

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2025,
Volumen 9, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL YESO DENTAL TIPO IV TRADICIONAL FRENTE A MEZCLAS CON POLÍMEROS ESTIRENO-ACRÍLICOS EN BASE ACUOSA

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PROPERTIES OF
TRADITIONAL TYPE IV DENTAL GYPSUM VERSUS
MIXTURES WITH WATER-BASED STYRENE-ACRYLIC
POLYMERS

Verónica Villegas Crespo

Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Odontología. Carrera de Especialización en
Prostodoncia.

Juan Carlos Albera

Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Odontología. Carrera de Especialización en
Prostodoncia.

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5.20084

Análisis comparativo de las propiedades del yeso dental tipo IV tradicional frente a mezclas con polímeros estireno-acrílicos en base acuosa

Verónica Villegas Crespo¹vvillegas@fodonto.uncu.edu.ar<https://orcid.org/0009-0004-8565-6945>

Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Odontología. Carrera de Especialización en Prostodoncia.
Argentina

Juan Carlos Alberajcalbera79@gmail.com<https://orcid.org/0009-0003-9598-9914>

Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Odontología. Carrera de Especialización en Prostodoncia.
Argentina

RESUMEN

En este estudio se evaluó el impacto de la incorporación de polímeros estireno-acrílicos en proporciones variables (12.5% y 25%) sobre propiedades de yesos dentales tipo IV, incluyendo expansión lineal de fraguado, dureza, resistencia flexural, y reproducción de detalles. Se siguió la normativa ISO 6873:2013, que dicta la forma de medir las propiedades de los yesos dentales. Resultados obtenidos: en cuanto a la Dureza si bien se observó un incremento numérico, no hubo diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$); respecto a la Expansión lineal de fraguado, la adición de polímero redujo significativamente la expansión ($P < 0.05$), mejorando la estabilidad dimensional. Contrario a lo esperado, la Resistencia flexural en los grupos adicionados con el polímero, mostró una disminución significativa en comparación con el yeso tradicional (sin diferencias entre 12.5% y 25%). Finalmente, la Reproducción de detalles cumplió con estándares aceptables, sin cambios notables por el polímero. La adición de polímeros estireno-acrílicos mejora la estabilidad dimensional y muestra tendencias positivas en dureza y copia de detalles. Estos hallazgos sugieren un balance complejo entre beneficios y limitaciones, resaltando la necesidad de optimizar la formulación para lograr un equilibrio óptimo en las propiedades mecánicas y dimensionales del yeso dental tipo IV.

Palabras clave: Yeso dental tipo IV; polímeros estireno-acrílicos; propiedades mecánicas

¹ Autor principal

Correspondencia: vvillegas@fodonto.uncu.edu.ar

Comparative analysis of the properties of traditional type IV dental gypsum versus mixtures with water-based styrene-acrylic polymers

ABSTRACT

In this study, the impact of incorporating styrene–acrylic polymers in varying proportions (12.5% and 25%) on key properties of type IV dental gypsum was evaluated, including linear setting expansion, hardness, flexural strength, and detail reproduction. The methodology followed ISO 6873:2013, which establishes the procedures for measuring dental gypsum properties and the compliance standards. Results obtained: Regarding *hardness*, although a numerical increase was observed, no statistically significant differences were found ($P > 0.05$). For *linear setting expansion*, polymer addition significantly reduced expansion ($P < 0.05$), improving dimensional stability. Contrary to expectations, *flexural strength* in the polymer-modified groups showed a significant decrease compared with traditional gypsum (no differences between 12.5% and 25%). Finally, *detail reproduction* met acceptable standards, with no remarkable changes attributable to polymer addition. The incorporation of styrene–acrylic polymers enhances dimensional stability and shows positive tendencies in hardness, but decreases flexural strength. These findings suggest a complex balance between benefits and limitations, highlighting the need to optimize the formulation to achieve an optimal equilibrium of mechanical and dimensional properties in type IV dental gypsum.

Keywords: Type IV dental gypsum; Styrene–acrylic polymers; Mechanical properties.



INTRODUCCIÓN

El yeso es un material cerámico ampliamente utilizado desde la antigüedad. Se encuentra en la superficie terrestre como una piedra natural denominada aljez. Químicamente, en su estado natural, es sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). La transformación del yeso natural en un material aglomerante se logra mediante la calcinación, un proceso en el que pierde parte de su agua de hidratación, convirtiéndose en hemihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$), al perder una molécula y media de agua. (Anusavice, 2004) (Craig R. , 1996)

El proceso de fabricación de yeso dental depende del calentamiento rápido y directo del sulfato de calcio dihidratado al aire libre; por lo tanto, el polvo resultante son partículas porosas irregulares y débiles. El yeso mejorado se calcina en una solución de cloruro de calcio para obtener partículas más regulares, densas, pequeñas y resistentes. (Razak WA, 2017)

La calidad y las propiedades de los yesos dependen de factores como la pureza de la materia prima, el método y tiempo de cocción, el grado de molienda, la clasificación y mezcla de tipos de yeso, así como los aditivos utilizados. (Macchi, 2007) (Hersek N, 2002)

Este material es utilizado en múltiples procedimientos odontológicos, especialmente en prostodoncia (Alvarez Cantoni H, 2002). La industria dental, lo ofrece con distintas formulaciones cuyas propiedades difieren según el uso al que se lo destine por lo que se los clasifica tomando distintos aspectos que definen sus cualidades. (Saja K Othman, 2023)

La clasificación más utilizada está determinada por las Normas ISO 6873:2013, ANSI-ADA N° 25. (ISO, 2013) Dichas Normativas son formuladas por organismos internacionales que regulan los requisitos que deben cumplir los diferentes materiales y las técnicas a emplear para estudiar determinadas propiedades. (Macchi, 2007)

La Asociación Dental Americana (ADA) y las Normas ISO establecen los límites de las propiedades del yeso. Los valores pueden variar entre fabricantes debido al tamaño de partícula que resulta de la pulverización, su relación agua-polvo y sus manipulaciones. También se mencionan instrucciones que deben acompañar al paquete, como las condiciones de almacenaje, la relación agua/polvo, la técnica de mezclado y el tiempo de fraguado, todo ello conforme a la especificación. (Ukhanov M, 2010).

La Norma Internacional ISO 6873:2013 clasifica y especifica los requisitos de los productos de yeso



utilizados con fines odontológicos como modelos, vaciados, matrices o bases para modelos, y el montaje de modelos. Especifica los métodos de ensayo que deben emplearse para determinar el cumplimiento de estos requisitos, incluyendo indicaciones para el etiquetado de los envases y las instrucciones adecuadas que deben acompañar a cada uno. En la última revisión del 2013 se agregó la medida de la expansión de fraguado a las 24 horas para ser utilizada para modelos CAD/CAM. (ISO, 2013).

Se distinguen cinco tipos de yesos principalmente basados en su proceso de elaboración, propiedades y uso: para impresiones (Tipo I), para montaje de modelos y enmuflados (Tipo II), para modelos de trabajo (Tipo III), Yeso piedra dental de alta resistencia o densita para la preparación de troqueles para prótesis parcial fija, bases de modelos y matrices CAD/CAM (Tipo IV) y yeso piedra dental de alta resistencia y expansión de fraguado para modelos y troqueles (Tipo V). El yeso dental se utiliza para fabricar modelos dentales de estudio, con fines diagnósticos y para diseñar planes de tratamiento (Kenyon BJ, 2005). Los modelos de uso dental son intensamente manipulados durante las fases de laboratorio. Por esta razón, deben confeccionarse con materiales resistentes, que posean suficiente dureza para evitar su fractura, en los que el rozamiento durante su uso no genere desgastes y cuyos cambios dimensionales sean mínimos y controlables. (ADA, 1975) (ISO, 2013)

El yeso tipo IV juega un rol importante durante la fabricación de restauraciones indirectas y prótesis. Debe ser preciso, presentar una estabilidad dimensional duradera, una expansión lineal de fraguado mínima, una fácil y eficaz manipulación. A su vez, debe ser compatible con los materiales de impresión, lo suficientemente duro para soportar los procesos de fabricación, resistente a abrasiones, con buena microdureza superficial, tener suficiente reproducción de detalles y ser estable en el tiempo. (ISO, 2013) (Queiroz M, 2021) (Kumararama SS, 2016)

Las propiedades físicas y mecánicas pueden modificarse durante su manipulación ya que dependen de distintos factores como la relación agua/polvo o la adición de productos ajenos a la formulación de los fabricantes. Los cuidados durante su manipulación son determinantes para la conservación de sus propiedades y la precisión en la confección de los modelos (Hamdy T. , 2020). La correcta proporción de agua/ polvo, la velocidad y el tiempo de espatulado son importantes para conseguir resultados esperables. (Azer SS, 2008) Propiedades como la resistencia compresiva y la dureza son inversamente proporcionales a la cantidad de agua, en contrapartida, el tiempo de fraguado es directamente



proporcional a la cantidad de agua. (Aljafery, 2022) (Khaza'l AS, 2019).

El yeso mejorado tipo IV se utiliza habitualmente para fabricar los modelos dentales finales, debido a sus excelentes propiedades mecánicas, como su gran resistencia a la abrasión y alta resistencia a la compresión, además de su alta precisión gracias a su baja expansión de fraguado en comparación con otros tipos de yeso. (Rodriguez JM, 2009) (Akkus B, 2018) (Heshmati RH, 2002).

A pesar de las innumerables ventajas, la adición de rellenos a los productos de yeso podría modificar considerablemente sus propiedades y usos. (De Cesero L, 2017)

En la literatura se encuentran numerosas investigaciones sobre modificaciones (Sannigrahi R, 2023) que se pueden realizar en el yeso para mejorar sus propiedades como, por ejemplo, la incorporación de nanopartículas tipo sílice, resinas epóxicas, poliuretano, plata, óxido de aluminio y óxido de zinc entre otras que modifican varias de las propiedades del yeso dental, pero hasta el momento no se ha establecido una fórmula determinante. (Hamdy T. , 2019) (Ghadeer, 2024) (Amer, 2018).

La implicación de la nanotecnología en materiales compuestos podría mejorar en gran medida sus propiedades (AlKahtani, 2018) (Radesh P, 2024) (Akkus B, 2018) (Ali A, 2023). Se estima que los rellenos de nanopartículas se incorporan de manera más homogénea que los rellenos de partículas microscópicas grandes dentro del huésped. (Aghbolaghi N, 2022) (Jabeen B, 2025)

Por otro lado, “la estructura de los materiales condiciona sus características. Estas propiedades representan el análisis de cómo se comporta un material antes diversos agentes” (Macchi, 2007). Por lo tanto, conocer dichas propiedades es indispensable para obtener los mejores resultados.

Los copolímeros estireno-acrílicos son materiales versátiles que pertenecen al grupo de los acrílicos, los cuales, a su vez, forman parte de la familia de los plásticos que han sido obtenidos artificialmente, a partir de productos del petróleo, carbón, gas natural, materias vegetales (celulosa) o proteínas (caseína de la leche). Se obtienen por polimerización en emulsión y son ampliamente utilizados en aplicaciones industriales y biomédicas. Su estructura química permite combinar la rigidez del estireno con la flexibilidad de los acrilatos, generando un material con propiedades modificables como la resistencia mecánica, estabilidad térmica y resistencia a la humedad. Estas emulsiones poliméricas se comportan como modificadores mecánicos cuando se incorporan a materiales inorgánicos como yesos, cementos o compuestos dentales. Al mezclarse con yeso dental, pueden aumentar la resistencia a compresión,



disminuir la porosidad, mejorar la cohesión y controlar el tiempo de fraguado, lo que representa una alternativa prometedora para mejorar las propiedades de los yesos tipo IV. (Fried, 2014) (Sharma, 2015). Debido a la rigidez del estireno y la versatilidad de los acrilatos, estos polímeros exhiben una alta resistencia mecánica a la tracción y a la compresión, dependiendo del tipo y proporción de monómeros usados. El estireno contribuye con la rigidez y dureza, mientras que los acrilatos modifican la flexibilidad o elasticidad siendo muy conveniente su uso en materiales frágiles como el yeso. Tienen buena adhesión a sustratos minerales (yesos, cementos, vidrios, etc.), especialmente si contienen grupos funcionales ácidos (como ácido acrílico), lo que mejora la interacción con cargas inorgánicas (Rodríguez, 2010). Como están en emulsión, son altamente dispersables en medios acuosos, lo que permite mezclarlas fácilmente con otros materiales, como yesos dentales, cementos o pastas. No interfieren con el fraguado si se usan en concentraciones moderadas. El estireno aporta cierta hidrofobicidad, lo que mejora la resistencia al agua del material combinado. Esto es útil, por ejemplo, para reducir la absorción de agua en yesos haciéndolos impermeables. A su vez, reducen la porosidad interna al actuar como aglutinantes o plastificantes, incrementan la resistencia al desgaste y a la abrasión superficial. (García, 2012) (Charfeddine, 2020)

La manipulación del yeso tipo IV requiere una proporción y técnica meticulosas para obtener modelos o troqueles de alta calidad. La relación agua/polvo y la manipulación son aspectos importantes considerar al preparar un modelo con este tipo de yeso ya que, incluso mínimas variaciones pueden causar cambios dimensionales significativos (mayor expansión) y reducir la resistencia mecánica. Seguir cuidadosamente las instrucciones del fabricante incluye la proporción de polvo y agua, el tiempo y la técnica de mezcla correcta para evitar la inclusión de aire. (Craig R. , 1996)

El mezclado debe obtener una masa plástica, densa (libre de poros o aire) y con la consistencia apropiada para el llenado de la impresión. El tiempo de mezcla es determinante para las propiedades finales. Se recomienda agitar vigorosamente hasta conseguir una mezcla homogénea libre de grumos. (Vega del Barrio, 1996) (Craig O. P., 1996)

Hipótesis: El trabajo parte de la hipótesis de que las propiedades del yeso tipo IV mejorarían si se le adiciona un polímero acrílico de base acuosa facilitando su uso y mejorando la confiabilidad del



producto.

El objetivo de este estudio es evaluar el efecto de la incorporación de un polímero estireno-acrílico en el yeso Tipo IV, considerando tanto la mejora de sus propiedades como la influencia de diferentes proporciones de resina sobre sus características iniciales.

Materiales y métodos

Siguiendo las normas *ISO 6873/2013*, en este estudio se evaluaron los cambios que la adición de un Polímero Estireno Acrílico podía generar en algunas propiedades de un yeso tipo IV. Entre las que se analizaron se enumeran: 1. Dureza superficial; 2. Expansión de fraguado; 3. Resistencia Flexural y 4. Reproducción de detalles.

El yeso, utilizado para la realización de este estudio comercialmente denominado Silky rock (Whip Mix Co. Illinois) es clasificado como yeso piedra mejorado de baja expansión tipo IV según normativas *ISO 6873:2013* y *ANSI/ADA N°25*.

Sus condiciones de uso y algunas de sus propiedades, según lo especificado por su fabricante en el etiquetado del envase de venta son:

Relación Agua/Polvo 23 ml/100 g.

Tiempo de espátulado mecánico 20-30 segundos/450RPM

Tiempo de trabajo: 3-6 minutos.

Tiempo de fraguado: 10 minutos.

Expansión de fraguado: 0.09%.

Resistencia a la compresión, húmedo (1 hora) 6000 psi (41 MPa).

Resistencia a la compresión, seco (48 horas) 13 000 psi (90 MPa).

Como materiales de mezcla, se utilizó agua bidestilada o un Polímero Estireno Acrílico formulado en proporciones al 12.5 y al 25%. La marca comercial es Durflex y se lo considera un promotor progresivo de adherencia. Las instrucciones del fabricante sugieren dosis recomendadas según el uso que se le dé al producto.

La elaboración de las muestras y su posterior procesamiento se efectuó a una temperatura controlada de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ y $50 (\pm 10) \%$ de humedad relativa.

La fecha de caducidad del yeso utilizado debía ser datada 180 días posteriores al momento de uso. Para



su almacenamiento, se siguieron las directivas del fabricante.

El instrumental y equipamiento al momento de uso debían estar limpios, secos y libres de partículas de yeso u otro material.

Antes de los ensayos, el material y el o los aparatos utilizados en el proceso se mantuvieron durante al menos 15 horas, a la temperatura mencionada, tal como indica la Norma *ISO 6873:2013*.

Para el análisis de cada una de las propiedades evaluadas, se confeccionaron 30 probetas conformadas con características específicas para realizar los ensayos de cada una de las propiedades a estudiar, según lo establecido en las normas *ISO (ISO 6873:2013)*.

Las muestras, se ordenaron conformando tres (3) grupos diferenciados; en el primero (Grupo I) el yeso densita tipo IV utilizado, se mezcló con agua destilada.

Para constituir el Grupo II, con igual número de probetas, se utilizó el mismo yeso mezclado con Polímero Estireno Acrílico al 12,5% en reemplazo del agua destilada.

El Grupo III, con el mismo número de muestras, se obtuvo mezclando el yeso con el Polímero al 25%. En todos los casos, el material, según la cantidad necesaria para confeccionar cada tipo de probeta, se pesó utilizando una balanza de precisión marca Denver con capacidad para pesar desde 0.1g hasta 200 g.

El líquido para cada preparación fue medido utilizando una probeta de vidrio calibrada fabricada bajo Norma *ISO 4788* de 50 ml de capacidad.

Para la preparación de la mezcla y obtener las probetas, se usó una espátula de uso manual para yesos, un aparato mezclador por espatulado al vacío (Tecnodent Mixer 804- Argentina) dotado de un sistema de acople de rotación a 425 rpm. y generador de vacío por depresión neumática y una vibradora automática de alta frecuencia y baja amplitud (Tecnodent, Argentina)

1. Microdureza o dureza superficial

Esta prueba está directamente relacionada a la resistencia compresiva; afecta solo a la superficie de la muestra o modelo y su valor, se expresa como Dureza Vickers (*HV*). La *ADA* e *ISO*, no fijan un valor determinado.

Para vaciar las muestras, se confeccionó un molde de acrílico, con 10 oquedades de dimensiones y formas estandarizadas siguiendo las normativas que rigen esta prueba, para lograr probetas de



25x12x3mm.

El llenado de los moldes se hizo, utilizando 100 gr. de yeso Silky Rock (Whip Mix Co. Illinois) y 23 ml de agua o polímero al 12,5% o al 25% para la obtención de cada grupo de probetas, las que se vaciaron en forma simultánea, siguiendo las instrucciones del fabricante.

Para la preparación del material, se colocaron 23ml. de agua o polímero líquido en la taza de mezclado, a los que se incorporó el polvo de yeso por espolvoreo, en forma gradual y se dejó embeber por unos 15 segundos.

La mezcla se inició en forma manual con una espátula para mezclar yesos hasta incorporar totalmente este polvo al líquido y se continuó mediante espatulado mecánico bajo vacío por 30 segundos a 425 rpm.

El molde se ubicó sobre una superficie plana, previa colocación de una fina película de vaselina en sus paredes y piso para facilitar el retiro posterior al fraguado del yeso.

La preparación se vertió en cada oquedad del molde llenando correctamente el espacio realizando vibrado por 10 segundos mediante vibradora mecánica para que fluya, llene completamente y facilite la salida del aire ocluido.

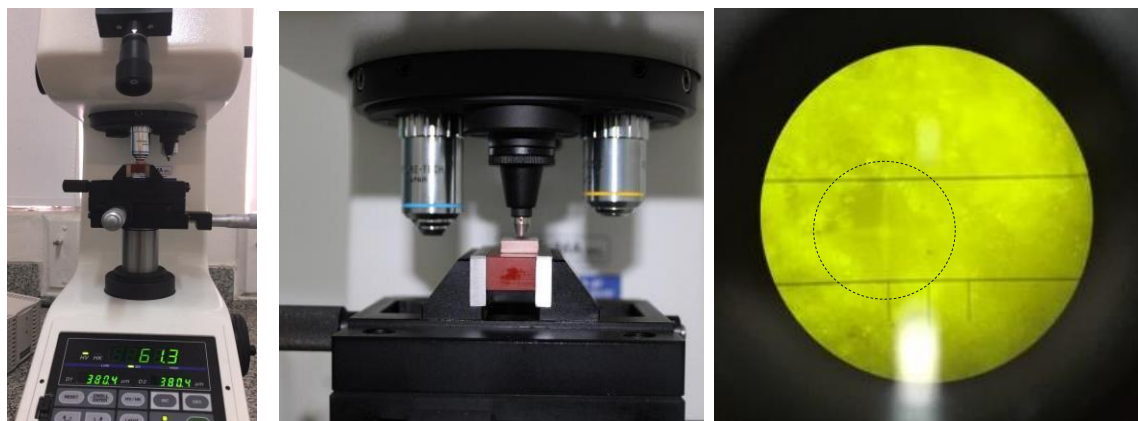
Sobre la masa de yeso se deslizó y presionó ligeramente una placa plana, (loseta de vidrio) para nivelar la superficie y asegurar uniformidad de espesor de las muestras.

Retiro de las probetas: 60 minutos después del fraguado. Las probetas fueron cuidadosamente desmoldadas y colocadas en forma ordenada sobre una superficie plana por 2 horas. Se las identificó por grupos, numeró y almacenó separadamente, en recipientes herméticos, siendo conservadas a temperatura y humedad controlada por 72 horas tras lo cual fueron pulidas hasta obtener una superficie uniforme, plana, lisa y libre de marcas o imperfecciones.



Figura 1

Probetas para ensayos: Grupo I: probetas preparadas con agua bidestilada, Grupo II probetas con polímero al 12,5% y Grupo III probetas con polímero al 25%.



Nota: probetas realizadas según normativas ISO.

Para su análisis, se utilizó un Microdurómetro *Vickers Future Tech FM300*. Las muestras se colocaron en su plataforma y, mediante una punta penetradora de diamante en forma de pirámide de base cuadrada, aplicada con una carga de 200 gramos durante 15 segundos en 3 puntos distintos de la probeta, se determinó la resistencia a la penetración en seco. El resultado de este ensayo se evalúa midiendo las diagonales que impronta la punta diamantada.

Figura 2

Microdurómetro de Vickers, indentación de la pirámide, y posterior visión con microscopio integrado al microdurómetro. Momento en el que se miden las diagonales.



2-Expansión lineal de fraguado

La American Dental Association (ADA) establece una expansión de fraguado, para los yesos piedra de alta resistencia, de 0.00% a 0.10%, las Normas ISO dicen que no deben superar 0,15%.

Preparación del yeso: Se siguieron las mismas pautas que para el análisis anterior.

Aparatología: para este ensayo se confeccionó un extensómetro de acrílico de 4 mm de espesor, de corte

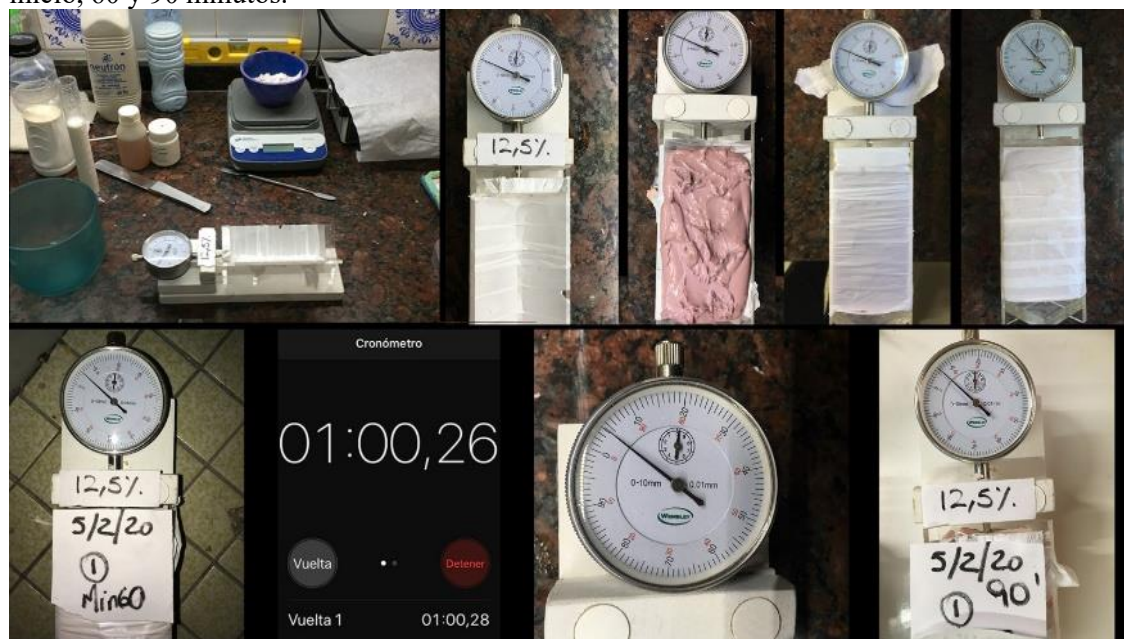
triangular según lo estipulado en las normativas *ISO*, y dentro de las limitaciones del medio, con un extremo fijo y uno móvil que apoyan sobre una base triangular. La parte móvil está en contacto con la punta de un micrómetro comparador centesimal marca *Wembley* (0-10 mm a 0.01 mm), modelo 6407 Prof., incorporado al instrumento.

Ensayo: Se prepararon 10 probetas con agua bidestilada y 20 probetas con las dos diferentes concentraciones del polímero (10 de cada una). Las muestras se confeccionaron en forma individual. Dentro de los 60 segundos posteriores al mezclado, el material, se vació en el alojamiento del extensómetro previamente cubierto con una película de teflón y a continuación se cubrió en su superficie, con otra lámina del mismo material.

Medición: La expansión lineal se leyó a las 24 horas de vaciada la muestra. Los valores fueron registrados para su posterior análisis.

Figura 3

Mesa operatoria, con materiales y extensómetro cubierto con teflón, llenado con yeso preparado en sus diferentes formas, cobertura superficial de teflón y evaluación en el paso del tiempo de la expansión: al inicio, 60 y 90 minutos.



Nota: extensómetro realizado según Normas ISO 6873- 2023

3- Fractura del material o Resistencia Flexural

Un yeso tipo IV debe tener una resistencia a la flexotracción superior a 35 kg/cm².

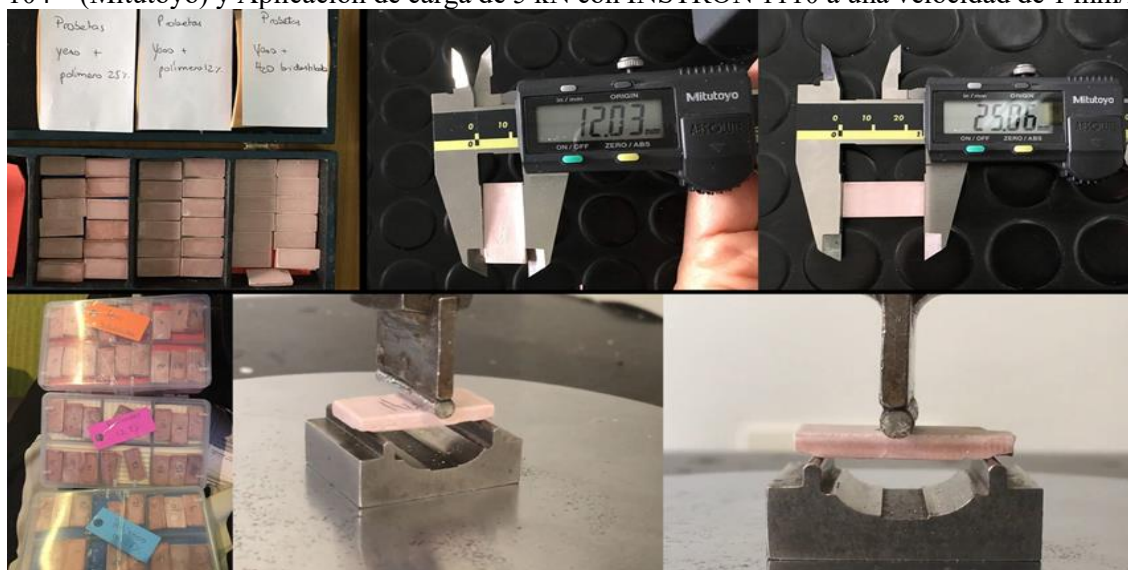
El número de muestras y el procedimiento de preparación fue el mismo que para las experiencias anteriores. El formato y tamaño de las probetas reprodujo el de análisis de dureza, 25x 12x 3mm. El

almacenamiento se realizó por siete días a partir de la obtención de las muestras bajo condiciones de temperatura y humedad controladas.

Medición: El ensayo de fractura del material se realizó a los 7 días de su fraguado colocando cada probeta sobre una base con dos apoyos a 20 mm de distancia entre ellos y aplicando una carga de 5 kN con la máquina de ensayos de materiales INSTRON 1110 a una velocidad de 1 mm/minuto. Los valores generados fueron registrados, expresados en N/min y convertidos a Mpa.

Figura 4

Control de medidas de las probetas mediante calibre analógico 150 mm / 6" - 0.05 mm / 1/128" - 530-104 – (Mitutoyo) y Aplicación de carga de 5 kN con INSTRON 1110 a una velocidad de 1 mm/minuto.



4- Reproducción de detalle

La reproducción de detalles es satisfactoria si se reproduce un surco de 0.05 mm (50 μ m) de ancho de forma clara y continua.

El procedimiento de preparación del material fue el mismo que para las experiencias anteriores.

Muestras: Para la obtención de las muestras, se utilizó una loseta confeccionada en acero inoxidable altamente pulido que presenta grabadas una serie de líneas paralelas de tamaños específicos: el ancho de la línea más fina es de 0,025 mm (25 μ m), mientras que las otras son de 50 μ m y 75 μ m, y se entrecruzan con dos líneas verticales.

Con silicona por adición, contenida en una cubeta realizada con una placa de acrílico fotocurable, bajo una carga de 1,5 kg aplicada sobre toda su extensión y mantenida durante 5 segundos, se tomó una impresión de la loseta de acero inoxidable y se procedió a la confección de las muestras siguiendo el

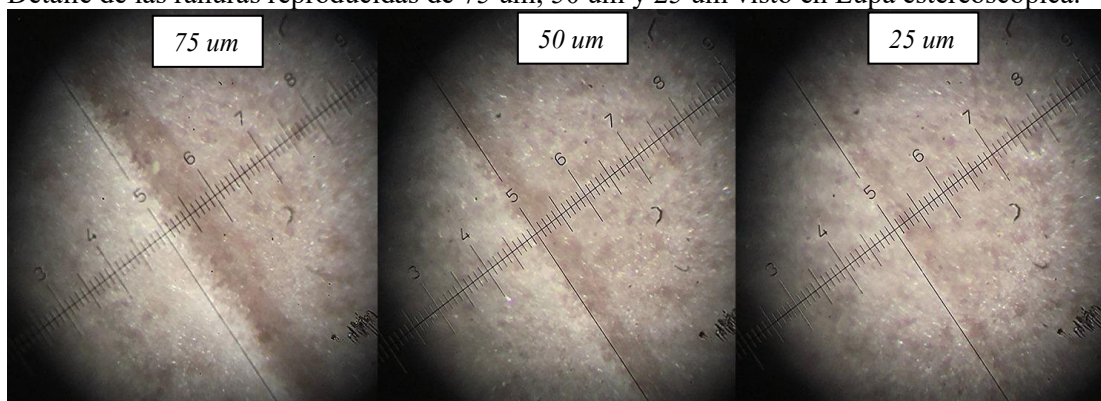
procedimiento descripto.

Almacenamiento: Se las mantuvo sobre una superficie plana por 30 minutos, luego se las clasificó, enumeró y almacenó durante 7 días siguiendo las mismas pautas que en los estudios anteriores. Pasado ese tiempo, se realizó la medición correspondiente.

Medición: Para evaluar la capacidad de reproducción de detalles, se utilizó una lupa estereoscópica marca Lancet de la Facultad de Odontología UNCUIYO, bajo magnificación de 6X para determinar la línea más fina reproducida de manera clara y continua en toda su longitud. Se utilizó un ocular grillado, que incorpora una escala grabada para realizar mediciones directas sobre la imagen. El procedimiento se realizó 3 veces. Se considera satisfactorio cuando dos de las tres líneas horizontales son reproducidas, y se repiten en las tres instancias.

Figura 5

Detalle de las ranuras reproducidas de 75 μ m, 50 μ m y 25 μ m visto en Lupa estereoscópica.



Análisis estadístico

En los grupos en los que se evaluó dureza, expansión de fraguado y resistencia flexural, luego de obtenido el valor de su media aritmética, se descartaron dos muestras, excluyéndose selectivamente aquellas cuyos valores se alejaron en mayor rango de la media de cada grupo, una hacia arriba y la otra, por debajo. En consecuencia, el análisis de varianza aplicado en las distintas experiencias se procesó sobre ocho muestras para cada uno de los tres grupos conformados para cada ensayo, estableciéndose un nivel de significación para $p < 0,05$ al evaluar los distintos análisis. Al analizar expansión de fraguado y resistencia flexural el análisis de varianza se corroboró mediante la prueba de comparaciones múltiples

de Tuckey.

RESULTADOS

Dureza: el grupo I, en el que el yeso se mezcló con agua bidestilada dio como resultado una media de 75,51 HV 0.200 kgf. El grupo II donde se utilizó polímero al 12,5%, mostró una dureza de 81,2 HV 0.220 kgf y el grupo III (polímero al 25%) de 93,4 HV 0.200 kgf. La adición de plásticos determinó un incremento de la dureza; no obstante, los valores alcanzados no fueron significativos ($P>0.05$)

Expansión de fraguado: Al mezclarse yeso con agua destilada, la expansión de fraguado promedió 0.06%, en tanto que cuando se usó polímero estireno al 12.5%, se redujo a 0.03% y cuando se utilizó en una concentración al 25%, fue de 0.02%.

El análisis de varianza y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey permitieron establecer diferencias significativas entre los tres grupos analizados ($P<0.05$) por lo que se puede considerar favorable el uso de polímero estireno para reducir la expansión de fraguado de los yesos tipo IV.

Resistencia flexural: Los valores medios de resistencia a la fractura, para las muestras del Grupo I, donde el yeso se mezcló con agua destilada fueron superiores a los de ambos grupos en los que se utilizó polímero.

Al ser procesados mediante un análisis varianza y aplicando una prueba de comparación de Tukey, se obtuvo una significación de $P<0.01$.

Al comparar los grupos para la obtención de las muestras, se utilizó polímero (12,5% y 25%), no hubo



diferencias entre ellos en los que el valor de $P > 0.05$.

Tabla 1

Datos estadísticos descriptivos (dureza, expansión de fraguado y resistencia flexural)

Propiedad	Grupo	Media arit.	Desv.Est.	Mín.	Máx.	CV	P (alfa)
Dureza	Agua	75,51	14,04	62,6	98,13	18,59%	0,11
	Polim 12,5%	81,2	16,84	66,1	111,9	20,74%	
	Polim 25 %	93,4	18,93	66,3	123,3	20,27%	
Exp_frag	Agua	0,06	0,01	0,05	0,08	18,63%	<0,01
	Polim 12,5%	0,03	0,01	0,02	0,05	31,30%	
	Polim 25 %	0,02	0,01	0,01	0,02	33,88%	
Res_flex	Agua	19.84	8,9	17,12	23,93	1,00%	<0,01
	Polim 12,5%	12.88	11,69	9.20	18,86	25,21%	
	Polim 25 %	14.46	9,01	9.43	19.94	16,93%	

Nota: Media arit: media aritmética; Desv.Est.: desviación estándar; Mín., valor mínimo; Máx., valor máximo; CV: coeficiente de variabilidad (relación entre desviación estándar y media aritmética en por ciento).

Reproducción de detalles: la capacidad de reproducción de detalles se considera satisfactoria cuando al menos dos de las tres líneas horizontales evaluadas son reproducidas de manera clara y continua en las tres repeticiones realizadas (66,7 %). En este caso, se observó la copia en el 100% de las probetas de las distintas muestras.

DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación demuestran que la incorporación de polímeros estireno-acrílicos en el yeso dental tipo IV puede modificar significativamente sus propiedades físicas y mecánicas. Estos hallazgos coinciden con lo reportado en la literatura sobre el efecto de aditivos poliméricos y nanopartículas a yesos dentales, en los que se observa una tendencia a mejorar la resistencia y la estabilidad dimensional (Sannigrahi, 2023; AlKahtani, 2018; Amer, 2018).

Los resultados obtenidos al evaluar la **dureza superficial** mostraron una correlación positiva con la incorporación del polímero. Este comportamiento puede atribuirse a su acción aglutinante que reduce la

porosidad interna del yeso y genera una estructura más compacta, tal como lo han señalado García (2012) y Charfeddine (2020).

Dado que la dureza superficial es determinante para la resistencia a la abrasión por la manipulación de los modelos en el laboratorio, una mejora resulta relevante para prolongar la durabilidad de los troqueles. En las proporciones en que se utilizaron los polímeros, en este estudio, mostraron una tendencia favorable por lo que debería considerarse como un factor de análisis en futuras investigaciones. Otros autores, como consiguieron mejoras en la dureza al adicionar nanopartículas de sílice y al usar vibración ultrasónica durante la fabricación de modelos. (Aghbolaghi N, 2022) (Aljafery, 2022) (Zelezinska K, 2018)

En cuanto a la **expansión lineal de fraguado**, se observó que la adición de polímeros permitió mantener los valores dentro de los límites establecidos por la ADA y la ISO ($\leq 0,15\%$), reduciendo el valor de la expansión en la medida que aumentó su concentración en la mezcla, estableciendo una diferencia significativa respecto a la preparación convencional del yeso tipo IV, con agua.

La precisión dimensional de los modelos de trabajo condiciona el ajuste de las restauraciones indirectas confeccionadas sobre los mismos, lo que resulta fundamental para asegurar su ajuste pasivo y exactitud. (Aljafery, 2022) (Akkus B, 2018)

El comportamiento del yeso mostró ser positivo al adicionarse este tipo de polímero. (Aljubori OM, 2020)

A diferencia de otros aditivos inorgánicos, que en ocasiones incrementan la expansión (Rodríguez, 2009; Akkus, 2018), los polímeros estireno-acrílicos parecen actuar como moderadores del fraguado, probablemente debido a su interacción con el agua libre en la mezcla, lo que atenúa la cristalización descontrolada del hemihidrato controlando la expansión del fraguado.

Respecto a la **resistencia flexural**, los ensayos realizados mostraron una disminución en comparación con el yeso tipo IV convencional.

Según comentan Sharma (2015) y Rodríguez (2010), la combinación de la rigidez del estireno y la flexibilidad de los acrilatos otorgaría una resistencia superior a materiales frágiles. Sin embargo, lo obtenido en este ensayo demuestra lo contrario siendo mayor el riesgo de fractura ante fuerzas de flexión



al adicionar el polímero, lo que podría explicarse como una consecuencia de una mayor rigidez relacionada a un incremento en la dureza y reducción en su flexibilidad.

En términos de **reproducción de detalle**, los resultados confirman que el yeso modificado mantiene la capacidad de copiar con fidelidad surcos de 0,05 mm, en concordancia con los estándares de la ADA (1976) e ISO 6873 (2013). Este hallazgo indica que la incorporación de polímeros no interfiere en la capacidad de copia lo que resulta fundamental para asegurar el ajuste y precisión de las piezas que se forjan sobre el modelo. La disminución de la porosidad interna podría incluso favorecer la nitidez de estructuras anatómicas delicadas, aspecto que merece una evaluación más detallada en futuros estudios. (Aljafery, 2022) (Queiroz M, 2021) (Cruzado-Oliva & al., 2023)

Desde el punto de vista clínico, la combinación de una adecuada dureza superficial, menor expansión de fraguado y adecuada reproducción de detalles posiciona al yeso tipo IV modificado como una alternativa prometedora para aplicaciones de alta exigencia, tales como modelos maestros, troqueles de prótesis fija y matrices CAD/CAM. No obstante, es importante destacar que los beneficios observados pueden depender de la concentración del polímero utilizado, la técnica de mezcla y la relación agua/polvo, lo cual requiere estandarización para garantizar reproducibilidad.

CONCLUSIONES

Con las limitaciones propias y bajo las condiciones en que se realizó este estudio, se puede concluir que: La incorporación de polímeros estireno-acrílicos al yeso dental tipo IV aporta mejoras en propiedades críticas como la dureza superficial y la exactitud dimensional y no afectan la capacidad de producir una adecuada reproducción de detalles.

El incremento en la concentración del producto utilizado mostró ser positivo, aunque no es una observación concluyente.

Estas características convierten al material modificado en una alternativa viable para aplicaciones donde se requiere alta precisión en odontología, especialmente en la confección de modelos maestros para restauraciones indirectas.

Sin embargo, se requieren investigaciones adicionales que evalúen otras concentraciones de polímero, el comportamiento de los modelos a largo plazo, su compatibilidad con otros materiales y la optimización de las propiedades evaluadas y otras que no se contemplan en este trabajo.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADA. (1975). *American dental association specification No.25 (ADA), Guide to dental materials and devices*. (7th edition, 354. ed.). (ADA, Ed.)
- ADA. (1976). *Specification No. 19: American National Standard for Non-Aqueous, Elastomeric Dental Impression Materials*.
- Aghbolaghi N, M. D. (2022). Effect of Adding Silica Nanoparticles on the Physicochemical Properties, Antimicrobial Action, and the Hardness of Dental Stone Type 4. *Int J Dent*.
- Akkus B, D. N. (2018). Compressive and diametral tensile strength of dental stones with SiO₂ and Al₂O₃ nanoparticles. *International Journal of Medical Science and Innovative Research*, 3(5), 139-47.
- Ali A, G. A. (2023). Comparative Evaluation of Compressive and Diametral Tensile Strength in Die Stone Reinforced With Different Types of Nanoparticles: An In Vitro Study. *Cureus*. doi:10.7759/cureus.41131
- Aljafery, A. M. (2022). Studying the effect of using ultrasound vibration on the reproduction of detail and surface hardness of dental stone models. *Nano Biomedicine and Engineering*, 263-71. doi:10.5101/nbe.v14i3.
- Aljubori OM, A. A.-M. (2020). Evaluation of the linear dimensional changes and hardness of gypsum product / stone type IV after adding silica nanoparticles. *Nano Biomedicine and Engineering*, 227-31. doi:10.5101/nbe.v12i3.
- AlKahtani, R. (2018). The implications and applications of nanotechnology in dentistry: A review. *Saudi Dental Journal*, 107–116. doi:doi: 10.1016/j.sdentj.2018.01.002
- Alvarez Cantoni H, F. N. (2002). Colección Fundamentos, Técnicas y Clínica en Rehabilitación Bucal. tomo 2: Prótesis Total removable . Buenos Aires : Hacheace.
- Amer, N. T. (2018). The Effect of Adding Some Chemical Materials on The Water Powder Ratio of Dental stone. *International Journal of Academic Health and Medical Research*, 2(7).
- Anusavice, K. P. (2004). In Anusavice, *Ciencia de los materiales dentales* (pp. 255-281). Madrid: Elsevier.



- Azer SS, K. R. (2008). Effect of mixing methods on the physical properties of dental stones. *J Dent*, 9, 736-44. doi: 10.1016/j.jdent.2008.05.010
- Charfeddine, I. J.-C. (2020). A model for the prediction of the morphology of immiscible blends of polymers. doi:10.1016/j.polymer.2020.122334
- Craig, O. P. (1996). *Materiales dentales en odontología restauradora*. Madrid: Mosby.
- Craig, R. (1996). *Materiales dentales. Propiedades y manipulación*. (6a ed.). Harcourt Brace de Espana.
- Cruzado-Oliva, F., & al., F.-V. e. (2023). In vitro analysis of high resistance and low expansion dental plasters available in Peru. *Odontología Sanmarquina*. doi:10.15381/os.v26i3.25460
- De Cesero L, d. O. (2017). The addition of silica nanoparticles on the mechanical properties of dental stone. *J Prosthet Dent.*, 535-39.
- Fried, J. (2014). *Polymer Science and Technology*. Pearson Education.
- García, M. A. (2012). Physical and Mechanical Properties of Polymeric Films Based on Acrylic Emulsions. *Materials Science Forum*, 698.
- Ghadeer, F. (2024). Evaluation Effect of Oyster Shell Powder on The Surface Hardness and Compressive Strength of Dental Stone. *Tikrit Journal for Dental Sciences 2024*, 12(2), 338-344. doi:10.25130
- Hamdy, T. (2019). Effect of aluminum oxide addition on compressive strength, microhardness and setting expansion of dental plaster. *International Journal of Advanced Research*.
- Hamdy, T. (2020). Reinforced dental plaster with low setting expansion and enhanced microhardness. 44-78.
- Hersek N, C. S. (2002). Tensile strength of type IV dental stones dried in a microwave oven. *J Prosthet Dent.*, 499-502.
- Heshmati RH, N. W. (2002). Delayed linear expansion of improved dental stone. *J Prosthet Dent*.
- ISO, I. O. (2013). *Normativas ISO 6873*.
- Jabeen B, M. Z. (2025). Comparison of Chlorhexidine Gluconate, Sodium Hypochlorite, Neem Extract, and Microwave Radiation for Disinfection of Type IV Dental Stone. *Eur J Dent*, 19(2).



- Kenyon BJ, H. M. (2005). Dimensional accuracy of 7 die materials. *J Prosthodont. . J Prosthodont. , 14(1).*
- Khaza'l AS, A.-N. A. (2019). Compressive Strength of Type IV Dental Stone with Ag Nanoparticles. *Al-Rafidain Dent J. , 19(1).*
- Kumararama SS, C. R. (2016). Evaluation of Linear Dimensional changes of Investment Material. *Int J Prosthodont Restor Dent.*
- Macchi, R. (2007). Materiales Dentales. In 4. Edición. (Ed.). Madrid: Médica Panamericana.
- Queiroz M, P. J. (2021). Evaluation of the Physical-Mechanical Properties of Type IV Gypsum. *Journal of Health Sciences, 23((1)).*
- Radesh P, R. Y. (2024). The Effect of Adding Silica Nanoparticles on the Compressive Strength and the Dimensional Accuracy of Type IV Dental Stone. *Open Dentistry Jpurnal.*
- Razak WA, Y. I. (2017). Effect of adding some additives and drying method on compressive strength of gypsum products. *Tikrit Journal for Dental Sciences.*
- Rodríguez. (2018). Retrieved 2024, from FOUBA Digital:
<https://repositorio.odontologia.uba.ar/items/show/978>.
- Rodriguez JM, C. R. (2009). Rodriguez JM, Curtis RV, Bartlett DW. Surface roughness of impression materials and dental stones scanned by non-contacting laser profilometry. . *Dent Mater, 29.*
- Rodriguez, D. R. (2010). Use of Polymer Emulsions in Cementitious Systems: Effects on Mechanical and Microstructural Properties. *Materials Research, 187-92.*
- Saja K Othman, A. R. (2023). Suitability of Dental Stone Preparation Using Local Gypsum and Sodium Chloride. *Iraqi Geological Journal, 175-80.*
- Sannigrahi R, U. M. (2023). Analysing the effect of addition of silica nanoparticles on mechanical properties of dental stone and die stone: An in-vitro study. *J Prosthodontics Dentistry.*
Retrieved from Website:<http://heb-nic.in/jopd>
- Sharma, A. &. (2015). Acrylic Polymers in the Modification of Inorganic Binders: A Review. *Construction and Building Materials, 453–62.*
- Subhan R, P. K. (2016). the Effect of Diverse Water Type on the Water Powder Ratio of Various Dental. *Pakistan Oral Dent Journal, 331-35.*



- Ukhanov M, R. A. (2010). *The materials used for the production of sectional dental cast models (literature review). [Article in Russian]*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/276020664>:
https://www.researchgate.net/publication/276020664_The_materials_used_for_the_production_of_sectional_dental_cast_models_literature_review_Article_in_Russian
- Vega del Barrio, J. (1996). *Materiales en odontología. Fundamentos biológicos, clínicos, biofísicos y fisicoquímicos*. Madrid: Avances.
- Whip-mix. (2024). Retrieved setiembre 2025, from <https://whipmix.com/wp-content/uploads/2024/09/Gypsum-Product-Guide.pdf>: <https://whipmix.com/wp-content/uploads/2024/09/Gypsum-Product-Guide.pdf>
- Zelezinska K, N. M. (2018). The influence of storage conditions on the physicochemical properties and dimensional accuracy of the alginate impressions. . *JAMME*, 68-76.

