; para ello se esbozó todo un procedimiento preanalítico que pudiera ejecutarse en campo, bajo los principios y fundamentos de la obtención de la muestra primaria, es decir, conservando y preservando de la mejor manera la mayor cantidad de características originales para un adecuado análisis en el laboratorio, asegurando en paralelo su traslado y custodia; con este fin se ensayó con los tipos de yeso más comúnmente encontrados en el mercado, asimismo se experimentó con diferentes superficies, y se experimentó con diferentes concentraciones de yeso y diversos tiempos, hasta obtener la dilución y tiempo ideal para estos procedimientos; una vez establecidas estas condicionantes, se identificaron y evitaron las diversas variables que pudieran influir en los resultados; al concluir con estas etapas previas, se procedió a la repetición estandarizada del protocolo establecido, a fin de que, mediante análisis estadístico, pudieran validarse la repetición de los resultados obtenidos; es así como se planteó la problemática cuya respuesta desconocida pudo obtenerse mediante métodos científicos.

1.2. Formulación del problema

Problema General

- ¿El yeso cerámico es válido como modelador forense en huellas de calzado?

Problemas Específicos

- ¿Qué tipo de suelo permite un modelado óptimo en huellas de calzado?
- ¿Cuál es el tiempo de fraguado óptimo del yeso cerámico para modelado forense en huellas de calzado?
- ¿Cuál es la proporción de yeso cerámico/solvente para el modelado forense en huellas de calzado?

1.3. Justificación.

Debido a que la principal problemática del país es la inseguridad ciudadana y puesto que la universidad peruana debe responder a las necesidades sociales de la cual proviene, es que se justifica la presente investigación, como una de las mejores metodologías forenses que, aplicada de manera adecuada, se convierte en un procedimiento que coadyuve con la reconstrucción e identificación de los actores de hechos criminales, en vista que, a diferencia de otros procedimientos forenses que generan huellas como la dactiloscopia, quiróscopia, pelmatoscopia, queiloscopía y otoscopia, las huellas producidas por el calzado, no se pueden ocultar, basta con ponerse un par de guantes y las huellas de la yema de los dedos y palma de las manos no generaran marca alguna en las superficies contra las que generaría contacto.

Asimismo se puede evitar que los labios y las orejas entren en contacto con cualquier superficie, sin embargo, ningún criminal puede levitar sobre la escena, de todos modos va a dejar las marcas de su calzado, a no ser que ingrese descalzo, en cuyo caso se puede aplicar la pelmatoscopía, pero por el actual accionar delictivo, esto no es común, por lo cual el análisis de las pisadas es procedimiento obligatorio y mas aun cuando esta se produce sobre superficie maleables, sobre las cuales el peso de los actores, dejara una marca en bajorrelieve, la cual puede ser analizada mediante una técnica como el modelado forense, que no requiere equipamiento complejo ni reactivos inaccesibles, sino por el contrario, es un procedimiento de campo, de sencilla ejecución, y que asegura la conservación, traslado y custodia de la muestra.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivos Generales

- Validar el yeso cerámico como modelador forense en huellas de calzado.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Seleccionar el tipo de suelo que permita un modelado óptimo en huellas de calzado.
- Establecer el tiempo de fraguado óptimo del yeso cerámico para modelado forense en huellas de calzado.
- Determinar la proporción yeso cerámico/solvente para el modelado forense en huellas de calzado.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes.

La investigación publicada en Criminal and Environmental Soil Forensics, denominada: THE FORENSIC ANALYSIS OF SEDIMENTS RECOVERED FROM FOOTWEAR, presentado por Morgan, R. M., Freudiger-Bonzon, J., Nichols, K. H., Jellis, T., Dunkerley, S., Zelazowski, P. and Bull, P. A (2009), menciona el empleo del yeso comercial para modelado forense, en diferentes condiciones, ratificando lo especificado por el producto, sin embargo, dichos procedimientos no son del todo aplicables en nuestro medio debido principalmente a las diferentes condiciones climatológicas que presenta Perú con otros países pero que sin embargo sienta un precedente en las investigaciones de este tipo.

El informe presentado en el U.S. Department of Justice, denominada: ANALYSIS OF FOOTWEAR IMPRESSION EVIDENCE, presentado por Sargur N. Srihari (2007), destaca la priorización con la que debe emplearse la técnica del modelado forense en escenarios criminales que presenten huellas de calzado en bajo relieve y describe diferentes procedimientos, cada uno adecuado a las distintas superficies o soportes en los que se encuentre la huella en mención, ratificando oficialmente para el gobierno de los Estados Unidos, los procedimientos que deberán seguir sus especialistas forenses en la investigación de hechos delictivos en los que se encuentren huellas en 3D.

La tesis para optar el grado de magíster en derecho denominada: FACTORES DE LA INSPECCIÓN CRIMINALÍSTICA QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN EN LA ESCENA DEL CRIMEN Y SU IMPORTANCIA EN EL NUEVO MODELO PROCESAL PERUANO, presentado por el bachiller Raúl Ángel Quintanilla Revatta en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (2011), describe en una de sus aplicaciones, la importancia del modelado forense en la investigación de hechos delictivos, presentando información procesal más que metodológica al respecto, lo cual es importante debido a que permite establecer los procedimientos postanalíticos para esta técnica forense.

La tesis para optar el grado de doctor denominada: ANÁLISIS DE LA MARCHA HUMANA CON PLATAFORMAS DINAMOMÉTRICAS. INFLUENCIA DEL TRANSPORTE DE CARGA, presentado por la magíster Susana Collado Vázquez en la Universidad Complutense de Madrid (2002), si bien no aplica el modelado para investigaciones del ámbito forense, si desarrolla el método con aplicaciones en Medicina Física y Rehabilitación, aportando grandemente en la concentración que debe tener el yeso para obtener una optima representación de la suela del calzado.

Existen investigaciones foráneas que emplean el modelado forense como una técnica complementaria de pesquisas, pero que no aportan mayores datos para la presente investigación, puesto que se basan en procedimientos y protocolos ya establecidos.

2.2. Base teórica.

2.2.1 Modelado Forense

En artes plásticas, se entiende por modelado al proceso de creación de una representación o imagen (el modelo) de un objeto real, y consiste en la elaboración manual, generalmente en arcilla o cera, de una imagen tridimensional de dicho objeto.

Un modelo es por tanto una representación parcial o simplificada de la realidad que recoge aquellos aspectos de relevancia para las intenciones del modelador, y de la que se pretende extraer conclusiones de tipo predictivo. Se modela para comprender mejor o explicar mejor un proceso o unas observaciones. Un mismo objeto puede ser modelado con distintas técnicas y con distintas intenciones, de forma que cada modelo resalta sólo ciertos aspectos del objeto.

Escultura

Un modelo para una escultura es un esbozo, un intento preliminar, generalmente realizado en materiales más económicos que la escultura definitiva. El modelo sirve como base para la realización del trabajo final.

Pintura

En pintura, el modelado se utiliza para sugerir un volumen o imagen de bulto redondo. Desde la pintura rupestre, como en las Cuevas de Altamira, ya se alcanzaba este efecto utilizando el propio relieve de las rocas sobre las que se pintaba. De otra forma, el modelado se consigue con las gradaciones de las luces y las sombras Introducción a la historia de la pintura.

Los tenebristas tienen la característica de utilizar un contraste duro, muy fuerte, mientras que en la pintura renacentista, es mucho más suave.

Alfarería

En alfarería es el conjunto de técnicas de fabricación cerámica que permite componer piezas. Pueden diferenciarse tres técnicas elementales:

- Modelado a mano o urdido, con la sola ayuda de herramientas sencillas.
- Modelado a torno, sea el primitivo manual, el de rueda o el eléctrico.
- Modelado a esteque (o con calibrador), cuando se emplea una plantilla fija que da a las piezas resultantes un perfil regularizado. Esta técnica está asociada al uso del torno rápido.

DEFINICIÓN DE MODELADO FORENSE

Es la reproducción, identificación y perennización de huellas diversas como de pisadas, neumáticos, herramientas, mascarillas de personas vivas o cadáveres y otros, empleando diferentes clases de material especiales para la copia exacta del molde que se desea comparar¹.

VALOR CRIMINALÍSTICO

En la escena del delito es posible encontrar rastros de la presencia y de las acciones de quienes actuaron. A menudo es posible identificar a una persona, comparando sus huellas encontradas en el delito²: dactilares, del calzado, pies, manos, dientes, rostro, vestido, etc.

1. Huellas de dientes.- Se pueden encontrar mordeduras que dejan huellas. Auxiliar de odontograma.

2. Huella de rostro.- Este tipo de huella la podemos encontrar cuando se ha caído de cara una persona sobre arena fina o sustancia purulenta.

3. Huellas de manos.- Son las más comunes en una escena del crimen, las mismas que se producen cuando se han apoyado sobre sustancia plástica o polvorienta.

4. Huellas de pies.- Al igual que las anteriores son las más recurrentes y por lo general la vamos poder hallar al aire libre³.

TÉCNICAS PARA EL MOLDEADO DE HUELLAS

Localizada la huella en el lugar de los hechos, primero se protegen circundándolas con una estructura rectangular de lámina, madera o triplay, de tal manera que se tenga la seguridad de su preservación adecuada. El doctor Edmond Locard recomienda que después de estudiar las huellas en el escenario del hecho, y establecido el trayecto recorrido por el malhechor, se deben fotografiar métricamente cada una de ellas⁴ y a un plano de conjunto, y después se procederá al moldeado o vaciado y señala los siguientes procedimientos:

1. Vaciado de huellas encontradas en tierra blanda, lodo seco y tierra helada

Aplíquese en toda la superficie de la huella con un pincel suave, goma laca. Si no se dispusiera de goma laca, proyéctese contra la huella, con un pincel, aceite de ricino, procediendo para tal fin como lo hacen los albañiles para lanzar el yeso líquido cuando blanquean, esto es, golpeando la mano que sujeta el pincel contra el antebrazo contrario. (lo anterior puede ser sustituido por un atomizador de laca). Después de barnizar las huellas con goma laca, déjese secar ésta durante media hora; pero si se emplea el aceite de ricino no hace falta esperar.

En seguida prepárese en un recipiente adecuado, una mezcla de yeso escayola muy fino y muy seco y agua pura, batiendo la mezcla con la mano hasta que adquiera una consistencia pastosa. (en vez de yeso escayola, se puede usar cemento blanco o yeso parís). Entonces extiéndase sobre la huella una primera capa de esta mezcla con ayuda de una cuchara, y luego viértase más yeso en la huella armándola con pequeños trocitos de madera, de alambre o cordel (lo anterior se puede sustituir por una armazón de alambre para darle consistencia al molde y no se parta al levantarlo). Déjese endurecer la mezcla y no se quite el molde obtenido hasta haber comprobado que el yeso fraguó⁵.

Entonces levántese el molde con precaución, separando cuidadosamente la tierra en torno a él con ayuda de un cuchillo o espátula (en vez de usar cuchillo o espátula se puede utilizar una brocha de pelo regular). El mismo cuidado se tendrá para su respectivo embalaje.

2. Vaciado de huellas encontradas en polvo⁶

Antes de proceder al vaciado, se deben de pulverizar las huellas con Shelleac 2 y luego con pulverizador se esparce aceite frío sobre la huella.

3. Vaciado de huellas encontradas en el lodo⁷

Para éste tipo de vaciado se deben de seguir los pasos como en el caso anterior, pero sin emplear goma laca.

4. Vaciado de huellas encontradas en el polvo o en la arena fina⁸

En este procedimiento no se va a utilizar nada de aceite, ya que desfigura el fondo de la huella al correr su goma da solo resultados mediocres. Prepárese una lechada de yeso escayola y agua, en proporción de una cucharada del primero por cada 50 gramos de líquido, y con ayuda de una cuchara viértase suavemente

esa lechada en la huella, se forma así una ligera capa de yeso que da hasta los más pequeños detalles de la huella.

Sobre dicha primera capa viértase el resto del yeso y ármese éste como antes se indicó (procedimiento del Laboratorio de Policía de Lyon).

5. Vaciado de huellas encontradas en la nieve⁹

Póngase en un saco de muselina o en un tamiz yeso escayola muy fina y perfectamente seca y espolvoreese con él la huella. El yeso por ser microscópico absorberá el agua de la nieve y forma una ligera costera sobre la cual se vierte el yeso armado, como ya se dijo. Es ventajoso en este caso amasar el yeso con nieve.

TIPOS DE MOLDES

En esta parte del trabajo describiré cómo se debe de recoger y perennizar, paso a paso una huella que haya encontrado en una escena del crimen.

a. Moldes de las huellas de calzado en superficies no removibles¹⁰. (Para moldes obtenidos con yeso, piedra dental, lacas, gelatinas u otros).

1. Fije correctamente el lugar y superficie en donde encontró la huella de calzado (Croquis y fotografía).

2. Incluya en la fotografía un testigo métrico¹¹ y realice la toma de manera perpendicular a la huella de interés.

3. Delimite la zona que requiera para el vaciado del material sobre la huella de calzado con madera o metal¹². Nunca remueva restos o escombros que sean parte de la huella o que estaban ahí en el momento de producirse la huella.

4. Prepare la mezcla para el vaciado en una razón de polvo y agua que permita obtener una consistencia adecuada (aproximadamente 4 onzas 3 de agua por libra de polvo).

La piedra dental reúne todos los requerimientos necesarios para ser un buen material de vaciado. Un buen proceso de mezclado garantiza que el molde sea resistente, duradero, fácil de limpiar, sin perder detalles, etc. Recuerde que la cantidad de energía invertida en el proceso de mezclado determinará la resistencia final del molde.

5. Vierta lentamente la mezcla en la zona previamente delimitada, a fin de no ocasionar un "lavado" en los detalles de la huella, cubriendo toda el área con un espesor uniforme. Proporcione al molde un espesor tal que le permita resistir su manipulación (2 libras por huella utilizando piedra dental y 5 libras por huella utilizando yeso común).

6. Refuerce el molde con trozos de madera o varillas de metal, en caso de que esté utilizando yeso común. La piedra dental no requiere el uso de refuerzos.

7. Escriba la información requerida en la parte posterior del molde (superficie expuesta al aire) antes de que se endurezca, aproximadamente 10 minutos después de haber vertido la mezcla sobre la huella.

8. Remueva el molde cuando esté suficientemente endurecido. Muchos moldes han sido destruidos o dañados por haber sido levantados muy pronto. No limpie la huella moldeada por ninguna razón.

9. Coloque el molde dentro de una caja de cartón duro u otro material que sea resistente a golpes.

10. Fije el molde dentro de la caja, de manera que durante el traslado, no se esté moviendo dentro de la caja.

11. Cierre y selle todas las aberturas de la caja.

12. Lacre el cierre debidamente.

13. Escriba con letra grande y legible sobre la caja "FRÁGIL" e indique con una flecha y por escrito el lado que debe ir hacia arriba. Esto debe hacerlo la persona que embala el elemento de prueba inmediatamente después del embalaje.

14. Embale cada molde individualmente.

b. Levantamiento de huellas de calzado en superficies lisas inamovibles porosas y no porosas utilizando gel adhesivo¹³. (Este procedimiento no aplica para huellas de calzado impresas con sangre o grasa).

1. Ubique claramente la posición de la huella o las huellas de calzado que se van a levantar en el plano general del sitio del suceso, anotando las condiciones y las circunstancias que rodean cada una de ellas.

2. Fije fotográficamente el sitio del suceso, indicando el lugar donde está la huella.

3. Tome una fotografía perpendicular de detalle de la huella o las huellas que se van a levantar, utilizando para ello testigos métricos adecuados. NUNCA coloque el testigo métrico sobre la huella que va a fotografiar. Estos SIEMPRE deben colocarse al lado de la huella, paralelos a la línea media longitudinal de la misma.

4. En caso de que la superficie sobre la que se encuentra la huella pueda ser removida completamente junto con su soporte, envíela al laboratorio, siguiendo para ello los puntos 11 en adelante de este apartado.

5. Si no es posible remover la huella de calzado del sitio del suceso, preceda según se indica a continuación.

6. Observe detenidamente la huella y determine si los residuos que presenta son suficientes para levantar una huella original o si requiere ser revelada con polvos para huellas digitales. En caso de que se requiera revelarla, realícelo en apego total a la técnica dactiloscópica.

7. Desprenda el protector del adhesivo de la lámina de gelatina, y colóquela sobre la huella según alguna de las dos metodologías que se detallan a continuación:

7.1. Adhiera uno de los extremos de la lámina de gelatina lo más cercano posible de la huella, pero sin tocarla, y luego por medio de un rodillo de al menos el ancho de la huella se adhiere el resto de la lámina de gelatina a la superficie que contiene dicha huella.

7.2. Tome la lámina de gelatina de dos extremos opuestos permitiendo que su centro esté a una altura por debajo de los dos extremos sujetos con las manos, luego déjela caer suavemente sobre la mitad de la huella y de ahí hacia los extremos hasta que la lámina se adhiera completamente a la superficie.

8. Aplique la fuerza necesaria sobre la lámina de gelatina, ya sea moviendo firmemente el rodillo sobre toda la superficie visible de la misma o aplicando fuerza con los dedos sobre la superficie, hasta que esté seguro de que está en contacto con la superficie donde está impresa la huella de calzado.

9. Levante la lámina de gelatina, tomándola con las dos manos de los vértices opuestos de uno de sus extremos.

10. Si la huella es de origen seco, es decir, el zapato y la superficie receptora están secos en el momento en que se produce la huella, puede ser levantada inmediatamente.

11. Si la huella es de origen húmedo, o sea el zapato y/o la superficie receptora están mojados o húmedos en el momento que se produce la impresión, debe dejarse por al menos diez minutos para permitir una mejor transferencia de la huella a la gelatina.

12. Fije fotográficamente utilizando un lente de 50 mm y de manera perpendicular, procurando obtener referencias del detalle de la huella transferida.

Haga uso para ello de testigos métricos adecuados. NUNCA coloque el testigo métrico sobre la huella que va a fotografiar, estos SIEMPRE deben ser colocados al lado de la huella, paralelos a la línea media longitudinal de la huella.

13. Coloque la lámina de gel dentro de una caja de cartón duro u otro material que se encuentre limpio y seco, de manera que no se doble ni arrugue. No se recomienda cubrir la huella levantada sobre la lámina.

14. Cierre y selle todas las aberturas de la caja.

15. Embale, rotule y lacre la caja.

16. Escriba con letra grande y legible, sobre el embalaje, la leyenda "FRÁGIL" e indique con una flecha y por escrito el lado que debe ir hacia arriba. Esto debe hacerlo la persona que embala el elemento de prueba e inmediatamente después del embalaje.

17. Embale individualmente cada lámina de gelatina utilizada.

18. No exponga la gelatina para levantamiento ni la huella levantada con gelatina a calor extremo.

RECOMENDACIONES

1. Huellas de calzado¹⁴ y llantas son muy delicadas. Proteger y fotografiar.

2. Antes que el molde se fragüe, marcarlos

3. Una vez seco manipular con cuidado.

4. No cepillar vigorosamente ni frotarse la superficie.

5. Si existe peligro de desaparecer hacer una pared de protección.

6. Observar con cuidado neumático (diseño de estrías o cocadas

7. Describir detalles y distancias.

2.2.2 Yeso

La roca natural denominada aljez (sulfato de calcio dihidrato: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), mediante deshidratación, al que puede añadirse en fábrica determinadas adiciones de otras sustancias químicas para modificar sus características de fraguado, resistencia, adherencia, retención de agua y densidad, que una vez amasado con agua, puede ser utilizado directamente.

También, se emplea para la elaboración de materiales prefabricados. El yeso, como producto industrial, es sulfato de calcio hemihidrato¹⁵ ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$), también llamado vulgarmente "yeso cocido". Se comercializa molido, en forma de polvo. Una variedad de yeso, denominada alabastro, se utiliza profusamente, por su facilidad de tallado, para elaborar pequeñas vasijas, estatuillas y otros utensilios.

HISTORIA DE LA UTILIZACIÓN DEL YESO

El yeso es uno de los más antiguos materiales empleado en construcción. En el período Neolítico, con el dominio del fuego, comenzó a elaborarse yeso calcinando aljez, y a utilizarlo para unir las piezas de mampostería, sellar las juntas de los muros y para revestir los paramentos de las viviendas, sustituyendo al mortero de barro. En Çatal Hüyük, durante el milenio IX a. C., encontramos guarnecidos de yeso y cal, con restos de pinturas al fresco. En la antigua Jericó, en el milenio VI a. C., se usó yeso moldeado. En el Antiguo Egipto, durante el tercer milenio a. C., se empleó yeso para sellar las juntas de los bloques de la Gran Pirámide de Guiza, y en multitud de tumbas como revestimiento y soporte de bajorrelieves pintados.

El palacio de Cnosos contiene revestimientos y suelos elaborados con yeso. El escritor griego Teofrasto, en su tratado sobre la piedra, describe el yeso (gipsos), sus yacimientos y los modos de empleo como enlucido y para ornamentación. También escribieron sobre las aplicaciones del yeso Catón y Columela. Plinio el Viejo describió su uso con gran detalle. Vitruvio, arquitecto y tratadista romano, en sus Diez libros sobre arquitectura, describe el yeso (gypsum), aunque los romanos emplearon normalmente morteros de cal y cementos naturales.

Los Sasánidas utilizaron profusamente el yeso en albañilería.

Los Omeyas dejaron muestras de su empleo en sus alcázares sirios, como revestimiento e incluso en arcos prefabricados.

La cultura musulmana difundió en España el empleo del yeso, ampliamente adoptada en el valle del Ebro y sur de Aragón, dejando hermosas muestras de su empleo decorativo en el arte de las zonas de Aragón, Toledo, Granada y Sevilla.

Durante la Edad Media, principalmente en la región de París, se empleó el yeso en revestimientos, forjados y tabiques. En el Renacimiento para decoración.

Durante el periodo Barroco fue muy utilizado el estuco de yeso ornamental y la técnica del staff, muy empleada en el Rococó.

ESTADO NATURAL

En estado natural el aljez, piedra de yeso o yeso crudo, contiene 79,07% de sulfato de calcio anhidro y 20,93% de agua y es considerado una roca sedimentaria, incolora o blanca en estado puro¹⁶, sin embargo, generalmente presenta impurezas que le confieren variadas coloraciones, entre las que encontramos la arcilla, óxido de hierro, sílice, caliza, vermiculita, etc.

En la naturaleza se encuentra la anhidrita o karstenita, sulfato cálcico, CaSO_4 , presentando una estructura compacta y sacaroidea, que absorbe rápidamente el agua, ocasionando un incremento en su volumen hasta de 30% ó 50%, siendo el peso específico 2,9 y su dureza es de 2 en la escala de Mohs.

También se puede encontrar en estado natural la bassanita, sulfato cálcico hemihidratado, $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$, aunque raramente, por ser más inestable.

PROCESO

El yeso natural, o sulfato cálcico dihidrato $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, está compuesto por sulfato de calcio con dos moléculas de agua de hidratación.

Si se aumenta la temperatura hasta lograr el desprendimiento total de agua, fuertemente combinada, se obtienen durante el proceso diferentes yesos empleados en construcción, los que de acuerdo con las temperaturas crecientes de deshidratación pueden ser:

- Temperatura ordinaria: piedra de yeso, o sulfato de calcio dihidrato: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.
- 107 °C: formación de sulfato de calcio hemihidrato: $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$.
- 107–200 °C: desecación del hemihidrato, con fraguado más rápido que el anterior: yeso comercial para estuco.
- 200–300 °C: yeso con ligero residuo de agua, de fraguado lentísimo y de gran resistencia.
- 300–400 °C: yeso de fraguado aparentemente rápido, pero de muy baja resistencia.
- 500–700 °C: yeso Anhidro o extra cocido, de fraguado lentísimo o nulo: yeso muerto.
- 750–800 °C: empieza a formarse el yeso hidráulico.

- 800–1000 °C: yeso hidráulico normal, o de pavimento.
- 1000–1400 °C: yeso hidráulico con mayor proporción de cal libre y fraguado más rápido.

USOS

Es utilizado profusamente en construcción como pasta para guarnecidos, enlucidos y revoques; como pasta de agarre y de juntas. También es utilizado para obtener estucados y en la preparación de superficies de soporte para la pintura artística al fresco.

Prefabricado, como paneles de yeso (Dry Wall o Sheet rock) para tabiques, y escayolados para techos.

Se usa como aislante térmico, pues el yeso es mal conductor del calor y la electricidad.

Para confeccionar moldes de dentaduras, en Odontología. Para usos quirúrgicos en forma de férula para inmovilizar un hueso y facilitar la regeneración ósea en una fractura.

En los moldes utilizados para preparación y reproducción de esculturas.

En la elaboración de tizas para escritura.

En la fabricación de cemento.

Fabricación de Jarrones decorativos

Natural pulverizado

Para mejorar las tierras agrícolas, pues su composición química, rica en azufre y calcio, hace del yeso un elemento de gran valor como fertilizante y también en la corrección de suelos, aunque en este caso se emplea el mineral pulverizado y sin fraguar para que sus componentes se puedan dispersar en el terreno.

Asimismo, una de las aplicaciones más recientes del yeso es la "remediación ambiental" en suelos, esto es, la eliminación de elementos contaminantes de los mismos, especialmente metales pesados. Ayuda a sustituir el sodio por calcio y permite que el sodio drene y no afecte a las plantas. Mejora la estructura del terreno y aporta calcio sin aumentar el pH, como haría la cal.

De la misma forma, el polvo de yeso crudo se emplea en los procesos de producción del cemento Portland, donde actúa como elemento retardador del fraguado.

Es utilizado para obtener ácido sulfúrico.

También se usa como material fundente en la industria, bajo temperaturas superiores a los 4000°C.

TIPOS DE YESO EN CONSTRUCCIÓN

Los yesos de construcción se pueden clasificar en:

Artesanales, tradicionales o multi-fases

- El yeso negro es el producto que contiene más impurezas, de grano grueso, color gris, y con el que se da una primera capa de enlucido.
- El yeso blanco con pocas impurezas, de grano fino, color blanco, que se usa principalmente para el enlucido más exterior, de acabado.
- El yeso rojo, muy apreciado en restauración, que presenta ese color rojizo debido a las impurezas de otros minerales.

Industriales o de horno mecánico.

- Yeso de construcción (bifase)

Grueso

Fino

- Escayola, que es un yeso de más calidad y grano más fino, con pureza mayor del 90%.

Con aditivos

- Yeso controlado de construcción

Grueso

Fino

- Yesos finos especiales
- Yeso controlado aligerado
- Yeso de alta dureza superficial
- Yeso de proyección mecánica
- Yeso aligerado de proyección mecánica
- Yesos-cola y adhesivos.

Establecidos en la Norma RY-85

Esta Norma española establece tipos de yeso, constitución, resistencia y usos.

1. Yeso Grueso de Construcción, designado YG

Constituido fundamentalmente por sulfato de calcio semihidrato y anhidrita II artificial con la posible incorporación de aditivos reguladores del fraguado.

Uso: para pasta de agarre en la ejecución de tabicados en revestimientos interiores y como conglomerante auxiliar en obra.

2. Yeso Fino de Construcción, designado YF

Constituido fundamentalmente por sulfato de calcio semihidrato y anhidrita II artificial con la posible incorporación de aditivos reguladores del fraguado.

Uso: para enlucidos, refilos o blanqueos sobre revestimientos interiores (guarnecidos o enfoscados).

3. Yeso de Prefabricados, designado YP

Constituido fundamentalmente por sulfato de calcio semihidrato y anhidrita II artificial con mayor pureza y resistencia que los yesos de construcción YG e YF

Uso: para la ejecución de elementos prefabricados para tabiques.

4. Escayola, designada E-30

Constituida fundamentalmente por sulfato de calcio semihidrato con la posible incorporación de aditivos reguladores del fraguado con una resistencia mínima a flexotracción de 30 kp/cm²

Uso: en la ejecución de elementos prefabricados para tabiques y techos.

5. Escayola Especial, designada E-35

Constituida fundamentalmente por sulfato de calcio semihidrato con la posible incorporación de aditivos reguladores del fraguado con una resistencia mínima a flexotracción de 35 kp/cm²

Uso: en trabajos de decoración, en la ejecución de elementos prefabricados para techos y en la puesta en obra de estos elementos.

Nota: La anhidrita II artificial es un sulfato de calcio totalmente deshidratado, obtenido por cocción, del aljez entre 300 °C y 700 °C aprox.

USO ODONTOLÓGICO

YESO CORRIENTE O TIPO I

Es el más débil de los yesos, debido al tamaño y forma de sus partículas. Se genera calentando en horno abierto a más de 100 °C. Es el que necesita más cantidad de agua, y por lo mismo es más poroso y débil.

Anteriormente se usaba para la toma de impresiones en pacientes edéntulos, pero fue reemplazado por materiales menos rígidos como los hidrocoloides y elastómeros¹⁷.

Este yeso se utiliza principalmente como impresión final (impresión de lavado) para la fabricación de prótesis completas.

YESO PARÍS O TIPO II

Es un poco más compacto y duro que el Tipo I. Se genera horneando en autoclave cerrado a 128 °C. Sus partículas son más pequeñas y regulares que el tipo I, por lo mismo, menos poroso y frágil. También llamado "Taller" o Hemihidrato Beta. Es el más utilizado en odontología, se utiliza para realizar montajes en articulador y para realizar los enmuflados de cocción en la confección de prótesis ¹⁸.

YESO EXTRADURO

- Tipo III o Piedra: se calienta a más de 125 °C, bajo presión y en presencia de vapor. Es aún más duro que el tipo II, con partículas más regulares y finas, por lo que necesita menos agua para fraguar. Es mucho menos poroso que los otros dos, menos frágil, por lo que se usa para modelos preliminares de estudio. También es llamado Hemihidrato Alfa.

- Tipo IV o Densita: Es igual al yeso tipo III, pero se le agregan algunas resinas que le mejoran características como porosidad, porcentaje de absorción de agua, etc. Se utiliza para trabajar directamente en él y para la realización de troqueles¹⁹. Sus partículas más finas le otorgan una mejor precisión en el copiado de superficies. El agua de cristalización es eliminada hirviendo el mineral en una solución de Cloruro de Calcio (CaCl) al 30%.

Posteriormente el CaCl es eliminado con agua a 100°C. No se produce Dihidrato ya que a esta temperatura la solubilidad es cero.

- Tipo V o Sintético: Es el más duro de todos con un porcentaje resinoso alto, sus características son óptimas, es decir, altamente duro y resistente, no es poroso y no absorbe mucha agua. Es el más resistente de todos, pero su alto costo limita su uso a la realización de modelos de exhibición²⁰.

2.2.3 Suelos

Se denomina suelo a 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.²¹

Los suelos son sistemas complejos donde ocurren una vasta gama de procesos físicos y biológicos que se ven reflejados en la gran variedad de suelos existentes en la tierra.

Son muchos los procesos que pueden contribuir a crear un suelo particular, algunos de estos son: la deposición eólica, sedimentación en cursos de agua, meteorización, y deposición de material orgánico.

De un modo simplificado puede decirse que las etapas implicadas en la formación del suelo son las siguientes:

- Disgregación mecánica de las rocas.
- Meteorización química de los materiales regolíticos, liberados.

Instalación de los seres vivos (microorganismos, líquenes, musgos, etc.) sobre ese sustrato inorgánico. Esta es la fase más significativa, ya que con sus procesos vitales y metabólicos, continúan la meteorización de los minerales, iniciada por mecanismos inorgánicos.

Además, los restos vegetales y animales a través de la fermentación y la putrefacción enriquecen ese sustrato.

Mezcla de todos estos elementos entre sí, y con agua y aire intersticiales.

Inicialmente, se da la alteración de factores físicos y químicos de las rocas, realizada, fundamentalmente, por la acción geológica del agua y otros agentes geológicos externos, y posteriormente por la influencia de los seres vivos, que es fundamental en este proceso de formación. Se desarrolla así una estructura en niveles superpuestos, conocida como el perfil de un suelo, y una composición química y biológica definida. Las características locales de los sistemas implicados, litología y relieve, clima y biota, y sus interacciones dan lugar a los diferentes tipos de suelo.

Los procesos de alteración mecánica y meteorización química de las rocas, determinan la formación de un manto de alteración o eluvión que, cuando por la acción de los mecanismos de transporte de laderas, es desplazado de su posición de origen, se denomina coluvión.

Sobre los materiales del coluvión, puede desarrollarse lo que comúnmente se conoce como suelo; el suelo es el resultado de la dinámica física, química y biológica de los materiales alterados del coluvión, originándose en su seno una diferenciación vertical en niveles horizontales u horizontes. En estos procesos, los de carácter biológico y bioquímico llegan a adquirir una gran importancia, ya sea por la descomposición de los productos vegetales y su metabolismo, por los microorganismos y los animales zapadores.

El conjunto de disciplinas que se abocan al estudio del suelo se engloban en el conjunto denominado Ciencias del Suelo, aunque entre ellas predomina la edafología e incluso se usa el adjetivo edáfico para todo lo relativo al suelo.

El estudio del suelo implica el análisis de su mineralogía, su física, su química y su biología.

TIPOS DE SUELOS

Existen dos clasificaciones para los tipos de suelo, una según su estructura y otra de acuerdo a sus formas físicas.

Por funcionalidad ²²

- Suelos arenosos: No retienen el agua, tienen muy poca materia orgánica y no son aptos para la agricultura.
- Suelos calizos: Tienen abundancia de sales calcáreas, son de color blanco, secos y áridos, y no son buenos para la agricultura.
- Suelos humíferos (tierra negra): Tienen abundante materia orgánica en descomposición, de color oscuro, retienen bien el agua y son excelentes para el cultivo.
- Suelos arcillosos: Están formados por granos finos de color amarillento y retienen el agua formando charcos. Si se mezclan con humus pueden ser buenos para cultivar.
- Suelos pedregosos: Formados por rocas de todos los tamaños, no retienen el agua y no son buenos para el cultivo.
- Suelos mixtos: Tiene características intermedias entre los suelos arenosos y los suelos arcillosos.

Por características físicas

- Litosoles: Se considera un tipo de suelo que aparece en escarpas y afloramientos rocosos, su espesor es menor a 10 cm y sostiene una vegetación baja, se conoce también como leptosoles que viene del griego leptos que significa delgado.

- Cambisoles: Son suelos jóvenes con proceso inicial de acumulación de arcilla. Se divide en vértigos, gleycos, eutrícos y crómicos.
- Luvisoles: Presentan un horizonte de acumulación de arcilla con saturación superior al 50%.
- Acrisoles: Presentan un marcado horizonte de acumulación de arcilla y bajo saturación de bases al 50%.
- Gleysoles: Presentan agua en forma permanente o semipermanente con fluctuaciones de nivel freático en los primeros 50 cm.
- Fluvisoles: Son suelos jóvenes formados por depósitos fluviales, la mayoría son ricos en calcio.
- Rendzina: Presenta un horizonte de aproximadamente 50 cm de profundidad. Es un suelo rico en materia orgánica sobre roca caliza.
- Vertisoles: Son suelos arcillosos de color negro, presentan procesos de contracción y expansión, se localizan en superficies de poca pendiente y cercanos escurrimientos superficiales.

CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

El suelo se puede clasificar según su textura: fina o gruesa, y por su estructura: floclada, agregada o dispersa, lo que define su porosidad que permite una mayor o menor circulación del agua, y por lo tanto la existencia de especies vegetales que necesitan concentraciones más o menos elevadas de agua o de gases.

El suelo también se puede clasificar por sus características químicas, por su poder de absorción de coloides y por su grado de acidez (pH), que permite la existencia de una vegetación más o menos necesitada de ciertos compuestos.

Los suelos no evolucionados son suelos brutos, muy próximos a la roca madre y apenas tienen aporte de materia orgánica. Son resultado de fenómenos erosivos o de la acumulación reciente de aportes aluviales. De este tipo son los suelos polares y los desiertos, tanto de roca como de arena, así como las playas.

Los suelos poco evolucionados dependen en gran medida de la naturaleza de la roca madre. Existen tres tipos básicos: ránker, rendzina y los suelos de estepa.

- Los suelos ránker son más o menos ácidos, como los suelos de tundra y los alpinos.
- Los suelos rendzina se forman sobre una roca madre carbonatada, como la caliza, suelen ser fruto de la erosión y son suelos básicos.
- Los suelos de estepa se desarrollan en climas continentales y mediterráneo subarido.

El aporte de materia orgánica es muy alto. Según sea la aridez del clima pueden ser de colores desde castaños hasta rojos.

En los suelos evolucionados encontramos todo tipo de humus, y cierta independencia de la roca madre. Hay una gran variedad y entre ellos se incluyen los suelos de los bosques templados, los de regiones con gran abundancia de precipitaciones, los de climas templados y el suelo rojo mediterráneo. En general, si el clima es propicio y el lugar accesible, la mayoría de estos suelos están hoy ocupados por explotaciones agrícolas.

EL SUELO COMO SISTEMA ECOLÓGICO

Constituye un conjunto complejo de elementos físicos, químicos y biológicos que compone el sustrato natural en el cual se desarrolla la vida en la superficie de los continentes. El suelo es el hábitat de una biota específica de microorganismos y pequeños animales que constituyen el edafón.

El suelo es propio de las tierras emergidas, no existiendo apenas contrapartida equivalente en los ecosistemas acuáticos. Es importante subrayar que el suelo así entendido no se extiende sobre todos los terrenos, sino que en muchos espacios lo que se pisa es roca fresca, o una roca alterada sólo por meteorización, un regolito, que no merece el nombre de suelo.

Desde el punto de vista biológico, las características del suelo más importantes son su permeabilidad, relacionada con la porosidad, su estructura y su composición química. Los suelos retienen las sustancias minerales que las plantas necesitan para su nutrición vegetal y que se liberan por la degradación de los restos orgánicos. Un buen suelo es condición primera para la productividad agrícola.

En el medio natural los suelos más complejos y potentes (gruesos) acompañan a los ecosistemas de mayor biomasa y diversidad, de los que son a la vez producto y condición. En este sentido, desde el punto de vista de la organización jerárquica de los ecosistemas, el suelo es un ecosistema en sí y un subsistema del sistema ecológico del que forma parte.

SUELO ORGÁNICO

El estudio de la dinámica del suelo muestra que sigue un proceso evolutivo al que son aplicables por completo los conceptos de la sucesión ecológica. La formación de un suelo profundo y complejo requiere, en condiciones naturales, largos períodos de tiempo y el mínimo de perturbaciones. Donde las circunstancias ambientales son más favorables, el desarrollo de un suelo a partir de un sustrato geológico bruto requiere cientos de años, que pueden ser millares en climas, topografías y litologías menos favorables.

Los procesos que forman el suelo arrancan con la meteorización física y química de la roca bruta. Continúa con el primer establecimiento de una biota, en la que frecuentemente ocupan un lugar prominente los líquenes, y el desarrollo de una primera vegetación. El aporte de materia orgánica pone en marcha la constitución del edafon. Éste está formado por una comunidad de descomponedores, bacterias y hongos sobre todo y detritívoros, como los colémbolos o los diplópodos, e incluye también a las raíces de las plantas, con sus micorrizas.

El sistema así formado recicla los nutrientes que circulan por la cadena trófica. Los suelos evolucionados, profundos, húmedos y permeables suelen contar con las lombrices de tierra, anélidos oligoquetos comedores de suelo, en su edafón, lo que a su vez favorece una mejor mezcla de las fracciones orgánica y mineral y la fertilidad del suelo.

CAUSAS DE LA DEGRADACIÓN O DESTRUCCIÓN DE LOS SUELOS

- **Meteorización:** consiste en la alteración que experimentan las rocas en contacto con el agua, el aire y los seres vivos.
- **Meteorización física o mecánica :** es aquella que se produce cuando, al bajar las temperaturas, el agua que se encuentra en las grietas de las rocas se congela. Así aumenta su volumen y provoca la fractura de las rocas.
- **Meteorización química :** es aquella que se produce cuando los materiales rocosos reaccionan con el agua o con las sustancias disueltas en ella.
- **Erosión:** consiste en el desgaste y fragmentación de los materiales de la superficie terrestre por acción del agua, el viento, etc. Los fragmentos que se desprenden reciben el nombre de detritos.
- **Transporte:** consiste en el traslado de los detritos de un lugar a otro.
- **Sedimentación:** consiste en el depósito de los materiales transportados, reciben el nombre de sedimentos, y cuando estos sedimentos se cementan, originan las rocas sedimentarias.

Los suelos se pueden destruir por las lluvias. Estas van lavando el suelo, quitándole todos los nutrientes que necesita para poder ser fértil, los árboles no pueden crecer ahí y se produce una deforestación que conlleva como consecuencia la desertificación.

DESTRUCCIÓN DE LOS SUELOS

LA TALA DE BOSQUES Y LA EROSIÓN

Las cifras indican que la destrucción de bosques llega en nuestro país a niveles abrumadores. Hace 10 años se hablaba de 400.000 hectáreas anuales. Hoy, los más optimistas se sitúan en 600.000 hectáreas en tanto que otros consideran que se están destrozando 800.000.

Datos muy serios afirman que en el término de doce o trece años se habrán agotado nuestros árboles y será necesario importar toda la madera de consumo.

Con las selvas y los montes, se habrá extinguido también una inmensa variedad de especies animales y vegetales, que constituyen parte fundamental de nuestro patrimonio natural y del mundo.

Y con la destrucción de la vegetación, se agotarán también las aguas y los suelos.

En la actualidad cada año sepultamos en el fondo mar cerca de 500 millones de toneladas de tierra fértil arrastradas por los torrentes que, sin obstáculos, desmoronan las laderas desprovistas de la protección de la vegetación.

Y los ríos, destruido el equilibrio de sus cuencas, y deteriorados sus cursos por el exceso de sedimentación, no tienen ya capacidad de navegación ni de contención de aguas. En consecuencia, cada año aumentan las miles de hectáreas inundadas con pérdidas incalculables, tanto en vidas humanas como en recursos materiales

CONSERVACIÓN

La conservación de los suelos se logrará con la educación de las personas.

Debemos tener en cuenta que un suelo se forma durante un lapso de miles y miles de años, gracias a la acción de factores como el viento, la temperatura y el agua.

Estos, lentamente van desmenuzando las rocas, hasta reducirlas a pequeñas partículas, que al unirse con los restos de plantas y animales conforman el suelo.

Una vez formado, el suelo es protegido y conservado por la vegetación que crece sobre su superficie. Cuando el hombre corta los árboles y deja expuestas las partículas del suelo a la acción del sol, el viento y el agua, se produce la temida erosión. La capa vegetal es arrastrada hacia el fondo de los océanos, y aquellos terrenos fértiles quedan transformados en desiertos. Dicho empobrecimiento del suelo también es causado por desyerbar con azadón, por las quemas, por el uso exagerado de herbicidas y fertilizantes, entre otros.

Para detener la destrucción de este recurso, se hace urgente iniciar la plantación de árboles y la defensa de los bosques nativos. El agricultor debe adquirir la sana costumbre de rotar los cultivos, de trazar los surcos en sentido diferente a la pendiente del terreno, de plantar barreras vivas para evitar el rodamiento de las partículas. De todos es el compromiso de proteger las fuentes de agua, como ríos y quebradas, conservando toda la vegetación de la cuenca.

FORMACIÓN DEL SUELO

- El suelo puede formarse y evolucionar a partir de la mayor parte de los materiales rocosos, siempre que permanezcan en una determinada posición el tiempo suficiente para permitir las anteriores etapas. Se pueden diferenciar:
- Suelos autóctonos, formados a partir de la alteración de la roca que tienen debajo.
- Suelos alóctonos, formados con materiales provenientes de lugares separados. Son principalmente suelos de fondos de valle cuya matriz mineral procede de la erosión de las laderas.

La formación del suelo es un proceso en el que las rocas se dividen en partículas menores mezclándose con materia orgánica en descomposición. El lecho rocoso empieza a deshacerse por los ciclos de hielo-deshielo, por la lluvia y por otras fuerzas del entorno:

1. El lecho de roca madre se descompone cada vez en partículas menores.
2. Los organismos de la zona contribuyen a la formación del suelo desintegrándolo cuando viven en él y añadiendo materia orgánica tras su muerte. Al desarrollarse el suelo, se forman capas llamadas horizontes.
3. El horizonte A, más próximo a la superficie, suele ser más rico en materia orgánica, mientras que el horizonte C contiene más minerales y sigue pareciéndose a la roca madre. Con el tiempo, el suelo puede llegar a sustentar una cobertura gruesa de vegetación reciclando sus recursos de forma efectiva
4. Cuando el suelo es maduro suele contener un horizonte B, donde se almacenan los minerales lixiviados.

COMPOSICIÓN

Los componentes del suelo se pueden dividir en sólidos, líquidos y gaseosos.

SÓLIDOS

Este conjunto de componentes representa lo que podría denominarse el esqueleto mineral del suelo. Y entre estos, componentes sólidos, del suelo destacan:

- Silicatos, tanto residuales o no completamente meteorizados, (micas, feldespatos, y fundamentalmente cuarzo).

- Como productos no plenamente formados, singularmente los minerales de arcilla, (caolinita, illita, etc.).
- Óxidos e hidróxidos de Fe (hematites, limonita, goethita) y de Al (gibbsita, boehmita), liberados por el mismo procedimiento que las arcillas.
- Clastos y granos poliminerales como materiales residuales de la alteración mecánica y química incompleta de la roca originaria.
- Otros diversos compuestos minerales cuya presencia o ausencia y abundancia condicionan el tipo de suelo y su evolución.
- Carbonatos (calcita, dolomita).
- Sulfatos (aljez).
- Cloruros y nitratos.
- Sólidos de naturaleza orgánica o complejos órgano-minerales, la materia orgánica muerta existente sobre la superficie, el humus o mantillo:
 - Humus joven o bruto formado por restos distinguibles de hojas, ramas y restos de animales.
 - Humus elaborado formado por sustancias orgánicas resultantes de la total descomposición del humus bruto, de un color negro, con mezcla de derivados nitrogenados (amoníaco, nitratos), hidrocarburos, celulosa, etc. Según el tipo de reacción ácido-base que predomine en el suelo, éste puede ser ácido, neutro o alcalino, lo que viene determinado también por la roca madre y condiciona estrechamente las especies vegetales que pueden vivir sobre el mismo.

LÍQUIDOS

Esta fracción está formada por una disolución acuosa de las sales y los iones más comunes como Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- ,... así como por una amplia serie de sustancias orgánicas.

La importancia de esta fase líquida en el suelo consiste en que éste es el vehículo de las sustancias químicas en el seno del sistema.

El agua en el suelo puede estar relacionada en tres formas diferentes con el esqueleto sólido:

- La primera, está constituida por una partícula muy delgada, en la que la fuerza dominante que une el agua a la partícula sólida es de carácter molecular, y tan sólida que esta agua solamente puede eliminarse del suelo en hornos de alta temperatura. Esta parte del agua no es aprovechable por el sistema radicular de las plantas.
- La segunda es retenida entre las partículas por las fuerzas capilares, las cuales, en función de la textura pueden ser mayores que la fuerza de la gravedad. Esta porción del agua no percola, pero puede ser utilizada por las plantas.
- Finalmente, el agua que excede al agua capilar, que en ocasiones puede llenar todos los espacios intersticiales en las capas superiores del suelo, con el tiempo percola y va a alimentar los acuíferos más profundos. Cuando todos los espacios intersticiales están llenos de agua, el suelo se dice saturado.

GASES

La fracción de gases está constituida fundamentalmente por los gases atmosféricos y tiene gran variabilidad en su composición, por el consumo de O_2 , y la producción de CO_2 dióxido de carbono. El primero siempre menos abundante que en el aire libre y el segundo más, como consecuencia del metabolismo respiratorio de los seres vivos del suelo, incluidas las raíces y los hongos. Otros gases comunes en suelos con mal drenaje son el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O).

ESTRUCTURA DEL SUELO

Se entiende la estructura de un suelo como la distribución o diferentes proporciones que presentan los distintos tamaños de las partículas sólidas que lo conforman, y son:

- Materiales finos, (arcillas y limos), de gran abundancia en relación a su volumen, lo que los confiere una serie de propiedades específicas, como:

- Cohesión.

- Adherencia.

- Absorción de agua.

- Retención de agua.

- Materiales medios, formados por tamaños arena.

- Materiales gruesos, entre los que se encuentran fragmentos de la roca madre, aún sin degradar, de tamaño variable²³.

Los componentes sólidos, no quedan sueltos y dispersos, sino más o menos aglutinados por el humus y los complejos órgano-minerales, creando unas divisiones horizontales denominadas horizontes del suelo.

La evolución natural del suelo produce una estructura vertical “estratificada” (no en el sentido que el término tiene en Geología) a la que se conoce como perfil.

Las capas que se observan se llaman horizontes y su diferenciación se debe tanto a su dinámica interna como al transporte vertical.

El transporte vertical tiene dos dimensiones con distinta influencia según los suelos. La lixiviación, o lavado, la produce el agua que se infiltra y penetra verticalmente desde la superficie, arrastrando sustancias que se depositan sobre todo por absorción.

La otra dimensión es el ascenso vertical, por capilaridad, importante sobre todo en los climas donde alternan estaciones húmedas con estaciones secas.

Se llama roca madre a la que proporciona su matriz mineral al suelo. Se distinguen suelos autóctonos, que se asientan sobre su roca madre, lo que representa la situación más común, y suelos alóctonos, formados con una matriz mineral aportada desde otro lugar por los procesos geológicos de transporte.

HORIZONTES

Se llama horizontes del suelo a una serie de niveles horizontales que se desarrollan en el interior del mismo y que presentan diferentes caracteres de composición, textura, adherencia, etc. El perfil del suelo es la organización vertical de todos estos horizontes.

Clásicamente, se distingue en los suelos completos o evolucionados tres horizontes fundamentales que desde la superficie hacia abajo son:

- Horizonte O, "Capa superficial del horizonte A"
- Horizonte A, o zona de lavado vertical: Es el más superficial y en él enraíza la vegetación herbácea. Su color es generalmente oscuro por la abundancia de materia orgánica descompuesta o humus elaborado, determinando el paso del agua arrastrándola hacia abajo, de fragmentos de tamaño fino y de compuestos solubles.
- Horizonte B o zona de Precipitado: Carece prácticamente de humus, por lo que su color es más claro (pardo o rojo), en él se depositan los materiales arrastrados desde arriba, principalmente, materiales arcillosos, óxidos e hidróxidos metálicos, etc., situándose en este nivel los encostramientos calcáreos áridos y las corazas lateríticas tropicales.

- Horizonte C o subsuelo: Está constituido por la parte más alta del material rocoso in situ, sobre el que se apoya el suelo, más o menos fragmentado por la alteración mecánica y la química (la alteración química es casi inexistente ya que en las primeras etapas de formación de un suelo no suele existir colonización orgánica), pero en él aún puede reconocerse las características originales del mismo.

- Horizonte D, horizonte R, roca madre o material rocoso: es el material rocoso subyacente que no ha sufrido ninguna alteración química o física significativa. Algunos distinguen entre D, cuando el suelo es autóctono y el horizonte representa a la roca madre, y R, cuando el suelo es alóctono y la roca representa sólo una base física sin una relación especial con la composición mineral del suelo que tiene encima.

Los caracteres, textura y estructura de los horizontes pueden variar ampliamente, pudiendo llegar de un horizonte A de centímetros a metros. Otra explicación más corta es la siguiente :

La profundidad del suelo depende de factores como la inclinación, que permite el arrastre de la tierra por las aguas, y la naturaleza del lecho rocoso. La piedra caliza, por ejemplo, se erosiona más que la arenisca, por lo que produce más productos de descomposición. Pero el factor más importante es el clima y el efecto erosivo de los agentes atmosféricos.

TEXTURA DEL SUELO

La textura del suelo está determinada por la proporción de los tamaños de las partículas que lo conforman. Para los suelos en los que todas las partículas tienen una granulometría similar, internacionalmente se usan varias clasificaciones, diferenciándose unas de otras principalmente en los límites entre las diferentes clases. En un orden creciente de granulometría pueden clasificarse los tipos de suelos en arcilla, limo, arena, grava, guijarros, barro o bloques.

En función de cómo se encuentren mezclados los materiales de granulometrías diferentes, además de su grado de descompactación, el suelo presentará características diferentes como su permeabilidad o su capacidad de retención de agua y su capacidad de usar desechos como abono para el crecimiento de las plantas.

IMPORTANCIA DEL SUELO

El suelo tiene gran importancia porque interviene en el ciclo del agua y los ciclos de los elementos y en él tienen lugar gran parte de las transformaciones de la energía y de la materia de todos los ecosistemas.

Además, como su regeneración es muy lenta, el suelo debe considerarse como un recurso no renovable y cada vez más escaso, debido a que está sometido a constantes procesos de degradación y destrucción de origen natural o antropológico.

2.2.4 Huellas de Calzado

El término "huella" puede referirse a los siguientes artículos:

- Huella, marca que produce una superficie sobre el terreno en el que ejerce presión²⁴.
- Huella dactilar, la impresión que produce el contacto de los dedos en una superficie.
- Huella digital, un mecanismo para proteger los derechos de autor y combatir la copia no autorizada de contenidos en discos CD y DVD.
- Huella ecológica, un indicador que compara el consumo de recursos naturales con la capacidad del planeta en regenerarlos.
- Huella filogenética, la base del método bioinformático.
- Huella genética, una técnica para distinguir entre individuos de una misma especie utilizando su ADN.
- Huella, película argentina de 1940.
- Huella hídrica, el volumen total de agua dulce usado para producir los bienes y servicios producidos por una empresa, o consumidos por un individuo o comunidad.
- Huella sintáctica, es una posición sintáctica creada como resultado de un desplazamiento sintáctico desde esa posición.
- Huella (astronáutica), la zona de cobertura que dejan los satélites geoestacionarios.
- Huella (geografía).
- Condicionamiento de huella: un tipo de condicionamiento
- La Huella (danza) danza folclórica nacido hacia 1820, bailado principalmente en Argentina, pero también en Bolivia y Chile.

En el caso de huella de calzado, nos referimos a la marca que produce esta indumentaria sobre un terreno al ejercer presión.

El calzado es la parte de la indumentaria utilizada para proteger los pies. Adquiere muchas formas, como zapatos, sandalias, alpargatas, botas o deportivas.

El calzado es vestido por una variedad de motivos, incluyendo la protección del pie, la higiene o el simple adorno. A menudo se utilizan medias o calcetines al vestir calzado.

FABRICACIÓN

La fabricación del calzado como tal, se venía realizando de modo artesanal desde los inicios históricos. Y aunque ya en la época romana se produjo una cantidad de calzado enorme, los procesos eran artesanales, por lo tanto el proceso de producción masiva podría decirse que no apareció hasta la época de la Revolución Industrial.

En ambos procedimientos, aunque de forma distinta, se siguen unos pasos elementales:

1. Selección de las pieles o materiales.
2. Cortado. De acuerdo al contorno que deberán adquirir las piezas.
3. Rebajado. Rebaje de las piezas, principalmente de piel.
4. Guarnecido (también llamado aparado o respunte). Cosido de las partes cortadas.
5. Montado (también llamado centrado). Usándose una horma, que sirve de modelo de pie, a la hora de encajar las partes del zapato (puntera o pala, talón, suela, etc.).
6. Encajillado. Introducción de los zapatos en cajas de cartón.

PROCESO ARTESANAL

El proceso artesanal es un proceso eminentemente manual en el que no se utiliza tecnología sofisticada. Hecho en un pequeño taller familiar o en una comunidad nativa, se utilizan generalmente materiales naturales de gran calidad, utilizándose también en algunos casos químicos y procesos industriales de todo tipo para elaborarlos.

PROCESO INDUSTRIAL

Dentro de las diversas secciones de la fabricación de un zapato, como hemos visto más arriba, en el cortado se realiza de tres formas o métodos diferentes, el cortado manual, utilizando un utensilio manual para cortar la piel usando un patrón (normalmente de cartón duro, o lámina de acero). Aún así, existen máquinas automáticas de corte, el troquelado, sobre todo usadas para el corte del forro interior del zapato, que suele ser de piel de menor calidad, falsas o entre suelas, y cueros para la capellada; otro método actual y moderno es el corte computarizado el cual utiliza un software para la configuración y ubicación de las piezas en la piel, se da la orden tal como damos la orden de imprimir, solo que en lugar de colocar puntos de pintura realiza puntadas de corte con una cuchilla o láser, este último método tiene ventajas sobre las anteriores, no requiere una inversión en troqueles para cada diseño, se pueden realizar cortes con más detalles que si se cortara a mano en un menor tiempo, si se utiliza piel sintética la configuración se realiza en menor tiempo y con menos ciclos de configuración.

El guarnecido se hace con máquinas de coser, similares a las usadas en la industria textil.

El montado quizás sea la parte más mecanizada del sector del calzado. De hecho a esta sección se le suele llamar también vía, debido a que los zapatos van desplazándose a través de unos cajones que circulan sobre una vía de hierro (a la altura del obrero) y cada trabajador va haciendo cada parte del trabajo de esta sección usando una máquina. El proceso exacto del montado (unión de la parte de piel del zapato con la suela), se hace con una máquina llamada "máquina de montado".

Existen dos métodos de poner la suela del calzado de forma neumática e inyección al corte cuando la suela se inyecta por separado esta es pegado manualmente por un operador y prestado en forma neumática, el segundo método es cuando la suela es inyectada directamente sobre el corte con un molde, este se llama inyección al corte.

El envasado en cajas de papel, es también manual. El zapato se introduce por pares en cajas de cartón. Se le incluyen las etiquetas reglamentarias, códigos de barras para facilitar la venta en los comercios, etc. Varias cajas de zapatos (6, 10, 12, 24...) se introducen en un embalaje de cartón para facilitar su transporte hasta el cliente.

TIPOS DE CALZADO

- Alpargatas
- Botas
- Huaraches
- Sandalia
- Zapatos de plataforma
- Zapatillas running

- Zapatillas Urbanas
- Zapatos deportivos
- Zapatos con alzas
- Zapatos de tacón
- Zapatillas indoor

HISTORIA

Los antiguos egipcios usaban para calzado una especie de alpargatas hechas con palma o corteza de papiro.

Los griegos solían calzar los altos coturnos, que llegaban hasta la pantorrilla y fueron luego adaptados por los romanos. Una variante concreta de ese calzado era la usada en el teatro, con suelas muy gruesas, de corcho, que realzaban la estatura de los actores trágicos. Al estar asociado a un género literario de prestigio, ha dado pie al sintagma lexicalizado «de alto coturno», que se puede aplicar a personas o cosas y significa, según María Moliner, «de elevada categoría».

Pitágoras obligó a sus discípulos a usar un calzado igual al de los egipcios y al cual debía el nombre de baxea. En los bajos relieves de Persépolis se ven los persas representados con una especie de sandalias y en otros monumentos griegos, los bárbaros están con un calzado que los romanos llamaban aluta luxior. En los tiempos heroicos, los griegos sólo llevaban calzado cuando salían al campo: el de los hombres era una especie de botines de cuero y el de las mujeres consistía en unas sandalias que solían adornar con planchuelas de marfil, plata, oro y piedras preciosas en tiempos más adelantados que los heroicos.

Los espartanos usaban un zapato llano que envolvía todo el pie formado de cuero colorado. El de las doncellas era muy alto, y el de las matronas de una altura media. Los atenienses llegaron a conocer diferentes especies de calzado a modo de botas y zapatos de cuero negro.

Los romanos no llevaban calzado al principio pero luego se introdujo con la moda y en Cicerón leemos que en su tiempo usaron los jóvenes disolutos un calzado llamado sicyonium. Se conocieron diferentes especies de calzado a saber, el calceus, el muleus, el phaecassium, para calzado entero hecho de un cuero llamado aluta; la soleá, la caliga, la crépida, la baxea, el sandalium, el coturno eran simples suelas atadas sobre el pie con cintas o correas. Eran de diferentes colores aunque generalmente negras. Los emperadores y triunfadores los usaban colorado. En sus casas, usaban los romanos la solea que servía de chinela. El calzado de las mujeres solía ser blanco. Los senadores usaban unas medias botas negras llevando sobre el tobillo una especie de hebilla, llamada luna o tintilla la cual tenía la forma de una C para indicar que en un principio los senadores patricios no eran más que ciento. Los antiguos solían dejar el calzado para comer a fin de no ensuciar los cojines sobre que se recostaban y los esclavos encargados de descalzar y calzar a los señores se denominan sandaligeruli.

El calzado desde que los hombre supieron preparar el cuero se hizo generalmente de esta materia sufriendo en sus formas modificaciones a veces muy extrañas, pues ha habido épocas en que se usaban botines terminados en punta sumamente encorvada y levantada en alto. Hay países todavía en que se emplean calzados especiales, tales como los zuecos de madera y nuestras alpargatas de cáñamo.

ZONAS FABRICANTES EN ESPAÑA, MÉXICO, PERÚ Y COLOMBIA

La principal zona de fabricación de calzado en España es el alicantino el Valle del Vinalopó (Villena, Elda, Elche, etc.), en el que también se puede incluir la albaceteña ciudad de Almansa. Otros núcleos importantes son Fuensalida en Toledo, Arnedo en La Rioja y las Islas Baleares, sobre todo la ciudad mallorquina de Inca, y las poblaciones de Menorca.

En cuanto a México, la fabricación industrial de calzado de alta calidad se concentra León (Guanajuato), Guadalajara y la Ciudad de México. Por su parte, San Mateo Atenco, Estado de México, sobresale como productor artesanal de calzado. La manufactura de calzado en México ha sido tan importante para el desarrollo económico del país, que incluso en la Ciudad de México se encuentra el Museo del Calzado de El Borceguí, la zapatería más antigua de esta localidad.

En cuanto a Perú, la fabricación de calzado de alta calidad se concentra en la ciudad de Trujillo, departamento de La Libertad. Variedad en modelos y texturas que hacen a esta ciudad (Trujillo) (la capital de la primavera) ahora también Capital del Calzado.

En cuanto a Colombia la fabricación del calzado se concentra en Bucaramanga y Bogotá, que concentran los clusters de esta industria más importantes del país, también hay una importante producción en ciudades como Cali y Medellín.

TALLAS

Desde el siglo XVIII, en el ramo del calzado se utiliza una unidad propia: el punto. Así pues, para determinar la longitud del pie podía utilizarse el punto París, el punto Berlín, el punto Viena, etc., que los maestros de distintas regiones habían fijado a raíz de distintos acuerdos.

En cualquier caso, las numeraciones para determinar la longitud del zapato no tuvieron demasiada importancia hasta finales del siglo XIX, cuando empezó a desarrollarse la producción en masa.

Existen cuatro tipos de numeraciones principales:

LA NUMERACIÓN EUROPEA²⁵

Durante la época de Napoleón (principios del siglo XIX), en Europa se extendió el uso del punto París, equivalente a $\frac{2}{3}$ cm, es decir 6,667 mm. Puesto que esta medida resultaba demasiado grande, se introdujeron medias medidas: el número 40,5 equivale aproximadamente a 27 cm.

LA NUMERACIÓN INGLESA

El sistema inglés quedó fijado por orden del rey de Inglaterra Eduardo II. A Éste determinó que tres granos de cebada juntos formaban una pulgada (1 pulgada = 2,54 cm) y que 12 pulgadas eran un pie (1 pie = 30,48 cm.) La unidad de calzado inglés equivale a la longitud de un grano de cebada, es decir $\frac{1}{3}$ de pulgada o 8,46 mm. También en este caso la unidad resultó ser demasiado grande, por lo que se introdujeron números medios: $\frac{1}{2}$ = 4,23 mm.

El sistema de numeración inglés empieza con un longitud para adultos de unos 22 cm. (número 1, equivalente a la 33 francesa). A estos 22 cm o 8,66 pulgadas se le añade $\frac{1}{3}$ de pulgada por número. El número 42 francés se corresponde al número 28 de las tallas métricas y al 8 de la numeración inglesa ($22 \text{ cm} + (8 \times 0,846) = 28,77 \text{ cm}$). La numeración más corriente entre caballeros oscila entre el número 5,5²⁶ (número 39 en el sistema francés) y el 11 (número 46 en el sistema francés).

LA NUMERACIÓN ESTADOUNIDENSE

Se trata básicamente de la unidad inglesa. La diferencia radica en el punto de partida. En el sistema estadounidense²⁷, la escala está adelantada 1,116 mm, por lo que, en comparación con el sistema inglés, cada número empieza un poco antes.

LA NUMERACIÓN MÉTRICA

La numeración métrica permite medir tanto la longitud del pie como de un zapato y cuenta con una escala similar. En la práctica no se ha impuesto para la numeración del calzado.

2.3. Terminología básica.

FORENSE: Conjunto de ciencias que interdisciplinariamente investigan hechos delictivos.

MODELADO: Técnica que aplica sustancias moldeables sobre huellas en bajo relieve para que luego del fraguado, obtener una imagen tridimensional de la suela del calzado que provoco la huella.

MODELADO FORENSE: Técnica de modelado aplicable en la investigación de hechos delictivos.

CALZADO: Clase o conjunto de prendas que cubren y protegen el pie y tienen suela.

SUELO HUMIFERO (tierra negra): Tienen abundante materia orgánica en descomposición, de color oscuro, retienen bien el agua y son excelentes para el cultivo.

CRIMINALÍSTICA: Ciencia que estudia los indicios de un hecho criminal con el fin de determinar todos los datos posibles relativos a la víctima o a las circunstancias del crimen.

YESO: Sulfato de calcio hidratado de color blanco, usado en construcción y en escultura por su propiedad de endurecer rápidamente al mezclarse con agua.

YESO CERÁMICO: Sulfato de calcio semihidratado, que presenta una mayor propiedad de fraguado que el yeso comercial.

HUELLA: Señal que deja el pie del hombre o del animal en la tierra por donde pasa.

LABORATORIO: Lugar dotado de los medios necesarios para realizar investigaciones, experimentos y trabajos de carácter científico.

2.4. Hipótesis.

Hipótesis General

- El yeso cerámico es válido como modelador forense en huellas de calzado

Hipótesis Específicas

- El tipo de suelo humífero permite un modelado óptimo en huellas de calzado.
- El tiempo de fraguado óptimo del yeso cerámico para modelado forense en huellas de calzado es de 10 minutos.
- La proporción de yeso cerámico/solvente para el modelado forense en huellas de calzado es de 2/1.

2.5. Variables.

Independiente:

- Yeso Cerámico

Dependiente:

- Modelado Forense en huellas de calzado
- Condiciones climáticas, (temperatura, humedad, vientos, etc.)
- Tipo de suelo
- Tiempo de fraguado
- Concentración del Yeso Cerámico

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de Investigación.

Diseño:

Experimental: Con manipulación intencional de variables independientes y medición de variables dependientes.

Tipo:

Transversal: Recolección de datos en un único momento.

Subtipo:

Transversal Descriptivo: Investigación que identifica variables y las detalla de manera general.

3.2. Población y muestra.

Según cálculo muestral: 276 modelados forense en huellas de calzado

Donde:

N: 58 000 000 de posibles huellas de calzado en el Perú, debido a que la población es de 29 000 000 por dos pisadas mínimas que pueden obtenerse, con un total de 287820 delitos en los que se puede aplicar el modelado.

K: es el nivel de confianza de 90% con 1,65

e: es el error muestral de 5

p: 0,5

q: 0,5

Siendo la distribución que abarque todas las variables, la siguiente:

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N-1)) + k^2 * p * q}$$

VALIDACIÓN DEL YESO CERAMICO COMO MODELADOR FORENSE EN HUELLAS DE CALZADO						
TIPOS DE SUELO		HUMIFEROS MOLDES		NO HUMIFEROS MOLDES		TOTAL MOLDES
Tiempo		10 minutos	20 minutos	10 minutos	20 minutos	
Proporción yeso cerámico solvente	2/1	23	23	23	23	92
	1/1	23	23	23	23	92
	1/2	23	23	23	23	92
Subtotal		69	69	69	69	
TOTAL MOLDES		138		138		276

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

La técnica a emplear será la siguiente:

1. Se fabrican tres cajas de madera de medidas aproximadas 15x40x50 cm
2. Se acondicionan tres tipos de suelos: humíferos, arenosos y arcillosos, por ser los más comúnmente encontrados en nuestro país en escenarios criminales, y porque los demás (pedregosos y calizos) han sido descartados para modelado forense.
3. Se realizan pisadas experimentales con un solo tipo de zapatilla (por ser la que mayor diseño presenta en su suela) y con una misma persona (adulto de 80 Kgr de peso) dejando huellas de calzado.

4. Se realiza una toma fotográfica vertical de cada huella, con escala métrica en L, sin flash, con la función macro activada, con rótulo y con el mínimo margen posible de la imagen.
5. Se bordea la huella con el dispositivo de encastramiento, empotrándolo ligeramente sobre la superficie del suelo que bordea la huella.
6. Preparar por dilución el yeso en un tazón plástico hasta que alcance el punto óptimo, luego de lo cual, se vierte indirectamente sobre la huella de calzado, empleando para ello una espátula o cuchara que atenué la caída directa sobre la misma.
7. Se deja fraguar por una hora.
8. Se retira el sistema de encastramiento.
9. Se levanta el molde de yeso fraguado.
10. Se rotula con un punzón sobre la superficie libre
11. Se limpia con un cepillo la superficie a analizar, desprendiendo de ella todo resto de suelo.
12. Se fotografía la superficie a analizar.
13. Se fotografía la suela del calzado empleado para generar la huella.
14. Se comparan las fotografías de la suela del calzado y de la superficie de yeso fraguado a analizar.
15. Se delimitan digitalmente morfologías características en cada fotografía de suelas.

16. Se establecen la ubicación y distancia de cada morfología mediante un polígono cerrado.
17. Se comparan los polígonos cerrados de cada fotografía de suela.
18. Si se establecen 14 o más coincidencias, se determina la correspondencia o no correspondencia entre la superficie inferior del molde de yeso y la superficie de la suela del calzado.
19. Se registran los datos en ficha (instrumento) adjunta en anexo.

El Instrumento a emplear fue validado por el Juicio de Expertos, y presenta los siguientes componentes: Información, Introducción, Instrucción, Cuerpo y Firma.

3.4. Procesamiento de datos y análisis estadístico.

Se realizara una estadística en el programa estadístico SPSS versión 15, al ser descriptivo solo se consideraran los resultados finales y no los analíticos.

3.5. Aspectos Éticos.

Debido a que se trabajan con huellas de origen humano en la presente investigación, se requerirá el consentimiento informado a los colaboradores que acepten dejar la huella en bajo relieve de sus calzados en los cubículos con tierra, sin embargo, se mantendrá la confidencialidad de sus nombres según el artículo 4 del Código de Ética del Tecnólogo Medico, y si bien el manejo de las muestras no es el mismo que el de muestras primarias provenientes de personas, estas se trataran con respeto según el Título IV, artículo 20 del Código de Ética del Tecnólogo Medico.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

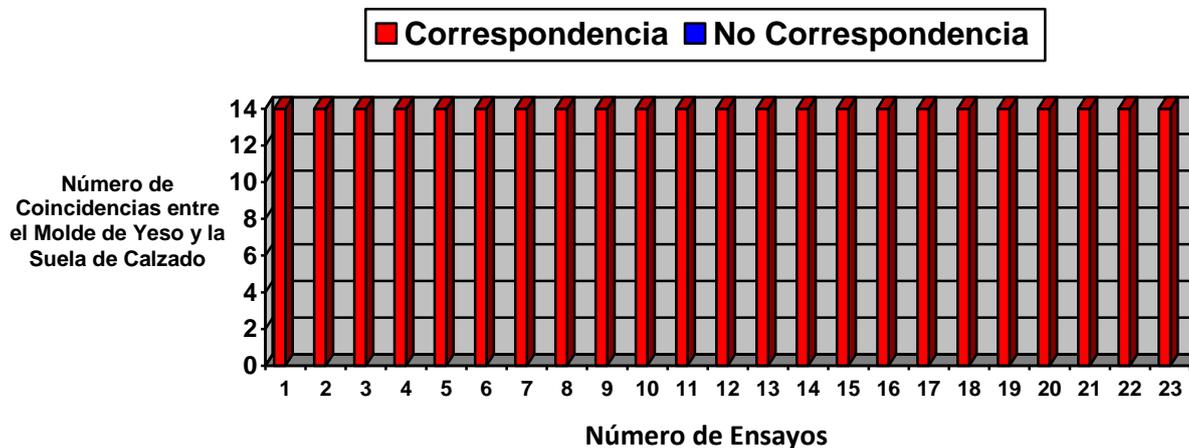
4.1. Resultados.

CUADRO N° 01

**RESULTADOS DEL YESO CERAMICO COMO MODELADOR FORENSE EN
HUELLAS DE CALZADO EN SUELO HUMIFERO CON TIEMPO DE 10
MINUTOS Y PROPORCIÓN YESO/SOLVENTE: 2/1**

N° Ensayos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Total	
Correspondencia																									23
Yeso vs Calzado	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

GRÁFICO N° 01



ANÁLISIS

En el cuadro y gráfico N° 01 sobre Resultados del Yeso Cerámico como Modelador Forense en Huellas de Calzado en Suelo Humífero con un Tiempo de 10 minutos y relación Yeso/Solvente: 2 a 1, se observa:

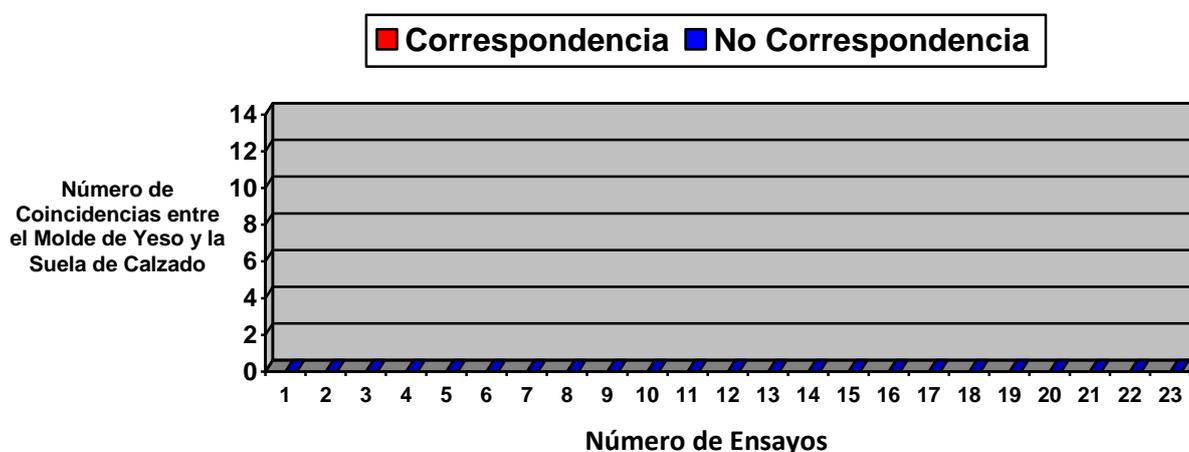
1. Que el 100% de los ensayos mostraron una coincidencia de marcas características superior a 14 entre el Molde de Yeso y la Suela de Calzado.
2. Que el 100% de los ensayos necesitaron un tiempo de 10 minutos para el fraguado completo del yeso cerámico que permitiría una posterior comparación entre suela versus molde en suelo humífero con una proporción Yeso Cerámico / Solvente de 2/1.

CUADRO N° 02

RESULTADOS DEL YESO CERAMICO COMO MODELADOR FORENSE EN HUELLAS DE CALZADO EN SUELO HUMIFERO CON TIEMPO DE 10 MINUTOS Y PROPORCIÓN YESO/SOLVENTE: 1/1

N° Ensayos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Total
Correspondencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	00
Yeso vs Calzado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	00

GRÁFICO N° 02



ANÁLISIS

En el cuadro y gráfico N° 02 sobre Resultados del Yeso Cerámico como Modelador Forense en Huellas de Calzado en Suelo Humífero con un Tiempo de 10 minutos y relación Yeso/Solvente: 1 a 1, se observa:

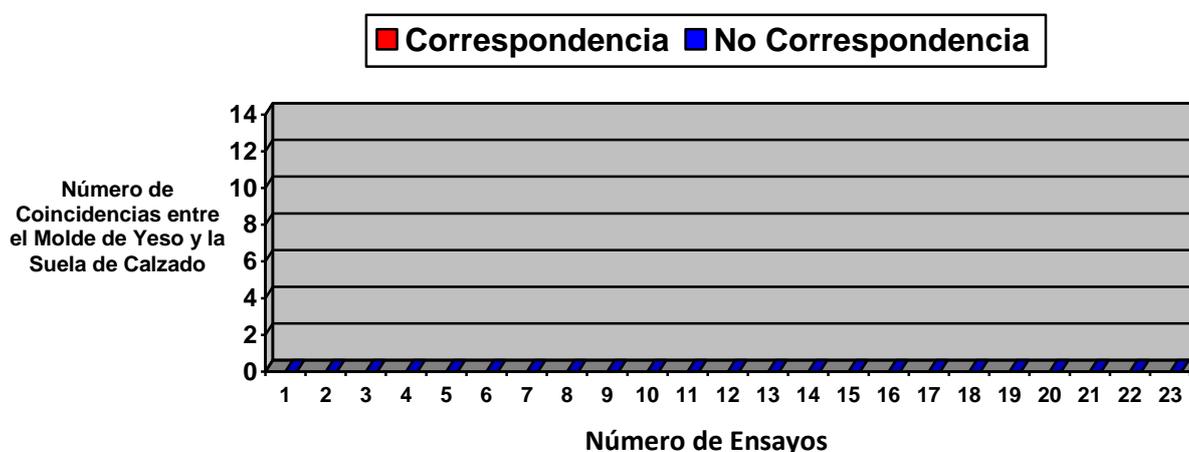
1. Que el 00% de los ensayos mostraron una coincidencia de marcas características superior a 14 entre el Molde de Yeso y la Suela de Calzado.
2. Que el 100% de los ensayos no se fraguó el yeso cerámico en un tiempo de 10 minutos, no permitiendo una posterior comparación entre suela versus molde en suelo humífero con una proporción Yeso Cerámico / Solvente de 1/1.

CUADRO N° 03

RESULTADOS DEL YESO CERAMICO COMO MODELADOR FORENSE EN HUELLAS DE CALZADO EN SUELO HUMIFERO CON TIEMPO DE 10 MINUTOS Y PROPORCIÓN YESO/SOLVENTE: 1/2

N° Ensayos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Total
Correspondencia																								00
Yeso vs Calzado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	00

GRÁFICO N° 03



ANÁLISIS

En el cuadro y gráfico N° 03 sobre Resultados del Yeso Cerámico como Modelador Forense en Huellas de Calzado en Suelo Humífero con un Tiempo de 10 minutos y relación Yeso/Solvente: 1 a 2, se observa:

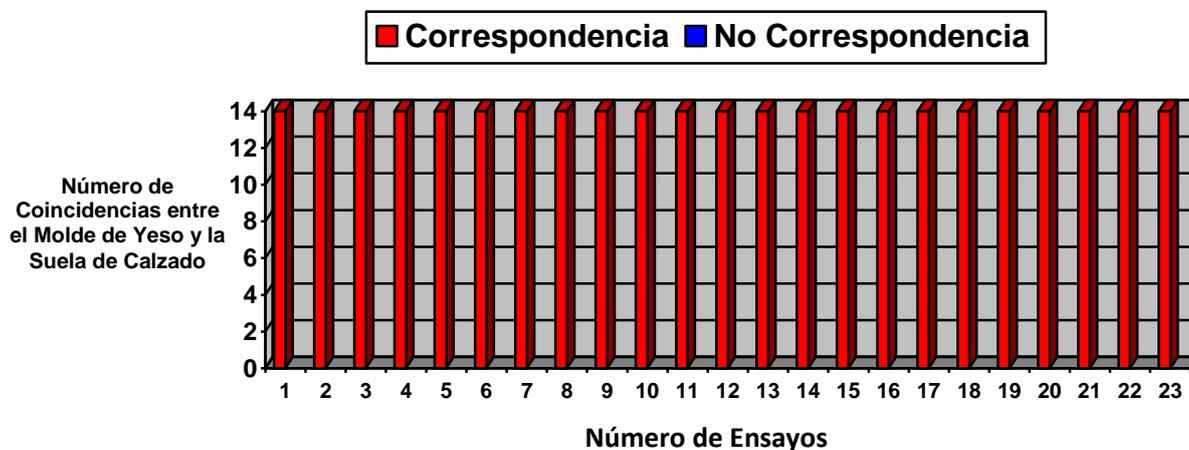
1. Que el 00% de los ensayos mostraron una coincidencia de marcas características superior a 14 entre el Molde de Yeso y la Suela de Calzado.
2. Que el 100% de los ensayos no se fraguó el yeso cerámico en un tiempo de 10 minutos, no permitiendo una posterior comparación entre suela versus molde en suelo humífero con una proporción Yeso Cerámico / Solvente de 1/2.

CUADRO Nº 04

RESULTADOS DEL YESO CERAMICO COMO MODELADOR FORENSE EN HUELLAS DE CALZADO EN SUELO HUMIFERO CON TIEMPO DE 20 MINUTOS Y PROPORCIÓN YESO/SOLVENTE: 2/1

Nº Ensayos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Total	
Correspondencia																									
Yeso vs Calzado	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	23

GRÁFICO Nº 04



ANÁLISIS

En el cuadro y gráfico Nº 04 sobre Resultados del Yeso Cerámico como Modelador Forense en Huellas de Calzado en Suelo Humífero con un Tiempo de 20 minutos y relación Yeso/Solvente: 2 a 1, se observa:

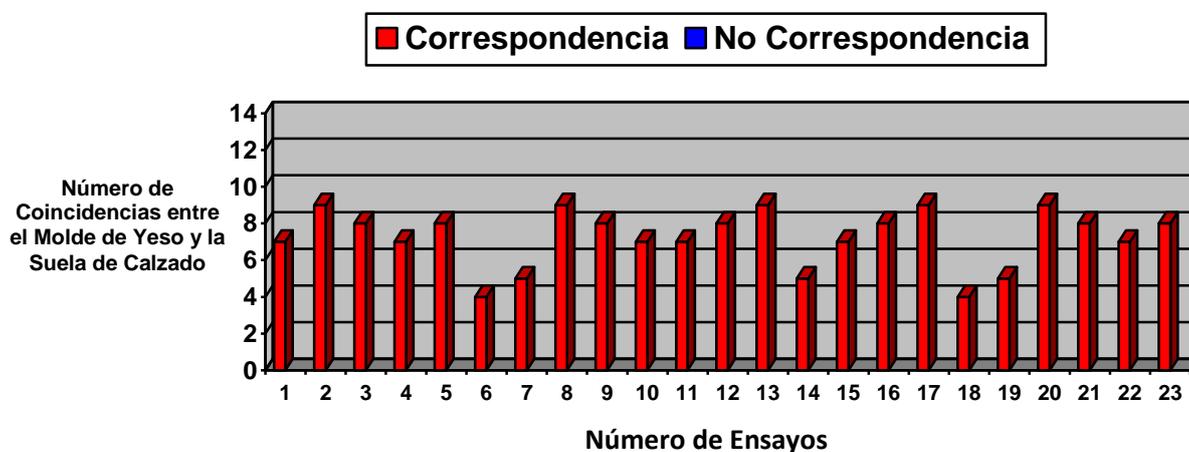
1. Que el 100% de los ensayos mostraron una coincidencia de marcas características superior a 14 entre el Molde de Yeso y la Suela de Calzado.
2. Que el 100% de los ensayos necesitaron un tiempo de 20 minutos para el fraguado completo del yeso cerámico que permitiría una posterior comparación entre suela versus molde en suelo humífero con una proporción Yeso Cerámico / Solvente de 2/1.

CUADRO N° 05

RESULTADOS DEL YESO CERAMICO COMO MODELADOR FORENSE EN HUELLAS DE CALZADO EN SUELO HUMIFERO CON TIEMPO DE 20 MINUTOS Y PROPORCIÓN YESO/SOLVENTE: 1/1

N° Ensayos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Total
Correspondencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	00

GRÁFICO N° 05



ANÁLISIS

En el cuadro y gráfico N° 05 sobre Resultados del Yeso Cerámico como Modelador Forense en Huellas de Calzado en Suelo Humífero con un Tiempo de 20 minutos y relación Yeso/Solvente: 1 a 1, se observa:

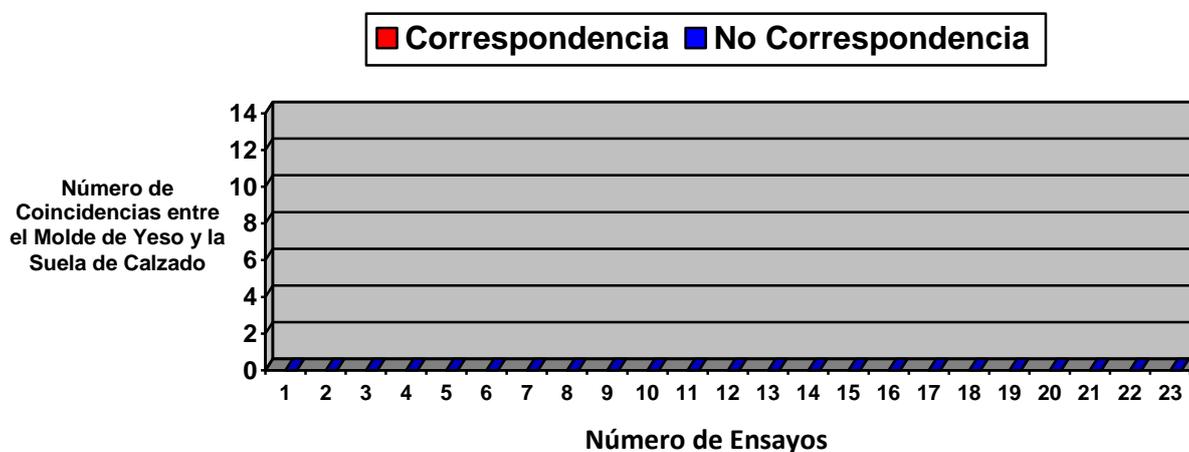
1. Que el 100% de los ensayos mostraron una coincidencia de marcas características inferior a 14 entre el Molde de Yeso y la Suela de Calzado.
2. Que el 100% de los ensayos necesitaron un tiempo de 20 minutos para el fraguado completo del yeso cerámico que permitiría una posterior comparación entre suela versus molde en suelo humífero con una proporción Yeso Cerámico / Solvente de 1/1.

CUADRO N° 06

RESULTADOS DEL YESO CERAMICO COMO MODELADOR FORENSE EN HUELLAS DE CALZADO EN SUELO HUMIFERO CON TIEMPO DE 20 MINUTOS Y PROPORCIÓN YESO/SOLVENTE: 1/2

N° Ensayos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Total
Correspondencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	00
Yeso vs Calzado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	00

GRÁFICO N° 06



ANÁLISIS

En el cuadro y gráfico N° 06 sobre Resultados del Yeso Cerámico como Modelador Forense en Huellas de Calzado en Suelo Humífero con un Tiempo de 20 minutos y relación Yeso/Solvente: 1 a 2, se observa:

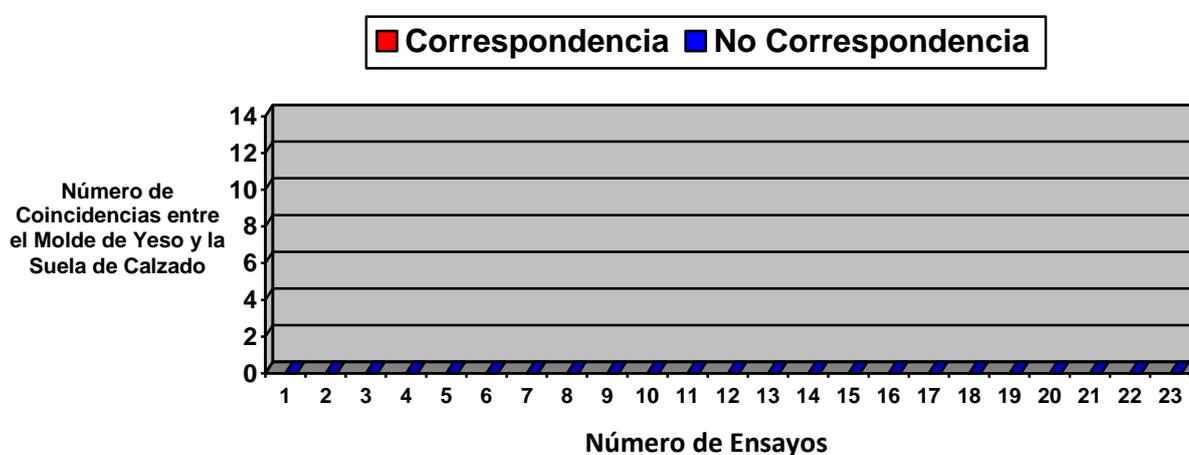
1. Que el 00% de los ensayos mostraron una coincidencia de marcas características superior a 14 entre el Molde de Yeso y la Suela de Calzado.
2. Que en el 100% de los ensayos no se fraguó el yeso cerámico en un tiempo de 20 minutos, no permitiendo una posterior comparación entre suela versus molde en suelo humífero con una proporción Yeso Cerámico / Solvente de 1/2.

CUADRO N° 07

RESULTADOS DEL YESO CERAMICO COMO MODELADOR FORENSE EN HUELLAS DE CALZADO EN SUELO NO HUMIFERO CON TIEMPO DE 10 MINUTOS Y PROPORCIÓN YESO/SOLVENTE: 2/1

N° Ensayos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Total
Correspondencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	00

GRÁFICO N° 07



ANÁLISIS

En el cuadro y gráfico N° 07 sobre Resultados del Yeso Cerámico como Modelador Forense en Huellas de Calzado en Suelo No Humífero con un Tiempo de 10 minutos y relación Yeso/Solvente: 2 a 1, se observa:

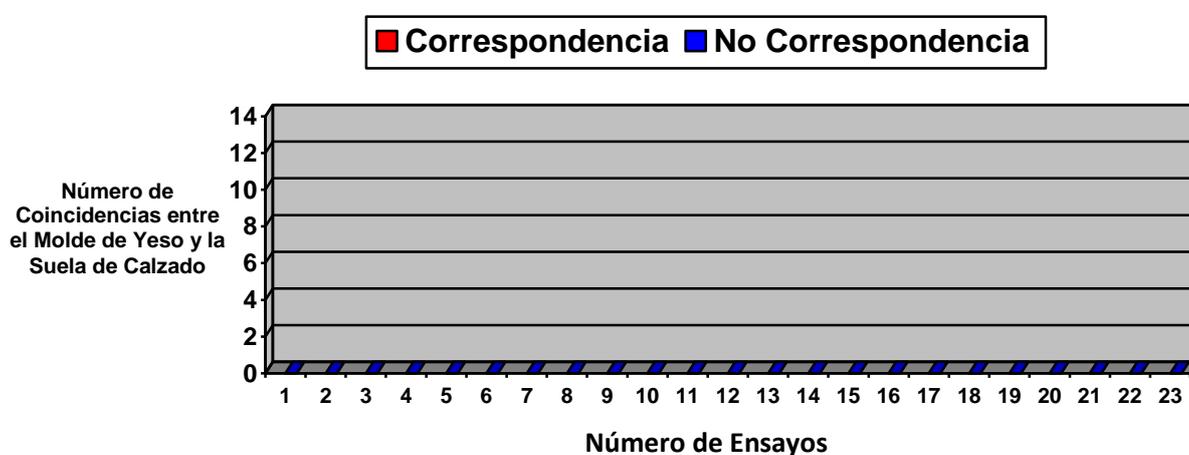
1. Que el 00% de los ensayos mostraron una coincidencia de marcas características superior a 14 entre el Molde de Yeso y la Suela de Calzado.
2. Que en el 100% de los ensayos se fraguó el yeso cerámico en un tiempo de 10 minutos, pero no permitió una posterior comparación entre suela versus molde en suelo humífero con una proporción Yeso Cerámico / Solvente de 2/1.

CUADRO N° 08

RESULTADOS DEL YESO CERAMICO COMO MODELADOR FORENSE EN HUELLAS DE CALZADO EN SUELO NO HUMIFERO CON TIEMPO DE 10 MINUTOS Y PROPORCIÓN YESO/SOLVENTE: 1/1

N° Ensayos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Total
Correspondencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	00
Yeso vs Calzado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	00

GRÁFICO N° 08



ANÁLISIS

En el cuadro y gráfico N° 08 sobre Resultados del Yeso Cerámico como Modelador Forense en Huellas de Calzado en Suelo No Humífero con un Tiempo de 10 minutos y relación Yeso/Solvente: 1 a 1, se observa:

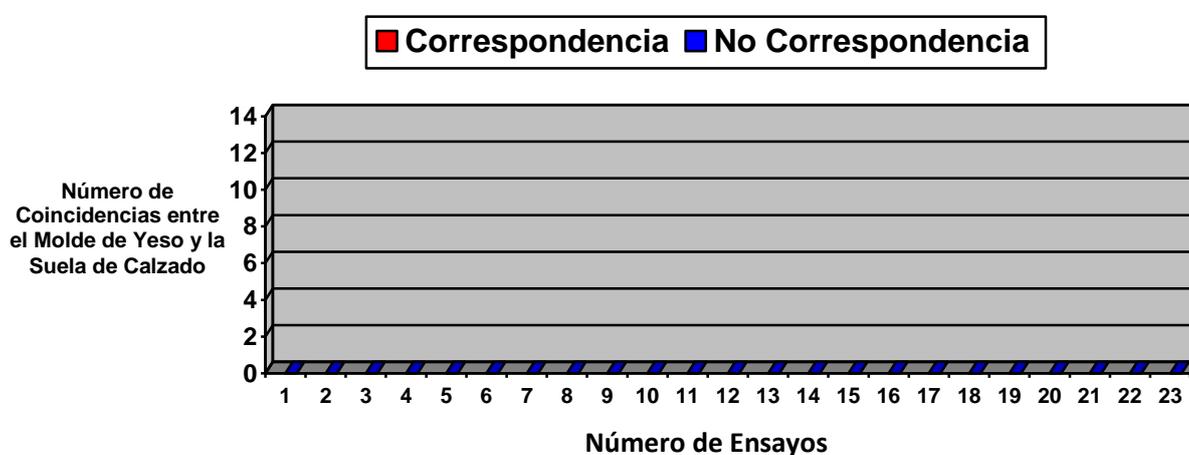
1. Que el 00% de los ensayos mostraron una coincidencia de marcas características superior a 14 entre el Molde de Yeso y la Suela de Calzado.
2. Que en el 100% de los ensayos no se fraguó el yeso cerámico en un tiempo de 10 minutos, no permitiendo una posterior comparación entre suela versus molde en suelo humífero con una proporción Yeso Cerámico / Solvente de 1/1.

CUADRO N° 09

RESULTADOS DEL YESO CERAMICO COMO MODELADOR FORENSE EN HUELLAS DE CALZADO EN SUELO NO HUMIFERO CON TIEMPO DE 10 MINUTOS Y PROPORCIÓN YESO/SOLVENTE: 1/2

N° Ensayos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Total
Correspondencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	00
Yeso vs Calzado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	00

GRÁFICO N° 09



ANÁLISIS

En el cuadro y gráfico N° 09 sobre Resultados del Yeso Cerámico como Modelador Forense en Huellas de Calzado en Suelo No Humífero con un Tiempo de 10 minutos y relación Yeso/Solvente: 1 a 2, se observa:

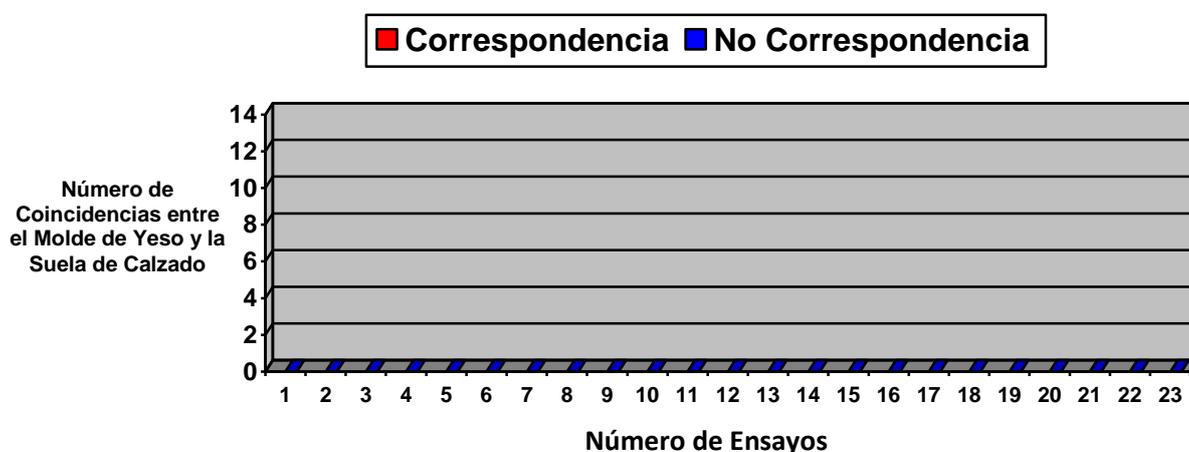
1. Que el 00% de los ensayos mostraron una coincidencia de marcas características superior a 14 entre el Molde de Yeso y la Suela de Calzado.
2. Que en el 100% de los ensayos no se fraguó el yeso cerámico en un tiempo de 10 minutos, no permitiendo una posterior comparación entre suela versus molde en suelo humífero con una proporción Yeso Cerámico / Solvente de 1/2.

CUADRO Nº 10

RESULTADOS DEL YESO CERAMICO COMO MODELADOR FORENSE EN HUELLAS DE CALZADO EN SUELO NO HUMIFERO CON TIEMPO DE 20 MINUTOS Y PROPORCIÓN YESO/SOLVENTE: 2/1

Nº Ensayos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Total
Correspondencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	00
Yeso vs Calzado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	00

GRÁFICO Nº 10



ANÁLISIS

En el cuadro y gráfico Nº 10 sobre Resultados del Yeso Cerámico como Modelador Forense en Huellas de Calzado en Suelo No Humífero con un Tiempo de 20 minutos y relación Yeso/Solvente: 2 a 1, se observa:

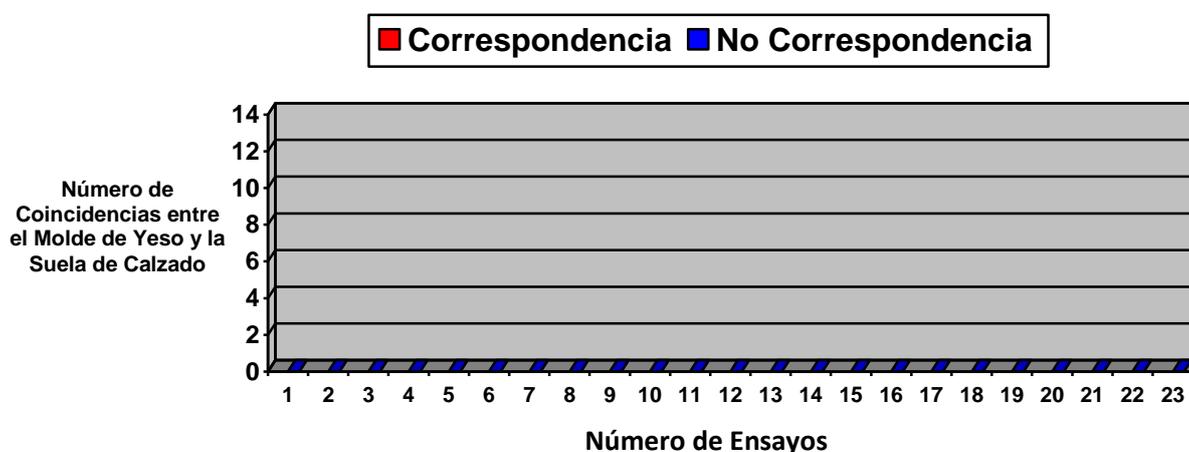
1. Que el 00% de los ensayos mostraron una coincidencia de marcas características superior a 14 entre el Molde de Yeso y la Suela de Calzado.
2. Que en el 100% de los ensayos se fraguó el yeso cerámico en un tiempo de 20 minutos, sin embargo, no permitió una posterior comparación entre suela versus molde en suelo humífero con una proporción Yeso Cerámico / Solvente de 2/1.

CUADRO Nº 11

RESULTADOS DEL YESO CERAMICO COMO MODELADOR FORENSE EN HUELLAS DE CALZADO EN SUELO NO HUMIFERO CON TIEMPO DE 20 MINUTOS Y PROPORCIÓN YESO/SOLVENTE: 1/1

Nº Ensayos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Total
Correspondencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	00
Yeso vs Calzado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	00

GRÁFICO Nº 11



ANÁLISIS

En el cuadro y gráfico Nº 11 sobre Resultados del Yeso Cerámico como Modelador Forense en Huellas de Calzado en Suelo No Humífero con un Tiempo de 20 minutos y relación Yeso/Solvente: 1 a 1, se observa:

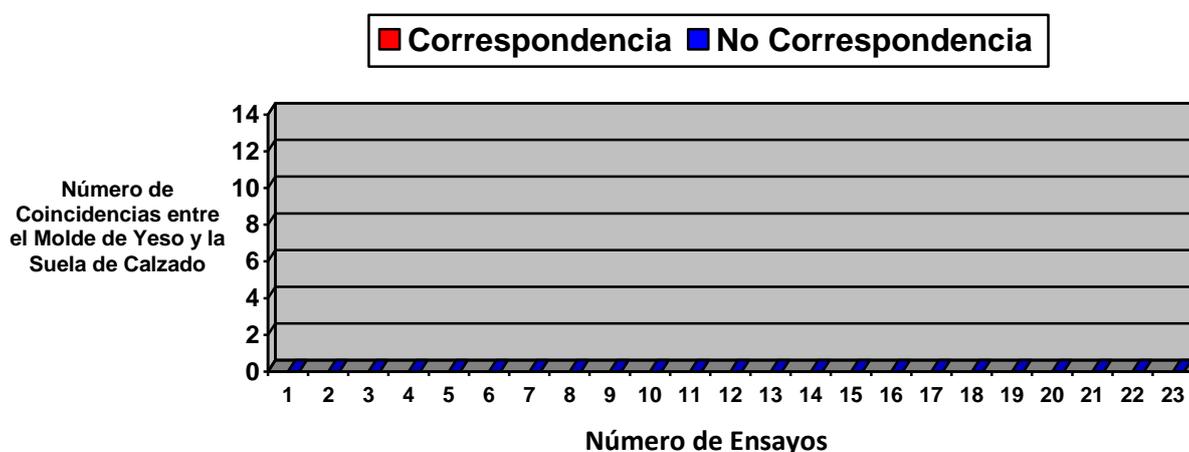
1. Que el 00% de los ensayos mostraron una coincidencia de marcas características superior a 14 entre el Molde de Yeso y la Suela de Calzado.
2. Que en el 100% de los ensayos se fraguó el yeso cerámico en un tiempo de 20 minutos, sin embargo, no permitió una posterior comparación entre suela versus molde en suelo humífero con una proporción Yeso Cerámico / Solvente de 1/1.

CUADRO Nº 12

RESULTADOS DEL YESO CERAMICO COMO MODELADOR FORENSE EN HUELLAS DE CALZADO EN SUELO NO HUMIFERO CON TIEMPO DE 20 MINUTOS Y PROPORCIÓN YESO/SOLVENTE: 1/2

Nº Ensayos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Total
Correspondencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	00
Yeso vs Calzado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	00

GRÁFICO Nº 12



ANÁLISIS

En el cuadro y gráfico Nº 12 sobre Resultados del Yeso Cerámico como Modelador Forense en Huellas de Calzado en Suelo No Humífero con un Tiempo de 20 minutos y relación Yeso/Solvente: 1 a 2, se observa:

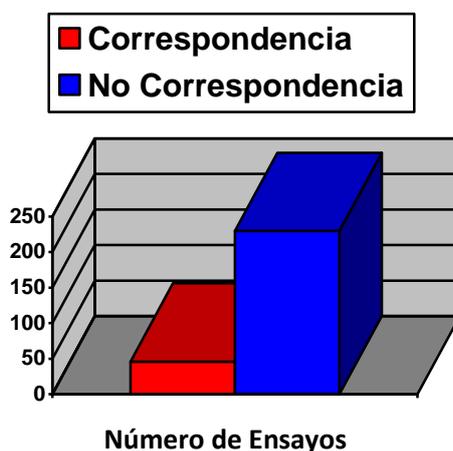
1. Que el 00% de los ensayos mostraron una coincidencia de marcas características superior a 14 entre el Molde de Yeso y la Suela de Calzado.
2. Que en el 100% de los ensayos no se fraguó el yeso cerámico en un tiempo de 20 minutos, , no permitiendo una posterior comparación entre suela versus molde en suelo humífero con una proporción Yeso Cerámico / Solvente de 1/2.

CUADRO N° 13

RESULTADOS DEL YESO CERAMICO COMO MODELADOR FORENSE EN HUELLAS DE CALZADO EN SUELOS HUMIFEROS Y NO HUMIFERO CON TIEMPOS DE 10 Y 20 MINUTOS A DIFERENTES PROPORCIONES DE YESO/SOLVENTE

N° Ensayos	Total
Correspondencia Yeso vs Calzado	46
No Correspondencia Yeso vs Calzado	230

GRÁFICO N° 13



ANÁLISIS

En el cuadro y gráfico N° 13 sobre Resultados del Yeso Cerámico como Modelador Forense en Huellas de Calzado en Suelo Humífero y No Humífero con Tiempos de 10 y 20 minutos a diferentes proporciones Yeso/Solvente, se observa:

1. Que el 16,7% del total de ensayos mostraron una coincidencia de marcas características superior a 14 entre el Molde de Yeso y la Suela de Calzado.
2. Que en el 83.3% del total de ensayos no se fraguó el yeso cerámico impidiendo la comparación entre Suela de Calzado y Molde de Yeso.

4.2. Discusión.

1. El suelo no húmedo de tipo arenoso o arcilloso, permite la formación de una buena huella de calzado, pero absorbe mayoritariamente la mezcla de yeso, impidiendo su retención y posterior fraguación en su superficie, no lográndose la obtención del molde para comparación.
2. El suelo no húmedo de tipo pedregoso o calizo, no permite la formación de huellas de calzado, haciendo que la mezcla de yeso se disperse irregularmente sobre su superficie, no obteniéndose un molde para comparación.
3. Las mezclas de yeso/solvente en proporción 2/1, al estar menos diluidas, permiten un fraguado óptimo en un tiempo de 10 minutos, no debiendo concentrarse mas debido a que se impediría una adecuada distribución en la huella.
4. Las mezclas de yeso/solvente en proporciones 1/2, no consiguen fraguar ni siquiera en tiempos de 20 minutos, obteniéndose una masa quebradiza que no permite la visualización de detalles de comparación entre el molde y la suela.
5. Los tiempos de fraguado de la mezcla deben ser los mínimos posibles, teniendo en cuenta que estos deben ser retirados de la escena cuando culmine la inspección criminalística y trasladados sin que se fractures o resquebrajen.
6. Los tiempos de fraguado promedio fueron variables, en promedio de 8 minutos debido a las diferentes condiciones climatológicas que se produjeron en los diferentes horarios en los que se desarrollaron los ensayos.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

1. El yeso cerámico es valido para el modelado forense en huellas de calzado
2. El Suelo Humífero es el ideal para la formación de huellas de calzado con detalles de comparación.
3. El Suelo Humífero es ideal para la formación de moldes de yeso en huellas de calzado.
4. La proporción ideal yeso/solvente, para la formación de molde de yeso con fines de comparación entre huella y suela es de 2/1.
5. El tiempo optimo para el fraguado del molde en proporción yeso/solvente: 2/1, es de 10 minutos.
6. Los Suelos No Humíferos de tipo pedregoso o calizo, no permiten la formación de huellas de calzado.
7. Los Suelos No Humíferos de tipo pedregoso o calizo, no permiten la formación de moldes de yeso.
8. Las mezclas para modelados en yeso con proporción yeso/solvente de 1/2 no permiten un fraguado optimo para comparación.
9. Las mezclas para modelados en yeso con proporción yeso/solvente de 1/1 requieren tiempos de fraguado mayor a los 20 minutos.
10. Las mezclas para modelados en yeso con proporción yeso/solvente de 1/1, no desarrollan suficientes morfologías de comparación entre la suela y el molde.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Continuar con el lineamiento de la investigación ampliando el número ensayos, para obtener un menor error muestral y una mayor confiabilidad de la metodología.
2. Incluir en una nueva investigación, la variable: Condiciones Climatológicas, como elemento que influye en la formación de la huella y en el tiempo de fraguado.
3. Definir el tiempo exacto de fraguado, para cada condición climática y con la proporción de mezcla óptima, incluyendo las cantidades yeso/solvente requeridas.
4. Especificar el peso de la persona que genera la huella, debido a que según esta magnitud, se genera una mayor profundidad y cantidad de detalles de la suela sobre la superficie.
5. Experimentar con otros tipos de yeso comerciales a fin de establecer su beneficio en relación al yeso cerámico, en lo referente a tiempos de fraguado, costos, posibilidad de obtención y factibilidad de preparación en campo.
6. Socializar la utilidad del yeso cerámico, en investigaciones delictivas y criminales en las que se observe presencia de huellas de calzado en suelos húmidos con fines identificadores y reestructuradores.
7. Generar una base de datos con modelos de suelas de calzado, asociados a marcas de zapatos y zapatillas, que permitan correlacionar una huella a una determinada característica de calzado.

8. Consultar sobre software que permitan la comparación automatizada de fotografías de huellas, moldes y suelas, con el propósito de determinar correlaciones rápidas y eficaces.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Bodziak, W. Footwear Impression Evidence Detection, Recovery and Examination: second ed. Ohio: CRC Press; 2000.
2. Geradts, Z., Keijzer, J. The image-database REBEZO for shoeprints with developments on automatic classification of shoe outsole designs. Amsterdam: Forensic Science International; 1996. p 21–31.
3. Mikkonen, S., Suominen, V., Heinonen, P.: Use of footwear impressions in crime scene investigations assisted by computerised footwear collection system. Amsterdam: Forensic Science International; 1996. p 67–79.
4. Stone, R.S. Footwear examinations: Mathematical probabilities of theoretical individual characteristics. Hollywood: Journal of Forensic Identification; 2006. p 577–599.
5. Chazal, P., Flynn, J., Reilly, R.B. Automated processing of shoeprint images based on the Fourier transform for use in forensic science. Kansas: IEEE; 2005. p 341–350.
6. Zhang, L., Allinson, N. Automatic shoeprint retrieval system for use in forensic investigations. London: Workshop On Computational Intelligence; 2005.
7. AlGarni, G., Hamiane, M.: A novel technique for automatic shoeprint image retrieval. Amsterdam: Elsevier; 2008. p 10–14.

8. Xiao, R., Shi, P. Computerized matching of shoeprints based on sole pattern. Lecture Notes In Computer Science; Estocolomo: Proceedings of the 2nd international workshop on Computational Forensics; 2008. p 96–104.
9. Nibouche, O., Bouridane, A., Gueham, M., Laadjel, M. Rotation invariant matching of partial shoeprints. Dublin: Machine Vision and Image Processing Conference; 2009. p 94–98.
10. Dardi, F., Cervelli, F., Carrato, S. A texture based shoe retrieval system for shoe marks of real crime scenes. Salzburg: Image and Signal Processing and Analysis; 2009. p 384–393.
11. Cervelli, F., Dardi, F., Carrato, S. Comparison of footwear retrieval systems for synthetic and real shoe marks. Salzburg: Image and Signal Processing and Analysis; 2009. p 684–689.
12. Dardi, F., Cervelli, F., Carrato, S.: A combined approach for footwear retrieval of crime scene shoe marks. London: Third International Conference on Imaging for Crime Detection and Prevention; 2009.
13. Gueham, M., Bouridane, A., Crookes, D. Automatic classification of partial shoeprints using advanced correlation filters for use in forensic science. Iowa: Pattern Recognition; 2008. p 1–4.
14. Patil, P.M., Kulkarni, J.V. Rotation and intensity invariant shoeprint matching using gabor transform with application to forensic science. Iowa: Pattern Recognition; 2009. p 1308–1317.

15. Mikkonen, S., Astikainen, T.: Database classification system for shoe sole patterns - identification of partial footwear impression found at a scene of crime. *Colorado: Journal of Forensic Science*; 1994. p 1227–1236.
16. Huynh, C., de Chazal, P., McErlean, D., Reilly, R., Hannigan, T., Fleud, L. Automatic classification of shoeprints for use in forensic science based on the Fourier transform. In: *Proc. 2003 International Conference Image Processing*; 2003. p 569–572.
17. Su, H., Crookes, D., Bouridane, A.: Thresholding of noisy shoeprint images based on pixel context. *Iowa: Pattern Recognition Letters*; 2007. p 301–307
18. Crookes, D., Bouridane, A., Su, H., Gueham, M.: Following the footsteps of others: Techniques for automatic shoeprint classification. *Cabo Cañaveral: NASA/ES*; 2007.
19. Aitken, C., Taroni, F. *Statistics and the Evaluation of Evidence for Forensic Scientists*. River Street: Wiley; 2004.
20. Evett, J., Lambert, Buckleton, J. A Bayesian approach to interpreting footwear marks in forensic casework. *North Yorkshire: Science and Justice*; 1998. p 241–247.
21. Biedermann, A., Taroni, F. Inadequacies of posterior probabilities for the assessment of scientific evidence. *Oxford: Law, Probability and Risk*; 2005. p 89–114.
22. Evett, I. Towards a uniform framework for reporting opinions in forensic science casework. *North Yorkshire: Science and Justice*; 1998. p 198–202.

23. Otsu, N. A threshold selection method from gray level histogram. Kansas: IEEE Transaction on Systems; 1979. p 62–66.
24. Ramakrishnan, V., Srihari, S.N.: Extraction of shoeprint patterns from impression evidence using conditional random fields. Kansas: IEEE Computer Society Press; 2008.
25. Rui, Y., Huang, S., Chang, S.: Image retrieval: Current techniques, promising directions, and open issues. San Diego: Journal of Visual Communication and Image Representation; 1999. p 39–62.
26. Lowe, D.: Distinctive image features from scale-invariant keypoints. Pennsylvania: International Journal of Computer Vision; 2004. p 91–110.
27. Sanfeliu, A., Fu, K.S. A distance measure between attributed relational graphs for pattern recognition. Kansas: IEEE; 1983. p. 353–362.