EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

"POR MI PATRIA Y POR MI BIEN"

INFORME FINAL DE AÑO SABÁTICO

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE SISTEMAS DE ZIRCONIA MULTICAPA MODIFICADOS CON ÓXIDO DE ITRIO PARA RESTAURACIÓN Y TRATAMIENTO PROTÉSICO

Que presenta

DRA. NOHRA VIOLETA GALLARDO RIVAS

Realizado en

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMAULIPAS
TAMPICO, TAMAULIPAS

Durante el Periodo

01/SEP/2023 al 31/AGO/2024

Dictamen No.: Dictamen No. AS-2-105/2023

Ciudad Madero, Tamaulipas

Octubre 2024

Ciudad de México, 28 de agosto de 2023

AUTORIZACIÓN No AS-2-105/2023

LUCIANO AGUILERA VÁZQUEZ
DIRECTOR DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE CIUDAD MADERO
PRESENTE

Con fundamento en el Reglamento Interior de Trabajo del Personal Docente de los Institutos Tecnológicos, en las Políticas Académicas Generales del Periodo Sabático y las bases de la Convocatoria correspondiente, el Tecnológico Nacional de México a través de la Comisión Central, ha revisado la solicitud del **Año Sabático** de la **C. NOHRA VIOLETA GALLARDO RIVAS** en el Programa de Investigación Científica, Tecnológica o Educativa: bajo la modalidad: **A.1. Proyecto de Investigación Científica: Determinación de las propiedades fisicoquímicas de sistemas de zirconia multicapa modificados con oxido de itrio para restauración y tratamiento protésico.**, en la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tampico, Tams se tiene a bien emitir el siguiente dictamen de:

A U T O R I Z A C I Ó N

Del programa presentado a partir del **01 de septiembre de 2023** hasta el **31 de agosto de 2024**, quedando su seguimiento bajo la responsabilidad de la Dirección a su cargo, debiendo recibir y evaluar por parte de la Academia correspondiente y de la Comisión Dictaminadora, el reporte intermedio y final de las actividades desarrolladas durante el ejercicio del periodo sabático autorizado al docente. Así mismo, se deberá remitir a la Secretaría Académica, de Investigación e Innovación a través de la Dirección de Docencia e Innovación Educativa del Tecnológico Nacional de México, la evaluación de dichos reportes que comprenderán la totalidad de lo establecido en la calendarización, que se encuentra en el expediente de la solicitud del docente; además de un ejemplar en físico y en electrónico (en formato PDF) del producto final comprometido.

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
DIRECCIÓN GENERAL

RAMÓN JIMÉNEZ LÓPEZ
DIRECTOR GENERAL
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Av. Universidad 1200, Col. Xoco, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03330, Ciudad de México.
Tel. (55) 3601-7500, Ext. 65050, e-mail: direccion@tecnm.mx tecnm.mx

100% PLÁSTICO
2023 Francisco VILLA

INFORME FINAL DE PERIODO SABÁTICO

I. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO / UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMAULIPAS	
Responsable del Proyecto: Nohra Violeta Gallardo Rivas Correo electrónico: nohra.gr@cdmadero.tecnm.mx	Título del Proyecto: Determinación de las propiedades fisicoquímicas de sistemas de zirconia multicapa modificados con óxido de itria para restauración y tratamiento protésico.
Tipo de investigación: Básica (X) Aplicada ( ) Desarrollo Tecnológico ( ) Educativa ( )	
Fecha de inicio del proyecto: 01/09/2023	Fecha de término del proyecto: 30/08/2024

II. RESULTADOS

1. Resumen del proyecto.

a) Introducción.

La zircona es una de las cerámicas con mayor potencial como material alternativo en aplicaciones biomédicas debido a su biocompatibilidad, baja reactividad y excelentes propiedades ópticas. Desde hace 30 años, el uso de la zirconia estabilizada se ha reportado como un material dental con excelentes efectos mecánicos, pero adolece de la limitación de una alta opacidad, por lo que se utiliza en estructuras de coronas y prótesis fijas que están recubiertas con material con propiedades de transparencia. Sin embargo, en estas modificaciones, el astillado y la fractura relacionados con tensiones térmicas residuales generadas por el proceso de fabricación son las principales limitaciones técnicas reportadas.

Para mejorar la translucidez de la zircona, se están haciendo esfuerzos para modificarla y estabilizarla con itria, donde la translucidez se puede controlar mediante la temperatura de sinterización y el contenido del óxido.

Se desarrollaron digitalmente discos de dimensiones específicas (D-15 mm x E-0,1 mm) utilizando un software de diseño asistido por computadora (CAD-CAM). Posteriormente, se fresaron varios discos de cada material de zirconia disponible comercialmente (UTML, STML y UTML) de un sistema de zirconio multicapa (Katana™; Kuraray Noritake) y se sinterizaron en condiciones seleccionadas con base en el análisis de la literatura. El análisis de color de las muestras se revisó utilizando un espectrofotómetro dental utilizando el sistema de color CIE L*a*b*. Se ha demostrado que cuanto mayor sea el contenido de óxido de itria y la temperatura de sinterización, mayor será el contenido de estructura cubica y mejor será la translucidez.

La caracterización de la microestructura se realizó con SEM sobre probetas de Zr grabadas térmicamente a 1200°C, utilizando velocidad de curado y enfriamiento de 10°C/min. El tamaño de grano promedio se medió con las micrografías de 10000x utilizando el método lineal de intercepción en el software ImageTool. La microestructura de los materiales de zirconio se obtuvo por micrografía. Se identificó la relación entre el contenido de

modificador y la fase cristalográfica con el tamaño de grano, de acuerdo con el método de intersección lineal existe una relación entre la modificación y el tamaño de grano reportado. Hasta el momento se puede afirmar que la translucidez obtenida gracias a la concentración de óxido de itria utilizada es beneficiosa para la potencial aplicación de estos materiales en restauración dental y tratamiento de restauración protésico simplificado.

b) Objetivos.

Objetivo general propuesto.

Determinar las propiedades químicas, ópticas y estructurales de sistemas de óxido de zirconia multicapa modificados con óxido de itria a diversas concentraciones, con la finalidad de validar su potencial aplicación en la restauración y tratamiento de casos clínicos odontológicos.

Objetivos específicos

- Determinar las condiciones de sinterización de tres diferentes tipos de óxido de zirconia con óxido de itria como modificador de propiedades fisicoquímicas.
- Caracterizar los materiales obtenido por SEM-EDS, DRX, color y tamaño de grano.
- Comparar las propiedades de los materiales sinterizados con los encontrados en la bibliografía en diferentes casos de estudio.

c) Metas.

- Sinterizar varios lotes de óxido de zirconia/óxido de itrio, con las propiedades ópticas y estructurales adecuadas, que cumpla con las características requeridas para uso en odontología, a esta actividad está asociada una estudiante de Residencia comprometida como entregable.
- Caracterizar los cerámicos obtenidos de tal modo que permita establecer un comparativo con diferentes casos de estudio, los resultados obtenidos se presentaron en un Congreso, lo que permitió generar una Memoria en extenso.
- Desarrollar una base de datos con la información de caracterización de los cerámicos y el análisis bibliográfico que permita establecer un comparativo, los resultados obtenidos se presentaron en un Congreso, lo que permitió generar una Memoria en extenso.
- Enviar los resultados obtenidos a una revista arbitrada para su publicación.
- Generar una participación en congreso de divulgación y/o Difusión.

En todos los casos se anexan los comprobantes de las metas cumplidas (Anexos).

d) Desarrollo y resultados del proyecto.

INTRODUCCIÓN.

Entre los materiales de restauración y tratamiento protésico, la zirconia ha ganado considerable importancia gracias a su alta resistencia a la

fractura, su baja conductividad térmica y su estética potencialmente adecuada en restauraciones Metal Free, a pesar del bajo esmalte. La unión adhesiva entre el esmalte y el material restaurativo es un factor determinante en la longevidad clínica de las restauraciones; su degradación con el paso del tiempo causa la acumulación de fracturas microscópicas en la interfase híbrida, que se extienden durante los ciclos de masticación. Como respuesta a esta problemática, en años recientes se ha venido trabajando en el desarrollo de sistemas de adhesión multicapa, utilizando una amplia capa de un material altamente resistente y otra de un material más estético, con el fin de armonizar los aspectos clínicos y biomecánicos de la restauración. El uso de la zirconia en odontología ha abierto nuevas posibilidades en el campo de la restauración dental. Gracias a sus propiedades superiores, como su resistencia a la fractura y su baja conductividad térmica, la zirconia se ha convertido en un material altamente solicitado. Además, su apariencia estética potencialmente adecuada en restauraciones Metal Free la hace aún más atractiva para su uso en la clínica dental.

Uno de los desafíos a los que se enfrenta la odontología es la degradación de la unión adhesiva entre el esmalte y el material restaurativo. A lo largo del tiempo, esta unión puede debilitarse, lo que lleva a la acumulación de fracturas microscópicas en la interfase híbrida. Estas fracturas se agravan durante los ciclos de masticación, lo que puede comprometer la longevidad de las restauraciones dentales. Para abordar esta problemática, se ha trabajado en el desarrollo de sistemas de adhesión multicapa. Estos sistemas utilizan una amplia capa de un material altamente resistente, como la zirconia, combinada con otra capa de un material más estético. Esta combinación busca armonizar tanto los aspectos clínicos como los biomecánicos de las restauraciones dentales.

La adopción de sistemas de adhesión multicapa ha demostrado ser prometedora en la mejora de la longevidad clínica de las restauraciones dentales. Al utilizar una capa de zirconia altamente resistente en combinación con un material más estético, se logra mantener la resistencia mientras se mejora la apariencia estética de la restauración dental.
A lo largo de los últimos años, las zirconias han ganado un notable reconocimiento en los materiales dentales. La introducción de un sencillo proceso de conformación, y la durabilidad reconocida clínicamente de los materiales, libres de fracturas, han acelerado su adopción. Estos materiales destacan por su alta dureza y resistencia a la flexión. Además, su color "no poroso" y excelente capacidad de translucidez, mejorada al ser pulidos, son notables. Las zirconias, estabilizadas parcialmente con yttria y con estructura tetragonal, se utilizan en medicina desde mediados de los 90.

Cuando la zirconia está totalmente estabilizada en su volumen, puede soportar las tensiones del sustrato sin fracturarse en su capa. Este comportamiento se conoce como tenacidad, gracias a la fase tetragonal que transforma energía elástica aumentando el volumen y reduciendo tensiones. Esta propiedad pseudoelástica es muy dependiente de la concentración de células en la Y-TZP. Esto fue aún más evidente cuando la industria cerámica incrementó su dureza, a menudo comprometiendo su tenacidad. Este fenómeno es menos pronunciado en las zirconias nano-sinterizadas, donde esta dispersión es notablemente reducida.

En resumen, la zirconia ha ganado importancia en la odontología debido a sus propiedades superiores. La degradación de la unión adhesiva entre el

esmalte y el material restaurativo es un desafío que se ha abordado mediante el desarrollo de sistemas de adhesión multicapa. Estos sistemas buscan armonizar los aspectos clínicos y biomecánicos de las restauraciones dentales, utilizando una capa de zirconia altamente resistente en combinación con un material más estético.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Materiales

Los sistemas de zirconia multicapa empleados, fueron los disponibles comercialmente de la casa comercial Katana™; Kuraray Noritake (figura 1), el resto de los materiales y reactivos (disolventes), ya se encontraban disponibles en la Facultad de Odontología-UAT. En la tabla 1 se enumeran los tres sistemas adquiridos para este estudio.



Figura 1. Lotes comerciales de zirconia multicapa de Katana™; Kuraray Noritake.

Tabla 1. Nomenclatura de los sistemas de zirconia multicapa empleados

Clave	Nomenclatura
UTML	Zirconia Ultra Translucent Multi Layered
STML	Zirconia Super Translucent Multi Layered
HTML	Zirconia High Translucent Multi Layered

Capacitación para manejo de equipo CAD-CAM.

Se realizaron prácticas de laboratorio, para conocer los equipos y familiarizarse con ellos, específicamente el CAD-CAM.

En el caso de restauraciones dentales, se aplica a la fabricación de las prótesis, sustituyendo, por ejemplo, el colado del metal por procesos realizados por máquinas de control numérico, consiguiendo así una gran precisión, funcionalidad y acabado estético. En este caso se elaboraron discos probeta para pruebas de sinterizado y modificación con óxido de itria.

Hay que tener en cuenta ciertas características de los potenciales materiales que se pueden usar, los que deben ser de alto rendimiento para máximas exigencias de elaboración y precisión. Parámetros de trabajo individuales. Compatibilidad ilimitada con las unidades de tallado. Los materiales de zirconia según la bibliografía son óptimamente compatibles con el proceso de tallado para obtener restauraciones de alta calidad, por lo que se usaron para la generación de los discos de prueba. Se realizo la

siguiente secuencia de pasos para la obtención de los materiales, hay que hacer notar que la secuencia es también válida para la fabricación de piezas dentales mostrada en la figura 2.

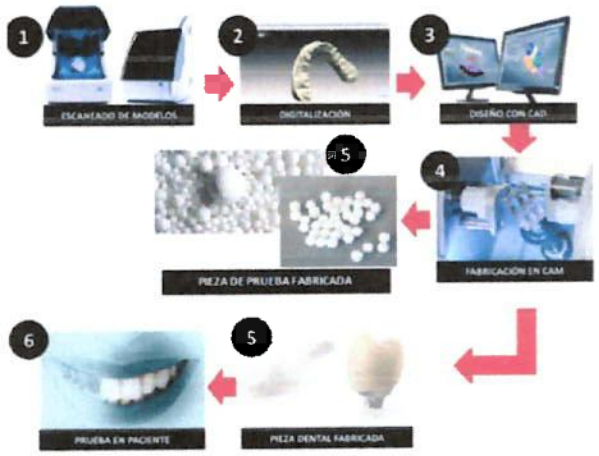


Figura 2. Secuencia de pasos para la fabricación de las muestras.

Sinterización y manufactura de discos

Se diseñaron muestras en forma de disco de múltiples capas (15 mm de diámetro y 1,0 mm de espesor) mediante el software DentalCAD 3.0 Galway. Posteriormente, se fresaron 12 muestras para cada material de zirconia (UTML, STML y HTML) a partir de discos pre-sinterizados (98 mm x 18 mm) utilizando una fresadora (350i times- icore® GmbH). Las muestras se retiraron de los discos de zirconia con la ayuda de un micro-motor utilizando una fresa de diamante y se sinterizaron siguiendo las instrucciones de la tabla 2.

Tabla 2. Condiciones de sinterización y propiedades mecánicas de los sistemas de zirconia multicapa.

Clave	Incrementos de Temperatura [=] °C/min	Temperatura limite [=] °C*	Decrementos de Temperatura [=] °C/min	Resistencia a la flexión [=] MPa
UTML	10	1550	10	557
STML	10	1550	10	748
HTML	10	1500	10	1125

*Por 2 horas de proceso

Después de eso, todas las muestras se pulieron con discos de caucho (Eve Diapol®) utilizando un micromotor de baja velocidad (Schick GmbH) con una velocidad de 10,000 rpm. Las muestras se pulieron en una dirección durante 30 segundos, se rotaron 90° y se pulieron durante otros 30 segundos. El sistema de pulido consta de 2 pasos mediante 2 discos de goma diferentes granos. Se realizó un pulido completo de un minuto para cada muestra. Posteriormente las muestras fueron limpiadas en ultrasonido con agua destilada durante 10 mín.

Análisis microestructural y tamaño de grano

La caracterización de la microestructura se realizó mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) sobre probetas de zirconia previamente

grabadas térmicamente a 1200°C durante 1 hora, utilizando una velocidad de curación y enfriamiento de 10°C/min. El tamaño de grano promedio se midió en micrografías SEM con aumentos de 10 000x utilizando el método lineal de intersección en el software ImageTool.

Análisis y evaluación de la coloración

La medición del color de las muestras se realizó mediante el sistema de análisis de color con la ecuación CIE L*a*b*, empleando un espectrofotómetro dental (VITA Easyshade Advance 4.0; VITA Zahnfabrik). Antes de las mediciones experimentales, el espectrofotómetro fue calibrado en modo automático y validado sobre una superficie blanca. Las muestras se colocaron sobre un fondo gris neutro y posteriormente se posicionó la punta del espectrofotómetro dental en el tercio superior, medio e inferior de la superficie pulida de la muestra. Se registraron tres mediciones por cada tercio para obtener los promedios de los valores L*, a* y b*. En el ecuación de color, L* indica luminosidad, la coordenada a* representa el rango de verde a rojo y la coordenada b* representa el rango de azul a amarillo. Las diferencias de color se calcularon utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta E = ([L1 - L2]^2 + [a1 - a2]^2 + [b1 - b2]^2)^{\frac{1}{2}}$$

Identificación de fases

La distribución de la fase cristalina se analizó mediante rayos X utilizando un difractómero (difractómetro X'Pert Pro; PANalytical B.V.) con radiación CuKα generada a 40 kV y 30 mA. Los patrones XRD se registran en un rango de 2θ entre 20° y 80° con un tamaño de paso de 0,02° en un intervalo de paso de 3 segundos.

RESULTADOS

Se presentan los resultados entregados en el reporte intermedio de forma resumida, además de los obtenidos en la segunda parte del sabático.

Capacitación para manejo de equipo CAD-CAM.

La tecnología CAD (Computer-aided design) - CAM (computer-aided manufacturing) consiste en la utilización de ordenadores y tecnologías de cálculo a lo largo del proceso de fabricación, desde la planificación hasta la producción y el control de calidad. En el caso de restauraciones dentales, se aplica a la fabricación de las prótesis, sustituyendo, por ejemplo, el colado del metal por procesos realizados por máquinas de control numérico, consiguiendo así una gran precisión, funcionalidad y acabado estético. En este caso se elaboraron discos probeta para pruebas de sinterizado y modificación con óxido de itria (figura 2).

Sinterización

Para la creación de las piezas de prueba se llevo a cabo el proceso de sinterización a las condiciones descritas en la metodología partiendo del espécimen diseñado en DentalCAD 3.0 Galway. Esta fundición se realiza con un láser de gran precisión que funde el material hasta obtener, capa a capa, la pieza final.

Las capas obtenidas son de gran complejidad y detalle (figura 3), por lo que el sinterizado permitió reproducir los ángulos y zonas más exigentes,

a)

ya sea por su morfología curvada o por los requerimientos especiales que se tuvieron en la elaboración de la pieza.

b)



Figura 3. a) Capas de un segmento de muestra de zirconia, b) Esquema del gradiente del disco de zirconia multicapa.

Composición

El contenido de óxido de itria fue diferente entre los materiales de zirconia. UTML mostró el contenido de itria más alto, 12.30 % en peso, STML tuvo 10.18 % en peso y HTML tuvo el contenido más bajo, 7.18 % en peso (Figura 4).

En el tabla 3, se reportan los valores de porcentaje composicional, obtenidos por EDX, de los diferentes lotes de zirconia multicapa que se evaluaron, se observa que el contenido de itria va decayendo con el incremento de zirconia presente en la muestra, esto provee un mayor contenido de fase cubica en la pieza, un acomodo tal que permite piezas con cualidades mecánicas y estéticas compatibles.

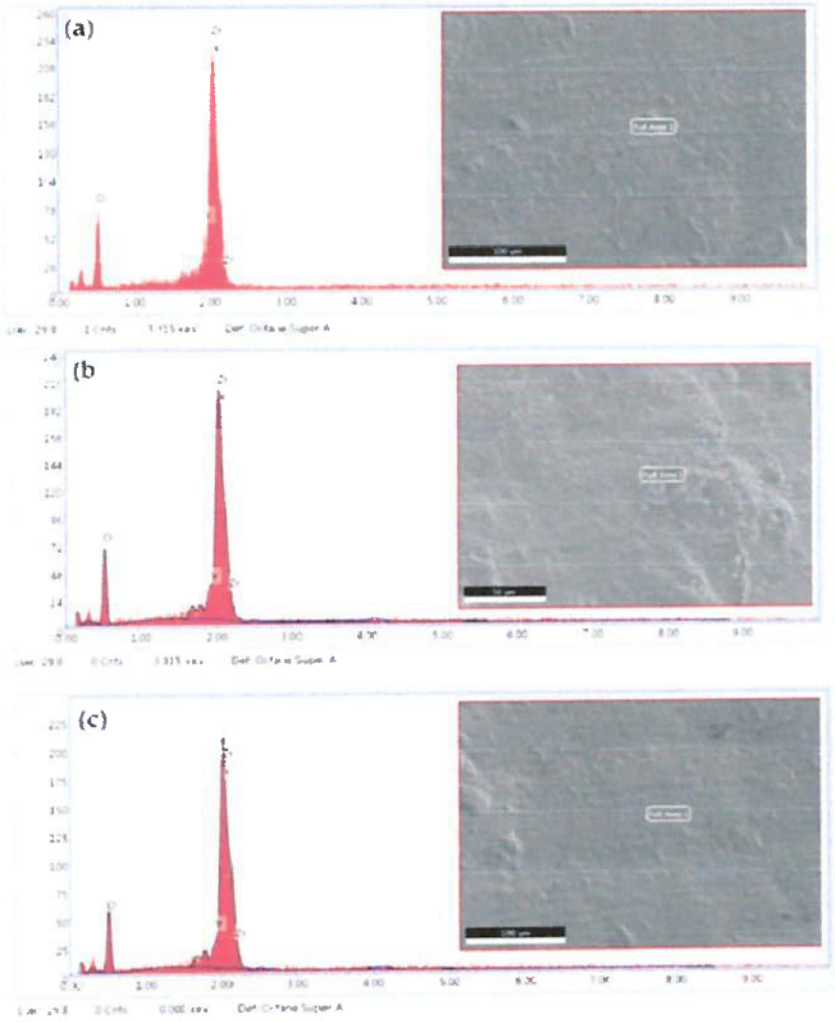


Figura 4. Comparación estructural del contenido porcentual de itria (% peso) en los tres lotes de material de zirconia a) UTML, b) STML y c) HTML.

Tabla 3. Comparación del contenido de itria (wt %) en los materiales de zirconia multicapa

Lote	Elemento	% peso	% atómico	Net. Int.	% error
UTML	Y 2O3	12.30	7.11	18.66	9.43
	Zr O2	87.70	92.89	122.44	4.62
STML	Y 2O3	10.18	5.82	14.58	12.37
	Zr O2	89.82	94.18	118.90	4.45
HTML	Y 2O3	7.18	4.05	9.92	15.76
	Zr O2	92.82	95.95	119.11	4.28

Microestructura y tamaño de grano

En la figura 5 se muestran micrografías representativas de los 3 lotes de zirconia empleados. No se observó porosidad en ninguna de las micrografías. Las microestructuras están en concordancia con los contenidos de itria y fase cúbica, con la muestra UTML con el tamaño de

grano más grandes y HTML los más pequeños. El tamaño de grano promedio determinado por el método de intercepción lineal confirmó estas observaciones, UTML, 4.00 ± 0.85 µm, STML, 2.80 ± 0.17 µm y HTML, 0.63 ± 0.03 µm, que coinciden con los reportados por algunos autores. Otro detalle observable en la micrografía es la alta dispersión en el tamaño de grano de la muestra UTML, que presenta tamaños variados lo que produce una alta desviación en los resultados (desviación estándar). En contraste, HTML que es más homogénea y se observa una desviación estándar menor, lo que se refiere a una distribución de tamaño de grano más estrecha.

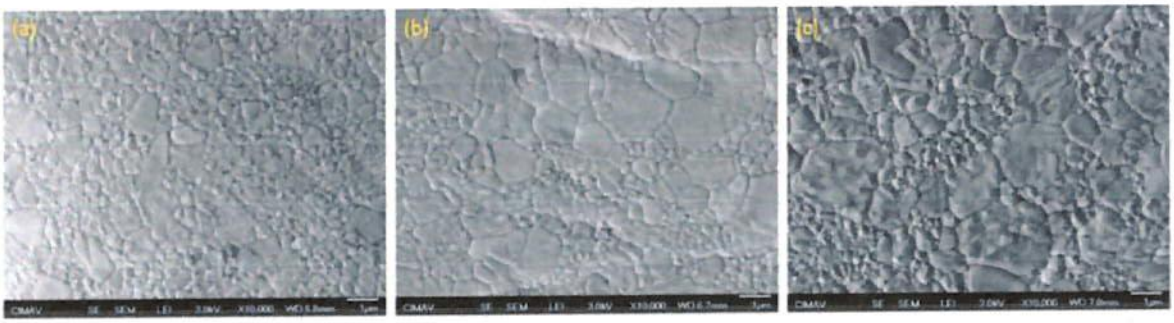


Figura 5. Micrografías FE-SEM representativas de los lotes de materiales de zirconia estudiados a) UTML, b) STML y c) HTML.

Análisis y evaluación de la coloración

Se presenta los resultados del análisis de los materiales de zirconio (UTML, STML y HTML) y las diferentes secciones (tercios superior, medio e inferior) usando la ecuación de análisis de color CIE L*, a*, b* (tabla 4). Se demostró con evidencia suficiente que el valor L* presentó un aumento significativo en el tercio superior respecto al tercio medio e inferior ($p<0.001$). Asimismo, se observaron diferencias significativas entre los tercios respecto a los valores de a* y b*. Es importante mencionar que las discrepancias observadas entre los tercios analizados con respecto a los valores de L*, a* y b* fueron similares en las zirconias (UTML, STML y HTML). Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los materiales de zirconio ($p>0,05$).

Tabla 4. Valores promedio obtenidos para la ecuación CIE L*a*b*.

	Tercios	zirconio UTML	zirconio STML	zirconio HTML
L	Superior	97.7±5.2	96.9±5.7	96.4±4.7
	Medio	91.6±4.8	90.5±5.9	90.1±3.4
	Inferior	90.2±4.7	90.2±3.6	89.8±2.1
a	Superior	1.0±0.2	0.9±0.2	1.0±0.2
	Medio	1.4±0.3	1.4±0.3	1.4±0.2
	Inferior	1.9±0.3	1.8±0.4	1.8±0.4
b	Superior	26.8±2.9	26.6±2.7	27.1±2.6
	Medio	31.5±3.0	31±2.8	31.7±2.9
	Inferior	36.4±3.4	36.1±3.1	36.5±3.3

Se implementó la ecuación para ΔE, para identificar discrepancias de color clínicamente visibles. El punto de percepción clínicamente visible comienza en parte del valor ΔE = 3.7, por lo tanto, observamos una diferencia en el color entre los tercios de todos los materiales de zirconio (Figura 6a). Sin embargo, en el contraste de color entre los materiales de zirconio (UTML, STML y HTML), las discrepancias de color no son clínicamente perceptibles (figura 6b).

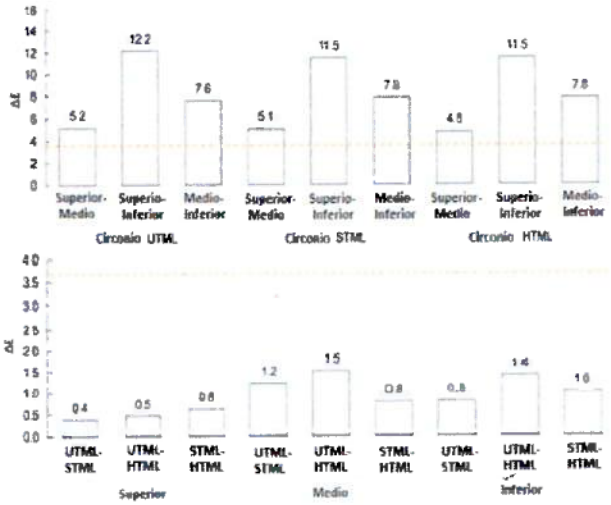


Figura 6. a) Percepción del color clínicamente visible entre tercios de cada tipo de zirconio. b) Percepción del color clínicamente visible entre los materiales de zirconio. Línea punteada valor ΔE = 3.7.

Análisis de fases

En el reporte intermedio se informo que los tres materiales de zirconia de los sistemas estudiados (Katana™, Kuraray) presentan diferentes niveles de translucidez y resistencia debido a las concentraciones de óxido de itrio. En la figura 7, se observan los diferentes lotes de zirconia modificada con itrio analizados, se analiza el contenido de óxido de itrio, lo que da como resultado un mayor contenido de fase cúbica, en función de la cantidad molar de oxido de itrio, esto a su vez se demostró conduce a un tamaño de grano mayor y una reducción de la dispersión de la luz en el límite del grano.

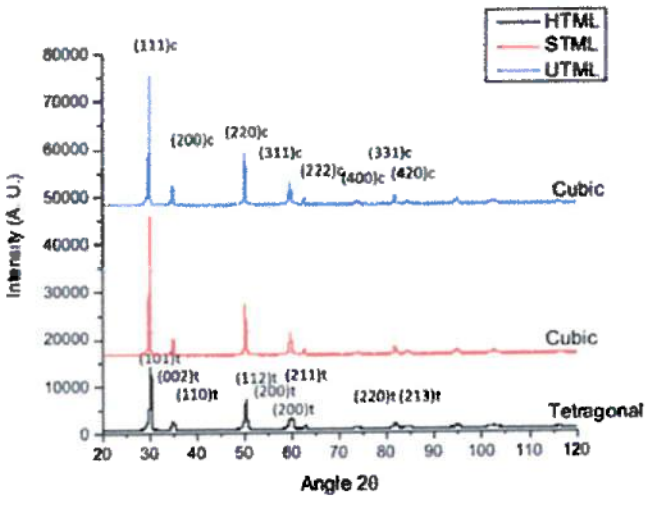


Figura 7. Patrones de difracción de rayos X (DRX) para cada lote de zirconia investigado

Al aumentar la cantidad de óxido de itrio de 3 a 5% mol, el contenido de fase cúbica aumenta, esto provoca un tamaño de grano mayor que reducirá la dispersión de la luz en el límite del grano.

e) Conclusiones/Observaciones

Con los resultados obtenidos es posible establecer las siguientes conclusiones/observaciones.

• La variación del contenido de itria que se presenta en los materiales de zirconia del sistema de zirconia multicapa (Katana™; Kuraray Noritake) no genera una discrepancia de color perceptible.

• El sistema de zirconia multicapa (Katana™; Kuraray Noritake) presenta una superficie policromática perceptible como el gradiente natural del color del diente.

• El contenido de itrio y las características microestructurales fueron consistentes con reportes bibliográficos e información del fabricante, mostrando que ZUT tiene el contenido de ytrio más alto mientras que ZHT, el contenido más bajo.

• A pesar de observar esta similitud entre los estudios, se obtuvieron algunas discrepancias entre los valores específicos del contenido de itrio, pero esto se debe a las diferentes técnicas utilizadas para su medición.

• Asimismo, los resultados del presente estudio son consistentes con otras investigaciones publicadas que respaldan la alternativa de implementar el sistema completo de zirconio multicapa (Katana™, Kuraray Noritake) en restauraciones totales realizadas mediante un flujo de trabajo digital.

2. Objetivo del Proyecto.

• Determinar las condiciones de sinterización de tres diferentes tipos de óxido de zirconia con óxido de itria como modificador de propiedades fisicoquímicas.
• Caracterizar los materiales obtenido por SEM-EDS, DRX, color y tamaño de grano.
• Comparar las propiedades de los materiales sinterizados con los encontrados en la bibliografía en diferentes casos de estudio.

3. Cumplimiento de Metas

Metas cuantificables	Cantidad programada	Cantidad lograda	Observaciones
Estudiantes con residencia concluida	1	1	
Artículos científicos en revistas arbitradas enviados	1	1	
Artículos de divulgación enviados	1	1	
Memorias en extenso en congresos	1	2	

INFORME FINAL DE PERIODO SABÁTICO

Estudiantes residentes participantes en el proyecto	1
Fecha	Nombre de los estudiantes residentes, nombre del proyecto de residencia y su Programa Educativo
19/02/2024 al 12/07/2024	**Luna Cueto Alina** Rosario Determinación de las propiedades fisicoquímicas de sistemas de zirconia multicapa / óxido de itria. Ingeniería Química.

Artículos científicos publicados o enviados en revistas arbitradas	1
Fecha	Nombre del artículo y acuse de envío
10/05/2024	"Microstructural and grain size analysis of zirconium materials for dental prostheses restoration" Nohra Violeta Gallardo-Rivas, Jorge Humberto Luna-Dominguez, Ana María Mendoza-Martínez. Journal of Engineering Research, Vol. 4 (13), 2024. Se anexa copia del artículo publicado.

Artículos de divulgación enviados	1
Fecha	Nombre del artículo y acuse de envío
10/05/2024	"Análisis estructural de discos de zirconia/itrio para aplicaciones odontológicas" Nohra Violeta Gallardo-Rivas, Jorge Humberto Luna-Dominguez, Ana María Mendoza-Martínez. Transversalidad Científica y Tecnológica, Vol. 8 (1), (2024). Pp. 1-7. Se anexa copia del artículo y de la carta de aceptación del mismo.

Memorias en extenso en congresos	2
Fecha	Nombre y memoria del Congreso
26-27 de febrero de 2024	"Análisis Microestructural y Tamaño de Grano de Materiales de Zirconio para Restauración de Prótesis Dentales" Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Los Mochis 2024, Conectando Mentes, Innovando Horizontes.
11-13 de marzo de 2024	"Análisis de la coloración de materiales de zirconio modificado con óxido de itrio para

	tratamiento protésico" 16° Congreso Internacional de la Academia Mexicana Multidisciplinaria A.C

4. Metodología.

Los sistemas de zirconia multicapa empleados, fueron los disponibles comercialmente de la casa comercial Katana™; Kuraray Noritake, Zirconia Ultra Translucent Multi Layered (UTML), Super Translucent Multi Layered (STML) y High Translucent Multi Layered (HTML), el resto de los materiales y reactivos, fueron los disponibles en el laboratorio de la Facultad de Odontología-UAT.

Se realizaron prácticas de laboratorio, con el equipo CAD-CAM. Para este proyecto, se aplica en la fabricación de las prótesis, consiguiendo así una gran precisión, funcionalidad y acabado estético. En este caso se elaboraron discos probeta para pruebas de sinterizado y modificación con óxido de itria. En este trabajo se probaron materiales de zirconia que establecía la bibliografía son óptimamente compatibles con el proceso de tallado para obtener restauraciones de alta calidad, por lo que se usaron para la generación de los discos de prueba. La secuencia para la obtención de las piezas abarco, la elaboración de los modelos, digitalización, rediseño con CAD, impresión y/o fabricación con CAM, análisis de piezas fabricadas, pruebas de caracterización.

Se diseñaron muestras en forma de disco de múltiples capas (15 mm de diámetro y 1,0 mm de espesor) mediante el software DentalCAD 3.0 Galway. Posteriormente, se fresaron 12 muestras para cada material de zirconia (UTML, STML y HTML) a partir de discos pre-sinterizados (98 mm x 18 mm) utilizando una fresadora (350i times- icore® GmbH). Las muestras se retiraron de los discos de zirconia con la ayuda de un micro-motor utilizando una fresa de diamante y se sinterizaron a diferentes condiciones. Después de eso, todas las muestras se pulieron con discos de caucho (Eve Diapol®) utilizando un micromotor de baja velocidad (Schick GmbH) con una velocidad de 10,000 rpm. Posteriormente se pulieron en una dirección durante 30 segundos, se rotaron 90° y se pulieron durante otros 30 segundos. El sistema de pulido consta de 2 pasos mediante 2 discos de goma de diferentes granos. Se realizó un pulido completo de un minuto para cada muestra. Posteriormente las muestras fueron limpiadas en ultrasonido con agua destilada durante 10 min.

La caracterización de la microestructura se realizó mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) sobre probetas de zirconia previamente grabadas térmicamente a 1200°C durante 1 hora, utilizando una velocidad de curación y enfriamiento de 10°C/min. El tamaño de grano promedio se midió en micrografías SEM con aumentos de 10 000x utilizando el método lineal de intersección en el software ImageTool.

La medición del color de las muestras se realizó mediante el sistema de análisis de color con la ecuación CIE L*a*b*, empleando un espectrofotómetro dental (VITA Easyshade Advance 4.0; VITA Zahnfabrik). Antes de las mediciones experimentales, el espectrofotómetro fue calibrado en modo automático y validado sobre una superficie blanca. Las muestras se colocaron sobre un fondo gris neutro y posteriormente se posicionó la punta del espectrofotómetro dental en el tercio superior, medio e inferior de la superficie pulida de la muestra. Se registraron tres mediciones por cada tercio para obtener los promedios de los valores L*, a* y b*. En el

ecuación de color, L* indica luminosidad, la coordenada a* representa el rango de verde a rojo y la coordenada b* representa el rango de azul a amarillo. Las diferencias de color se calcularon utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta E = ([L1 - L2]^2 + [a1 - a2]^2 + [b1 - b2]^2)^{\frac{1}{2}}$$

Con esta información se realiza un análisis estadístico de las desviaciones de color de las muestras frente al blanco.

La distribución de la fase cristalina se analizó mediante rayos X utilizando un difractómero (difractómetro X'Pert Pro; PANalytical B.V.) con radiación CuKα generada a 40 kV y 30 mA. Los patrones XRD se registran en un rango de 2θ entre 20° y 80° con un tamaño de paso de 0,02° en un intervalo de paso de 3 segundos.

En todos los casos, las mediciones se realizaron por triplicado. La elección de las pruebas y el diseño experimental se realizó de acuerdo con la revisión bibliográfica.

5. Difusión.

Los resultados obtenidos se enviaron para su publicación en una revista arbitrada, de igual modo se presentó la propuesta para una artículo de divulgación, así como también se presentaron en dos congresos, lo que derivó en la generación de dos Memorias en extenso; Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Los Mochis 2024 y 16° Congreso Internacional de la Academia Mexicana Multidisciplinaria A.C

6. Beneficios y Problemas

Se desarrolló el proyecto en colaboración con otros grupos de investigación de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), esto permitió, además de estrechar la vinculación con los investigadores de la misma, generar nuevas propuestas de colaboración y proyectos a futuro, que nos permitirán generar nuevas líneas de trabajo e investigación, que beneficien a nuestros alumnos y profesores.

El principal problema es el tiempo, debido a que se requiere, para el desarrollo de proyectos de investigación experimentales, la adquisición de reactivos y materiales especiales que muchas veces demoran hasta tres meses, si bien se contaba con material en existencia, esto no eximio de realizar el proceso de cotización y adquisición de los mismos, otro punto son los equipos para análisis y caracterización de materiales, se tenía acceso a los equipos básicos y principales para la investigación, sin embargo había necesidad de otros que desgraciadamente no estaban disponibles ni en la UAT ni el ITCM, sin embargo fue posible establecer relaciones con otras instituciones, que nos permitieran realizar las pruebas y análisis para llevar el proyecto a término.

7. Información adicional

Se anexan las evidencias de las metas alcanzadas, por lo que se adjunta la siguiente documentación:
1. Reporte de Turnitin

INFORME FINAL DE PERIODO SABÁTICO

2. Documentación de la estudiante de residencias profesionales concluidas, carta de aceptación y terminación, así como los respectivos reportes de evaluación de la residencia (3).
3. Artículo indexado publicado en la revista Journal of Engineering Research.
4. Artículo arbitrado aceptado para su publicación en la revista Transversalidad Científica y Tecnológica.
5. Extenso del trabajo presentado el "Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Los Mochis 2024", el 26-27 de febrero de 2024.
6. Extenso del trabajo presentado el "16° Congreso Internacional de la Academia Mexicana Multidisciplinaria A.C", el 11 al 13 de marzo de 2024.
7. Carta de Terminación expedida por la Institución receptora.

Subdirector Académico	Docente
M.C. Angélica Uvalle Berrones	Dra. Nohra Violeta Gallardo Rivas

turnitin

Identificación de reporte de similitud: oid:20755:380519992

NOMBRE DEL TRABAJO

INFORME_FINAL_SABATICO NVGR.docx

AUTOR

Nohra Violeta Gallardo Rivas

RECUENTO DE PALABRAS

4691 Words

RECUENTO DE CARACTERES

26127 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

15 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

812.2KB

FECHA DE ENTREGA

Sep 11, 2024 1:44 PM CST

FECHA DEL INFORME

Sep 11, 2024 1:44 PM CST

14% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 12% Base de datos de Internet
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados

14% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 12% Base de datos de Internet
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	aguayo.jimdo.com Internet	3%
2	tecnm.mx Internet	1%
3	atenaeditora.com.br Internet	<1%
4	Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador on 2023-06-06 Submitted works	<1%
5	academiajournals.com Internet	<1%
6	bmcoralhealth.biomedcentral.com Internet	<1%
7	ipn on 2022-05-23 Submitted works	<1%
8	foristom.org Internet	<1%

9	pesquisa.bvsalud.org Internet	<1%
10	fcf.uanl.mx Internet	<1%
11	semanticscholar.org Internet	<1%
12	kuraraynoritake.eu Internet	<1%
13	researchgate.net Internet	<1%
14	Jorge García Ivars. "OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MEMBRAN... Crossref posted content	<1%
15	ULACIT Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología on 2023... Submitted works	<1%
16	pesquisa.teste.bvsalud.org Internet	<1%
17	clinicadentalolot.cat Internet	<1%
18	chienfu.com Internet	<1%
19	cucba.udg.mx Internet	<1%
20	Universitat Politècnica de València on 2020-10-27 Submitted works	<1%

21	sfaf.org Internet	<1%
22	worldwidescience.org Internet	<1%
23	ceneval-examen.com Internet	<1%
24	slideshare.net Internet	<1%
25	wikit.wiki Internet	<1%
26	Infile on 2020-07-01 Submitted works	<1%
27	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria on 2022-06-13 Submitted works	<1%
28	circe.dgae.unam.mx Internet	<1%
29	guido-spano.goseas.info Internet	<1%
30	aiqu.org.uy Internet	<1%
31	ieec.uned.es Internet	<1%
32	tandfonline.com Internet	<1%

33	es.scribd.com Internet	<1%

INFORME FINAL DE PERIODO SABÁTICO

I. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO / UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMAULIPAS	
Responsable del Proyecto: Nohra Violeta Gallardo Rivas Correo electrónico: nohra.gr@dmadero.tecnm.mx	Título del Proyecto: Determinación de las propiedades fisicoquímicas de sistemas de zirconia multicapa modificados con óxido de itria para restauración y tratamiento protésico.
Tipo de investigación: Básica (X) Aplicada ( ) Desarrollo Tecnológico ( ) Educativa ( )	
Fecha de inicio del proyecto: 01/09/2023	Fecha de término del proyecto: 30/08/2024

II. RESULTADOS

1. Resumen del proyecto.

a) Introducción.

La zircona es una de las cerámicas con mayor potencial como material alternativo en aplicaciones biomédicas debido a su biocompatibilidad, baja reactividad y excelentes propiedades ópticas. Desde hace 30 años, el uso de la zirconia estabilizada se ha reportado como un material dental con excelentes efectos mecánicos, pero adolece de la limitación de una alta opacidad, por lo que se utiliza en estructuras de coronas y prótesis fijas que están recubiertas con material con propiedades de transparencia. Sin embargo, en estas modificaciones, el astillado y la fractura relacionados con tensiones térmicas residuales generadas por el proceso de fabricación son las principales limitaciones técnicas reportadas.

Para mejorar la translucidez de la zircona, se están haciendo esfuerzos para modificarla y estabilizarla con itria, donde la translucidez se puede controlar mediante la temperatura de sinterización y el contenido del óxido.

Se desarrollaron digitalmente discos de dimensiones específicas (D-15 mm x E-0,1 mm) utilizando un software de diseño asistido por computadora (CAD-CAM). Posteriormente, se fresaron varios discos de cada material de zirconia disponible comercialmente (UTML, STML y UTML) de un sistema de zirconio multicapa (Katana™; Kuraray Noritake) y se sinterizaron en condiciones seleccionadas con base en el análisis de la literatura. El análisis de color de las muestras se revisó utilizando un espectrofotómetro dental utilizando el sistema de color CIE L*a*b*. Se ha demostrado que cuanto mayor sea el contenido de óxido de itria y la temperatura de sinterización, mayor será el contenido de estructura cubica y mejor será la translucidez.

La caracterización de la microestructura se realizó con SEM sobre probetas de Zr grabadas térmicamente a 1200°C, utilizando velocidad de curado y enfriamiento de 10°C/min. El tamaño de grano promedio se medió con las micrografías de 10000x utilizando el método lineal de intercepción en el software ImageTool. La microestructura de los

materiales de zirconio se obtuvo por micrografía. Se identificó la relación entre el contenido de modificador y la fase cristalográfica con el tamaño de grano, de acuerdo con el método de intersección lineal existe una relación entre la modificación y el tamaño de grano reportado. Hasta el momento se puede afirmar que la translucidez obtenida gracias a la concentración de óxido de itria utilizada es beneficiosa para la potencial aplicación de estos materiales en restauración dental y tratamiento de restauración protésico simplificado.

b) Objetivos.

Objetivo general propuesto.

Determinar las propiedades químicas, ópticas y estructurales de sistemas de óxido de zirconia multicapa modificados con óxido de itria a diversas concentraciones, con la finalidad de validar su potencial aplicación en la restauración y tratamiento de casos clínicos odontológicos.

Objetivos específicos

• Determinar las condiciones de sinterización de tres diferentes tipos de óxido de zirconia con óxido de itria como modificador de propiedades fisicoquímicas.

• Caracterizar los materiales obtenido por SEM-EDS, DRX, color y tamaño de grano.

• Comparar las propiedades de los materiales sinterizados con los encontrados en la bibliografía en diferentes casos de estudio.

c) Metas.

• Sinterizar varios lotes de óxido de zirconia/óxido de itrio, con las propiedades ópticas y estructurales adecuadas, que cumpla con las características requeridas para uso en odontología, a esta actividad está asociada una estudiante de Residencia comprometida como entregable.

• Caracterizar los cerámicos obtenidos de tal modo que permita establecer un comparativo con diferentes casos de estudio, los resultados obtenidos se presentaron en un Congreso, lo que permitió generar una Memoria en extenso.

• Desarrollar una base de datos con la información de caracterización de los cerámicos y el análisis bibliográfico que permita establecer un comparativo, los resultados obtenidos se presentaron en un Congreso, lo que permitió generar una Memoria en extenso.

• Enviar los resultados obtenidos a una revista arbitrada para su publicación.

• Generar una participación en congreso de divulgación y/o Difusión.

En todos los casos se anexan los comprobantes de las metas cumplidas (Anexos).

d) Desarrollo y resultados del proyecto.

INFORME FINAL DE PERIODO SABÁTICO

INTRODUCCIÓN.

Entre los materiales de restauración y tratamiento protésico, la zirconia ha ganado considerable importancia gracias a su alta resistencia a la fractura, su baja conductividad térmica y su estética potencialmente adecuada en restauraciones Metal Free, a pesar del bajo esmalte. La unión adhesiva entre el esmalte y el material restaurativo es un factor determinante en la longevidad clínica de las restauraciones; su degradación con el paso del tiempo causa la acumulación de fracturas microscópicas en la interfase híbrida, que se extienden durante los ciclos de masticación. Como respuesta a esta problemática, en años recientes se ha venido trabajando en el desarrollo de sistemas de adhesión multicapa, utilizando una amplia capa de un material altamente resistente y otra de un material más estético, con el fin de armonizar los aspectos clínicos y biomecánicos de la restauración. El uso de la zirconia en odontología ha abierto nuevas posibilidades en el campo de la restauración dental. Gracias a sus propiedades superiores, como su resistencia a la fractura y su baja conductividad térmica, la zirconia se ha convertido en un material altamente solicitado. Además, su apariencia estética potencialmente adecuada en restauraciones Metal Free la hace aún más atractiva para su uso en la clínica dental.

Uno de los desafíos a los que se enfrenta la odontología es la degradación de la unión adhesiva entre el esmalte y el material restaurativo. A lo largo del tiempo, esta unión puede debilitarse, lo que lleva a la acumulación de fracturas microscópicas en la interfase híbrida. Estas fracturas se agravan durante los ciclos de masticación, lo que puede comprometer la longevidad de las restauraciones dentales. Para abordar esta problemática, se ha trabajado en el desarrollo de sistemas de adhesión multicapa. Estos sistemas utilizan una amplia capa de un material altamente resistente, como la zirconia, combinada con otra capa de un material más estético. Esta combinación busca armonizar tanto los aspectos clínicos como los biomecánicos de las restauraciones dentales.

La adopción de sistemas de adhesión multicapa ha demostrado ser prometedora en la mejora de la longevidad clínica de las restauraciones dentales. Al utilizar una capa de zirconia altamente resistente en combinación con un material más estético, se logra mantener la resistencia mientras se mejora la apariencia estética de la restauración dental.
A lo largo de los últimos años, las zirconias han ganado un notable reconocimiento en los materiales dentales. La introducción de un sencillo proceso de conformación, y la durabilidad reconocida clínicamente de los materiales, libres de fracturas, han acelerado su adopción. Estos materiales destacan por su alta dureza y resistencia a la flexión. Además, su color "no poroso" y excelente capacidad de translucidez, mejorada al ser pulidos, son notables. Las zirconias, estabilizadas parcialmente con yttria y con estructura tetragonal, se utilizan en medicina desde mediados de los 90.

Cuando la zirconia está totalmente estabilizada en su volumen, puede soportar las tensiones del sustrato sin fracturarse en su capa. Este comportamiento se conoce como tenacidad, gracias a la fase tetragonal que transforma energía elástica aumentando el volumen y reduciendo tensiones. Esta propiedad pseudoelástica es muy dependiente de la concentración de células en la Y-TZP. Esto fue aún más evidente cuando la industria cerámica incrementó su dureza, a menudo comprometiendo su tenacidad. Este

fenómeno es menos pronunciado en las zirconias nano-sinterizadas, donde esta dispersión es notablemente reducida.

En resumen, la zirconia ha ganado importancia en la odontología debido a sus propiedades superiores. La degradación de la unión adhesiva entre el esmalte y el material restaurativo es un desafío que se ha abordado mediante el desarrollo de sistemas de adhesión multicapa. Estos sistemas buscan armonizar los aspectos clínicos y biomecánicos de las restauraciones dentales, utilizando una capa de zirconia altamente resistente en combinación con un material más estético.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Materiales

Los sistemas de zirconia multicapa empleados, fueron los disponibles comercialmente de la casa comercial Katana™; Kuraray Noritake (figura 1), el resto de los materiales y reactivos (disolventes), ya se encontraban disponibles en la Facultad de Odontología-UAT. En la tabla 1 se enumeran los tres sistemas adquiridos para este estudio.



Figura 1. Lotes comerciales de zirconia multicapa de Katana™; Kuraray Noritake.

Tabla 1. Nomenclatura de los sistemas de zirconia multicapa empleados

Clave	Nomenclatura
UTML	Zirconia Ultra Translucent Multi Layered
STML	Zirconia Super Translucent Multi Layered
HTML	Zirconia High Translucent Multi Layered

Capacitación para manejo de equipo CAD-CAM.

Se realizaron prácticas de laboratorio, para conocer los equipos y familiarizarse con ellos, específicamente el CAD-CAM.

En el caso de restauraciones dentales, se aplica a la fabricación de las prótesis, sustituyendo, por ejemplo, el colado del metal por procesos realizados por máquinas de control numérico, consiguiendo así una gran precisión, funcionalidad y acabado estético. En este caso se elaboraron discos probeta para pruebas de sinterizado y modificación con óxido de itria.

Hay que tener en cuenta ciertas características de los potenciales materiales que se pueden usar, los que deben ser de alto rendimiento para

máximas exigencias de elaboración y precisión. Parámetros de trabajo individuales. Compatibilidad ilimitada con las unidades de tallado. Los materiales de zirconia según la bibliografía son óptimamente compatibles con el proceso de tallado para obtener restauraciones de alta calidad, por lo que se usaron para la generación de los discos de prueba. Se realizo la siguiente secuencia de pasos para la obtención de los materiales, hay que hacer notar que la secuencia es también válida para la fabricación de piezas dentales mostrada en la figura 2.

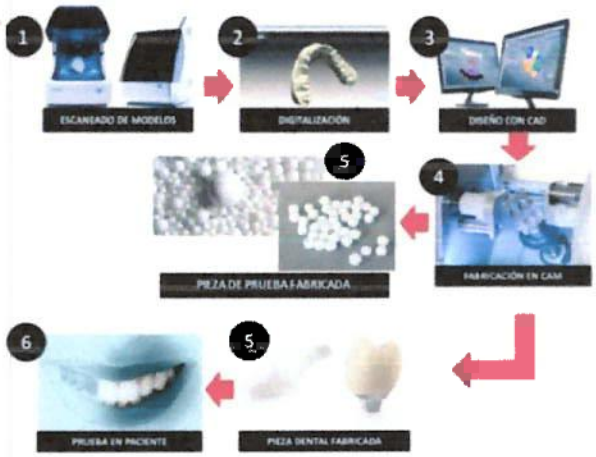


Figura 2. Secuencia de pasos para la fabricación de las muestras.

Sinterización y manufactura de discos

Se diseñaron muestras en forma de disco de múltiples capas (15 mm de diámetro y 1,0 mm de espesor) mediante el software DentalCAD 3.0 Galway. Posteriormente, se fresaron 12 muestras para cada material de zirconia (UTML, STML y HTML) a partir de discos pre-sinterizados (98 mm x 18 mm) utilizando una fresadora (350i times- icore® GmbH). Las muestras se retiraron de los discos de zirconia con la ayuda de un micro-motor utilizando una fresa de diamante y se sinterizaron siguiendo las instrucciones de la tabla 2.

Tabla 2. Condiciones de sinterización y propiedades mecánicas de los sistemas de zirconia multicapa.

Clave	Incrementos de Temperatura [=] °C/min	Temperatura limite [=] °C*	Decrementos de Temperatura [=] °C/min	Resistencia a la flexión [=] MPa
UTML	10	1550	10	557
STML	10	1550	10	748
HTML	10	1500	10	1125

*Por 2 horas de proceso

Después de eso, todas las muestras se pulieron con discos de caucho (Eve Diapol®) utilizando un micromotor de baja velocidad (Schick GmbH) con una velocidad de 10,000 rpm. Las muestras se pulieron en una dirección durante 30 segundos, se rotaron 90° y se pulieron durante otros 30 segundos. El sistema de pulido consta de 2 pasos mediante 2 discos de goma diferentes granos. Se realizó un pulido completo de un minuto para cada muestra.

Posteriormente las muestras fueron limpiadas en ultrasonido con agua destilada durante 10 min.

Análisis microestructural y tamaño de grano

La caracterización de la microestructura se realizó mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) sobre probetas de zirconia previamente grabadas térmicamente a 1200°C durante 1 hora, utilizando una velocidad de curación y enfriamiento de 10°C/min. El tamaño de grano promedio se midió en micrografías SEM con aumentos de 10 000x utilizando el método lineal de intersección en el software ImageTool.

Análisis y evaluación de la coloración

La medición del color de las muestras se realizó mediante el sistema de análisis de color con la ecuación CIE L*a*b*, empleando un espectrofotómetro dental (VITA Easyshade Advance 4.0; VITA Zahnfabrik). Antes de las mediciones experimentales, el espectrofotómetro fue calibrado en modo automático y validado sobre una superficie blanca. Las muestras se colocaron sobre un fondo gris neutro y posteriormente se posicionó la punta del espectrofotómetro dental en el tercio superior, medio e inferior de la superficie pulida de la muestra. Se registraron tres mediciones por cada tercio para obtener los promedios de los valores L* a* y b*. En el ecuación de color, L* indica luminosidad, la coordenada a* representa el rango de verde a rojo y la coordenada b* representa el rango de azul a amarillo. Las diferencias de color se calcularon utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta E = ([L1 - L2]^2 + [a1 - a2]^2 + [b1 - b2]^2)^{\frac{1}{2}}$$

Identificación de fases

La distribución de la fase cristalina se analizó mediante rayos X utilizando un difractómero (difractómetro X'Pert Pro; PANalytical B.V.) con radiación CuKα generada a 40 kV y 30 mA. Los patrones XRD se registran en un rango de 2θ entre 20° y 80° con un tamaño de paso de 0,02° en un intervalo de paso de 3 segundos.

RESULTADOS

Se presentan los resultados entregados en el reporte intermedio de forma resumida, además de los obtenidos en la segunda parte del sabático.

Capacitación para manejo de equipo CAD-CAM.

La tecnología CAD (Computer-aided design) - CAM (computer-aided manufacturing) consiste en la utilización de ordenadores y tecnologías de cálculo a lo largo del proceso de fabricación, desde la planificación hasta la producción y el control de calidad. En el caso de restauraciones dentales, se aplica a la fabricación de las prótesis, sustituyendo, por ejemplo, el colado del metal por procesos realizados por máquinas de control numérico, consiguiendo así una gran precisión, funcionalidad y acabado estético. En este caso se elaboraron discos probeta para pruebas de sinterizado y modificación con óxido de itria (figura 2).

Sinterización

Para la creación de las piezas de prueba se llevo a cabo el proceso de sinterización a las condiciones descritas en la metodología partiendo del

espécimen diseñado en DentalCAD 3.0 Galway. Esta fundición se realiza con un láser de gran precisión que funde el material hasta obtener, capa a capa, la pieza final.

Las capas obtenidas son de gran complejidad y detalle (figura 3), por lo que el sinterizado permitió reproducir los ángulos y zonas más exigentes, ya sea por su morfología curvada o por los requerimientos especiales que se tuvieron en la elaboración de la pieza.

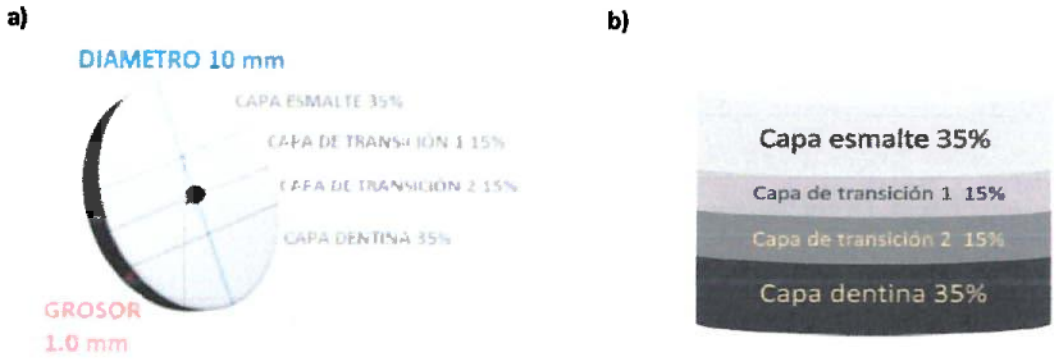


Figura 3. a) Capas de un segmento de muestra de zirconia, b) Esquema del gradiente del disco de zirconia multicapa.

Composición

El contenido de óxido de itria fue diferente entre los materiales de zirconia. UTML mostró el contenido de itria más alto, 12.30 % en peso, STML tuvo 10.18 % en peso y HTML tuvo el contenido más bajo, 7.18 % en peso (Figura 4).

En el tabla 3, se reportan los valores de porcentaje composicional, obtenidos por EDX, de los diferentes lotes de zirconia multicapa que se evaluaron, se observa que el contenido de itria va decayendo con el incremento de zirconia presente en la muestra, esto provee un mayor contenido de fase cubica en la pieza, un acomodo tal que permite piezas con cualidades mecánicas y estéticas compatibles.

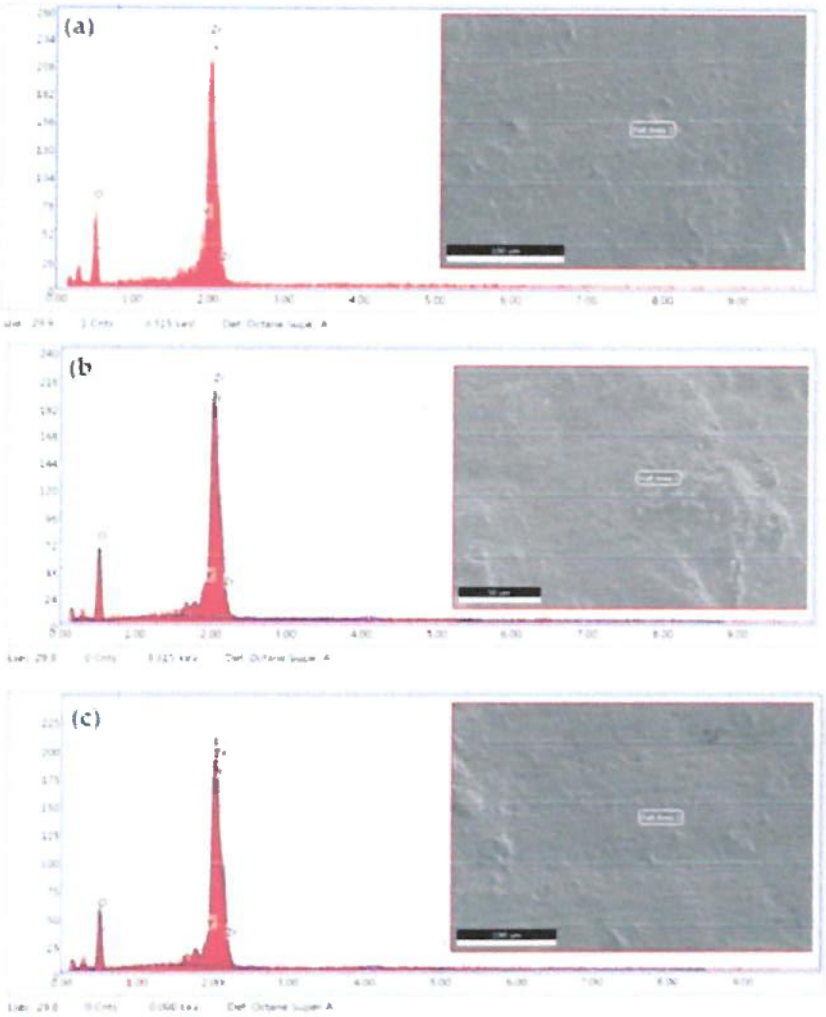


Figura 4. Comparación estructural del contenido porcentual de itria (% peso) en los tres lotes de material de zirconia a) UTML, b) STML y c) HTML.

Tabla 3. Comparación del contenido de itria (wt %) en los materiales de zirconia multicapa

Lote	Elemento	% peso	% atómico	Net. Int.	% error
UTML	Y 2O3	12.30	7.11	18.66	9.43
	Zr O2	87.70	92.89	122.44	4.62
STML	Y 2O3	10.18	5.82	14.58	12.37
	Zr O2	89.82	94.18	118.90	4.45
HTML	Y 2O3	7.18	4.05	9.92	15.76
	Zr O2	92.82	95.95	119.11	4.28

Microestructura y tamaño de grano

En la figura 5 se muestran micrografías representativas de los 3 lotes de zirconia empleados. No se observó porosidad en ninguna de las micrografías. Las microestructuras están en concordancia con los contenidos de itria y fase cúbica, con la muestra UTML con el tamaño de

grano más grandes y HTML los más pequeños. El tamaño de grano promedio determinado por el método de intercepción lineal confirmó estas observaciones, UTML, 4.30 ± 0.85 µm, STML, 2.80 ± 0.17 µm y HTML, 0.63 ± 0.03 µm, que coinciden con los reportados por algunos autores. Otro detalle observable en la micrografía es la alta dispersión en el tamaño de grano de la muestra UTML, que presenta tamaños variados lo que produce una alta desviación en los resultados (desviación estándar). En contraste, HTML que es más homogénea y se observa una desviación estándar menor, lo que se refiere a una distribución de tamaño de grano más estrecha.

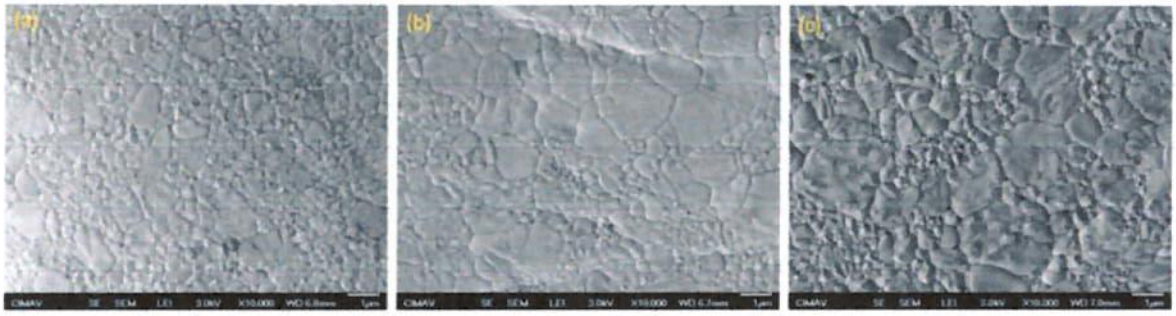


Figura 5. Micrografías FE-SEM representativas de los lotes de materiales de zirconia estudiados a) UTML, b) STML y c) HTML.

Análisis y evaluación de la coloración

Se presenta los resultados del análisis de los materiales de zirconio (UTML, STML y HTML) y las diferentes secciones (tercios superior, medio e inferior) usando la ecuación de análisis de color CIE L*, a*, b* (tabla 4). Se demostró con evidencia suficiente que el valor L* presentó un aumento significativo en el tercio superior respecto al tercio medio e inferior ($p<0.001$). Asimismo, se observaron diferencias significativas entre los tercios respecto a los valores de a* y b*. Es importante mencionar que las discrepancias observadas entre los tercios analizados con respecto a los valores de L*, a* y b* fueron similares en las zirconias (UTML, STML y HTML). Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los materiales de zirconio ($p>0,05$).

Tabla 4. Valores promedio obtenidos para la ecuación CIE L*a*b*.

	Tercios	zirconio UTML	zirconio STML	zirconio HTML
L	Superior	97.7±5.2	96.9±5.7	96.4±4.7
	Medio	91.6±4.8	90.5±5.9	90.1±3.4
	Inferior	90.2±4.7	90.2±3.6	89.8±2.1
a	Superior	1.0±0.2	0.9±0.2	1.0±0.2
	Medio	1.4±0.3	1.4±0.3	1.4±0.2
	Inferior	1.9±0.3	1.8±0.4	1.8±0.4
b	Superior	26.8±2.9	26.6±2.7	27.1±2.6
	Medio	31.5±3.0	31±2.8	31.7±2.9
	Inferior	36.4±3.4	36.1±3.1	36.5±3.3

Se implementó la ecuación para ΔE, para identificar discrepancias de color clínicamente visibles. El punto de percepción clínicamente visible comienza en parte del valor ΔE = 3.7, por lo tanto, observamos una diferencia en el color entre los tercios de todos los materiales de zirconio (Figura 6a). Sin embargo, en el contraste de color entre los materiales de zirconio (UTML, STML y HTML), las discrepancias de color no son clínicamente perceptibles (figura 6b).

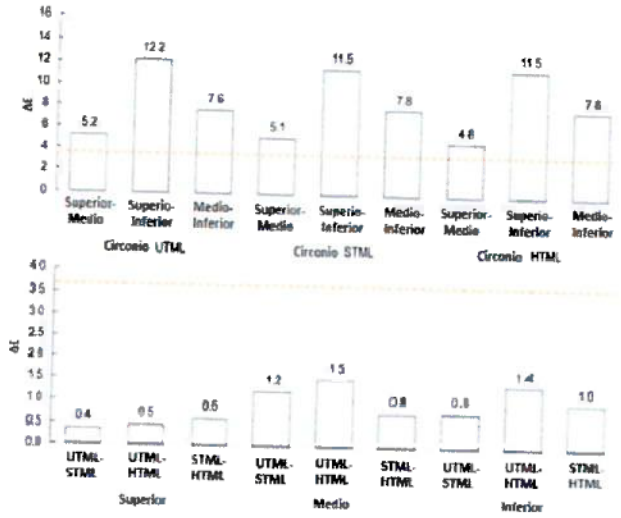


Figura 6. a) Percepción del color clínicamente visible entre tercios de cada tipo de zirconio. b) Percepción del color clínicamente visible entre los materiales de zirconio. Línea punteada valor ΔE = 3.7.

Análisis de fases

En el reporte intermedio se informo que los tres materiales de zirconia de los sistemas estudiados (Katana™, Kuraray) presentan diferentes niveles de translucidez y resistencia debido a las concentraciones de óxido de itrio. En la figura 7, se observan los diferentes lotes de zirconia modificada con itrio analizados, se analiza el contenido de óxido de itrio, lo que da como resultado un mayor contenido de fase cúbica, en función de la cantidad molar de oxido de itrio, esto a su vez se demostró conduce a un tamaño de grano mayor y una reducción de la dispersión de la luz en el límite del grano.

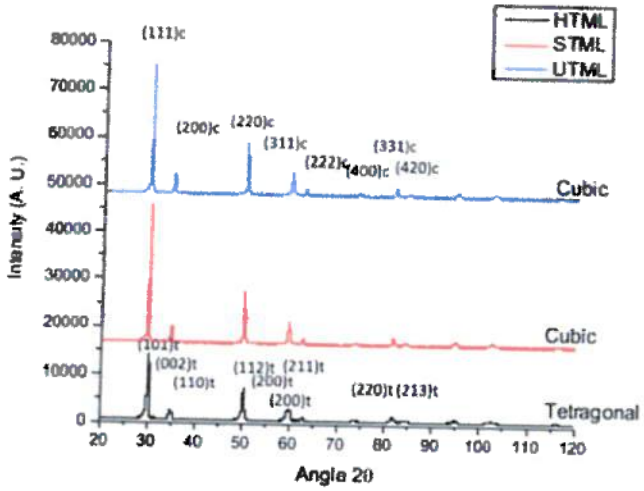


Figura 7. Patrones de difracción de rayos X (DRX) para cada lote de zirconia investigado

Al aumentar la cantidad de óxido de itrio de 3 a 5% mol, el contenido de fase cúbica aumenta, esto provoca un tamaño de grano mayor que reducirá la dispersión de la luz en el límite del grano.

e) Conclusiones/Observaciones

Con los resultados obtenidos es posible establecer las siguientes conclusiones/observaciones.

- La variación del contenido de itria que se presenta en los materiales de zirconia del sistema de zirconia multicapa (Katana™; Kuraray Noritake) no genera una discrepancia de color perceptible.
- El sistema de zirconia multicapa (Katana™; Kuraray Noritake) presenta una superficie policromática perceptible como el gradiente natural del color del diente.
- El contenido de itrio y las características microestructurales fueron consistentes con reportes bibliográficos e información del fabricante, mostrando que ZUT tiene el contenido de ytrio más alto mientras que ZHT, el contenido más bajo.
- A pesar de observar esta similitud entre los estudios, se obtuvieron algunas discrepancias entre los valores específicos del contenido de itrio, pero esto se debe a las diferentes técnicas utilizadas para su medición.
- Asimismo, los resultados del presente estudio son consistentes con otras investigaciones publicadas que respaldan la alternativa de implementar el sistema completo de zirconio multicapa (KatanaTM, Kuraray) en restauraciones totales realizadas mediante un flujo de trabajo digital.

2. Objetivo del Proyecto.

- Determinar las condiciones de sinterización de tres diferentes tipos de óxido de zirconia con óxido de itria como modificador de propiedades fisicoquímicas.
- Caracterizar los materiales obtenido por SEM-EDS, DRX, color y tamaño de grano.
- Comparar las propiedades de los materiales sinterizados con los encontrados en la bibliografía en diferentes casos de estudio.

3. Cumplimiento de Metas

Metas cuantificables	Cantidad programada	Cantidad lograda	Observaciones
Estudiantes con residencia concluida	1	1	
Artículos científicos en revistas arbitradas enviados	1	1	
Artículos de divulgación enviados	1	1	
Memorias en extenso en congresos	1	2	

Estudiantes residentes participantes en el proyecto	1
Fecha	Nombre de los estudiantes residentes, nombre del proyecto de residencia y su Programa Educativo
19/02/2024 al 12/07/2024	**Luna Cueto Alina Rosario** Determinación de las propiedades fisicoquímicas de sistemas de zirconia multicapa / óxido de itria. Ingeniería Química.

Artículos científicos publicados o enviados en revistas arbitradas	1
Fecha	Nombre del artículo y acuse de envío
10/05/2024	"Microstructural and grain size analysis of zirconium materials for dental prostheses restoration" Nohra Violeta Gallardo-Rivas, Jorge Humberto Luna-Dominguez, Ana María Mendoza-Martínez. Journal of Engineering Research, Vol. 4 (13), 2024. Se anexa copia del artículo publicado.

Artículos de divulgación enviados	1
Fecha	Nombre del artículo y acuse de envío
10/05/2024	"Análisis estructural de discos de zirconia/itrio para aplicaciones odontológicas" Nohra Violeta Gallardo-Rivas, Jorge Humberto Luna-Dominguez, Ana María Mendoza-Martínez. Transversalidad Científica y Tecnológica, Vol. 8 (1), (2024). Pp. 1-7. Se anexa copia del artículo y de la carta de aceptación del mismo.

Memorias en extenso en congresos	2
Fecha	Nombre y memoria del Congreso
26-27 de febrero de 2024	"Análisis Microestructural y Tamaño de Grano de Materiales de Zirconio para Restauración de Prótesis Dentales" Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Los Mochis 2024, Conectando Mentes, Innovando Horizontes.
11-13 de marzo de 2024	"Análisis de la coloración de materiales de zirconio modificado con óxido de itrio para

	tratamiento protésico" 16° Congreso Internacional de la Academia Mexicana Multidisciplinaria A.C

4. Metodología.

Los sistemas de zirconia multicapa empleados, fueron los disponibles comercialmente de la casa comercial Katana™; Kuraray Noritake, Zirconia Ultra Translucent Multi Layered (UTML), Super Translucent Multi Layered (STML) y High Translucent Multi Layered (HTML), el resto de los materiales y reactivos, fueron los disponibles en el laboratorio de la Facultad de Odontología-UAT.

Se realizaron prácticas de laboratorio, con el equipo CAD-CAM. Para este proyecto, se aplica en la fabricación de las prótesis, consiguiendo así una gran precisión, funcionalidad y acabado estético. En este caso se elaboraron discos probeta para pruebas de sinterizado y modificación con óxido de itria. En este trabajo se probaron materiales de zirconia que establecía la bibliografía son óptimamente compatibles con el proceso de tallado para obtener restauraciones de alta calidad, por lo que se usaron para la generación de los discos de prueba. La secuencia para la obtención de las piezas abarco, la elaboración de los modelos, digitalización, rediseño con CAD, impresión y/o fabricación con CAM, análisis de piezas fabricadas, pruebas de caracterización.

Se diseñaron muestras en forma de disco de múltiples capas (15 mm de diámetro y 1,0 mm de espesor) mediante el software DentalCAD 3.0 Galway. Posteriormente, se fresaron 12 muestras para cada material de zirconia (UTML, STML y HTML) a partir de discos pre-sinterizados (98 mm x 18 mm) utilizando una fresadora (350i times- icore® GmbH). Las muestras se retiraron de los discos de zirconia con la ayuda de un micro-motor utilizando una fresa de diamante y se sinterizaron a diferentes condiciones. Después de eso, todas las muestras se pulieron con discos de caucho (Eve Diapol®) utilizando un micromotor de baja velocidad (Schick GmbH) con una velocidad de 10,000 rpm. Posteriormente se pulieron en una dirección durante 30 segundos, se rotaron 90° y se pulieron durante otros 30 segundos. El sistema de pulido consta de 2 pasos mediante 2 discos de goma de diferentes granos. Se realizó un pulido completo de un minuto para cada muestra. Posteriormente las muestras fueron limpiadas en ultrasonido con agua destilada durante 10 min.

La caracterización de la microestructura se realizó mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) sobre probetas de zirconia previamente grabadas térmicamente a 1200°C durante 1 hora, utilizando una velocidad de curación y enfriamiento de 10°C/min. El tamaño de grano promedio se midió en micrografías SEM con aumentos de 10 000x utilizando el método lineal de intersección en el software ImageTool.

La medición del color de las muestras se realizó mediante el sistema de análisis de color con la ecuación CIE L*a*b*, empleando un espectrofotómetro dental (VITA Easyshade Advance 4.0; VITA Zahnfabrik). Antes de las mediciones experimentales, el espectrofotómetro fue calibrado en modo automático y validado sobre una superficie blanca. Las muestras se colocaron sobre un fondo gris neutro y posteriormente se posicionó la punta del espectrofotómetro dental en el tercio superior, medio e inferior de la superficie pulida de la muestra. Se registraron tres mediciones por cada tercio para obtener los promedios de los valores L*, a* y b*. En el

ecuación de color, L* indica luminosidad, la coordenada a* representa el rango de verde a rojo y la coordenada b* representa el rango de azul a amarillo. Las diferencias de color se calcularon utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta E = ([L1 - L2]^2 + [a1 - a2]^2 + [b1 - b2]^2)^{\frac{1}{2}}$$

Con esta información se realiza un análisis estadístico de las desviaciones de color de las muestras frente al blanco.

La distribución de la fase cristalina se analizó mediante rayos X utilizando un difractómero (difractómetro X'Pert Pro; PANalytical B.V.) con radiación CuKα generada a 40 kV y 30 mA. Los patrones XRD se registran en un rango de 2θ entre 20° y 80° con un tamaño de paso de 0,02° en un intervalo de paso de 3 segundos.

En todos los casos, las mediciones se realizaron por triplicado. La elección de las pruebas y el diseño experimental se realizó de acuerdo con la revisión bibliográfica.

5. Difusión.

Los resultados obtenidos se enviaron para su publicación en una revista arbitrada, de igual modo se presentó la propuesta para una artículo de divulgación, así como también se presentaron en dos congresos, lo que derivó en la generación de dos Memorias en extenso; Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Los Mochis 2024 y 16° Congreso Internacional de la Academia Mexicana Multidisciplinaria A.C

6. Beneficios y Problemas

Se desarrolló el proyecto en colaboración con otros grupos de investigación de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), esto permitió, además de estrechar la vinculación con los investigadores de la misma, generar nuevas propuestas de colaboración y proyectos a futuro, que nos permitirán generar nuevas líneas de trabajo e investigación, que beneficien a nuestros alumnos y profesores.

El principal problema es el tiempo, debido a que se requiere, para el desarrollo de proyectos de investigación experimentales, la adquisición de reactivos y materiales especiales que muchas veces demoran hasta tres meses, si bien se contaba con material en existencia, esto no eximio de realizar el proceso de cotización y adquisición de los mismos, otro punto son los equipos para análisis y caracterización de materiales, se tenía acceso a los equipos básicos y principales para la investigación, sin embargo había necesidad de otros que desgraciadamente no estaban disponibles ni en la UAT ni el ITCM, sin embargo fue posible establecer relaciones con otras instituciones, que nos permitieran realizar las pruebas y análisis para llevar el proyecto a término.

7. Información adicional

Se anexan las evidencias de las metas alcanzadas, por lo que se adjunta la siguiente documentación:
1. Reporte de Turnitin

2. Documentación de la estudiante de residencias profesionales concluidas, carta de aceptación y terminación, así como los respectivos reportes de evaluación de la residencia (3).
3. Artículo indexado publicado en la revista Journal of Engineering Research.
4. Artículo arbitrado aceptado para su publicación en la revista Transversalidad Científica y Tecnológica.
5. Extenso del trabajo presentado el Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Los Mochis 2024", el 26-27 de febrero de 2024.
6. Extenso del trabajo presentado el "16° Congreso Internacional de la Academia Mexicana Multidisciplinaria A.C", el 11 al 13 de marzo de 2024.
7. Carta de Terminación expedida por la Institución receptora.

Subdirector Académico	Docente
M.C. Angélica Uvalle Berrones	Dra. Nohra Violeta Gallardo Rivas

Ciudad Madero, Tamaulipas, 29/Febrero/2024

OFICIO No.: U10.007/2024
ASUNTO: Aceptación residencias profesionales

C. CAROLINA CONTRERAS ÁLVAREZ
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN DEL ITCM
P R E S E N T E

AT´N: JOSÉ EDUARDO ORTÍZ SOSA
Jefe de oficina de Residencias Profesionales

Por este conducto le informo que la **C. ALINA ROSARIO LUNA CUETO**, con número de control **19071060**, alumna de la carrera de Ingeniería Química que se imparte en este Instituto, ha sido **ACEPTADO** para realizar su Residencia Profesional, en el periodo comprendido **del 19 de Febrero al 12 de Julio del año en curso**, con un horario de **Lunes a Viernes de 08:00 a 16:00 hrs.**, obteniendo un total de 608 horas.

El **C. Luna Cueto** realizará actividades de apoyo al proyecto de investigación:

""DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE SISTEMAS DE ZIRCONIA MULTICAPA / ÓXIDO DE ITRIO"

Bajo la supervisión de la **Dra. Nohra Violeta Gallardo Rivas** profesora-investigadora a cargo del proyecto.

Sin otro particular, le envío un afectuoso saludo.

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica®
"Por mi patria y por mi bien" ®

MARCO ANTONIO CORONEL GARCÍA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

c.c.p.- Archivo
MACG

Ciudad Madero, Tamaulipas, 12/agosto/2024

OFICIO No.: U10.053/2024
ASUNTO: Terminación de residencias

CAROLINA CONTRERAS ALVAREZ
JEFA DE DEPARTAMENTO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA
Y VINCULACIÓN DEL I. T. C. M.
P R E S E N T E

AT´N: JOSÉ EDUARDO ORTÍZ SOSA
Jefe de oficina de Residencias Profesionales

Por este conducto le informo que la **C. ALINA ROSARIO LUNA CUETO**, con número de control **19071060**, alumno de la carrera de Ingeniería Química que se imparte en este Instituto, ha terminado satisfactoriamente las Residencias Profesionales que realizo en esta División, en el periodo comprendido **del 19 de Febrero al 12 de Julio del año en curso**, cumpliendo con un total de 608 horas, en el horario de Lunes a Viernes de 08:00 a 16:00 hrs., desempeñando actividades concernientes al proyecto.

"DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE SISTEMAS DE ZIRCONIA MULTICAPA / ÓXIDO DE ITRIO"

Bajo la supervisión de la **Dra. Nohra Violeta Gallardo Rivas** profesora-investigadora a cargo del proyecto.

Sin otro particular, le envío un afectuoso saludo.

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica®
"Por mi patria y por mi bien" ®

MARCO ANTONIO CORONEL GARCÍA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

c.c.p.- Archivo

MACG

	Nombre del Documento: Formato para Autorización del Anteproyecto de Residencias Profesional.	CODIGO: FR-G-ITCM-7.5.1-16
		Revisión: 0
	Referencia a la Norma ISO 9001:2008 7.5.1	Página 1 de 1

Cd. Madero, Tamaulipas, a 05 de Marzo de 2024

DEPTO: **INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOQUÍMICA**
No. OFICIO: **O.A046/2024**
ASUNTO: **AUTORIZACIÓN DE ANTEPROYECTO DE RESIDENCIAS PROFESIONALES**

C. ALINA ROSARIO LUNA CUETO
NO. DE CONTROL: 19071060
ALUMNO DEL I.T. DE CIUDAD MADERO
P R E S E N T E.

Por este conducto comunico a usted la autorización del anteproyecto de Residencias Profesionales, que a continuación se describe:

Carrera:	INGENIERÍA QUÍMICA
Nombre del Proyecto:	Determinación de las propiedades fisicoquímicas de sistemas de zirconia multicapa / oxido de itrio
Periodo Realización:	Del 19 de Febrero al 12 de Julio del 2024.
Horario:	de 08 a 16 Horas.
Empresa:	TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO/INSTITUTO TECNOLOGICO DE CIUDAD MADERO
Asesor Externo:	DRA. NOHRA VIOLETA GALLARDO RIVAS
Asesor Interno:	DRA SILVIA BEATRIZ BRACHETTI SIBAJA

Así mismo, le comunico que deberá realizar su Residencia Profesional en la empresa y durante las fechas establecidas, cubriendo un mínimo de 500 horas.

Con la seguridad de contar con su buen desempeño en las actividades conferidas por la empresa para mantener en alto el prestigio de nuestra Institución.

A T E N T A M E N T E
EXCELENCIA EN EDUCACIÓN TECNOLÓGICA®
"POR MI PATRIA Y POR MI BIEN"®

ING. PATRICIA MENDOZA GUZMAN
JEFA DEL DEPTO. INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOQUÍMICA

EDUCACIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOQUÍMICA

C.p. Expediente Electrónico
C.p. Expediente

FORMATO DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Nombre del residente: **ALINA ROSARIO LUNA CUETO**
Nombre del proyecto: **Determinación de las propiedades fisicoquímicas de sistemas de zirconia multicapa / oxido de itrio**
No. de control: **19071060** Programa educativo: **INGENIERÍA QUÍMICA**
Nombre del Proyecto: **Determinación de las propiedades fisicoquímicas de sistemas de zirconia multicapa / oxido de itrio**
Periodo de realización de la residencia profesional: **Del 19 de Febrero al 12 de Julio del 2024.**
Calificación Parcial (promedio de ambas evaluaciones): ~100.0 (CIEN PUNTO CERO)

En qué medida el residente cumple con lo siguiente			
	Criterios a evaluar	**Valor**	**Evaluación**
Evaluación por el asesor externo	Asiste puntualmente en el horario establecido	5	5
	Trabaja en equipo y se comunica de forma efectiva (oral y escrita)	10	10
	Tiene iniciativa para colaborar	5	5
	Propone mejoras al proyecto	10	10
	Cumple con los objetivos correspondientes al proyecto	15	15
	Es ordenado y cumple satisfactoriamente con las actividades encomendadas en los tiempos establecidos del cronograma	15	15
	Demuestra liderazgo en su actuar	10	10
	Demuestra conocimiento en el área de su especialidad	20	20
	Demuestra un comportamiento ético (es disciplinado, acata órdenes, respeta a sus compañeros de trabajo, entre otros)	10	10
	Calificación total	100	100

Observaciones:

Nohra Violeta Gallardo Rivas Nombre y firma del asesor externo	Sello de la empresa, organismo o institución	15 de abril de 2024 Fecha de Evaluación

EDUCACIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

En qué medida el residente cumple con lo siguiente			
	Criterios a evaluar	**Valor**	**Evaluación**
Evaluación por el asesor interno	Asistió puntualmente a las reuniones de asesoría	10	10
	Demuestra conocimiento en el área de su especialidad	20	20
	Trabaja en equipo y se comunica de forma efectiva (oral y escrita)	15	15
	Es dedicado y proactivo en las actividades encomendadas	20	20
	Es ordenado y cumple satisfactoriamente con las actividades encomendadas en los tiempos establecidos en el cronograma	20	20
	Propone mejoras al proyecto	15	15
	Calificación total	100	100

Observaciones:

Silvia Beatriz Bracchetti Sibaja Nombre y firma del asesor interno	Sello de la Institución	15 de abril de 2024 Fecha de Evaluación

EDUCACIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FORMATO DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Nombre del residente: **ALINA ROSARIO LUNA CUETO**
Nombre del proyecto: **Determinación de las propiedades fisicoquímicas de sistemas de zirconia multicapa / oxido de itrio**
No. de control: **19071060** Programa educativo: **INGENIERÍA QUÍMICA**
Nombre del Proyecto: **Determinación de las propiedades fisicoquímicas de sistemas de zirconia multicapa / oxido de itrio**
Periodo de realización de la residencia profesional: **Del 19 de Febrero al 12 de Julio del 2024.**
Calificación Parcial (promedio de ambas evaluaciones):

En qué medida el residente cumple con lo siguiente			
	Criterios a evaluar	**Valor**	**Evaluación**
Evaluación por el asesor externo	Asiste puntualmente en el horario establecido	5	5
	Trabaja en equipo y se comunica de forma efectiva (oral y escrita)	10	10
	Tiene iniciativa para colaborar	5	5
	Propone mejoras al proyecto	10	10
	Cumple con los objetivos correspondientes al proyecto	15	15
	Es ordenado y cumple satisfactoriamente con las actividades encomendadas en los tiempos establecidos del cronograma	15	15
	Demuestra liderazgo en su actuar	10	10
	Demuestra conocimiento en el área de su especialidad	20	20
	Demuestra un comportamiento ético (es disciplinado, acata órdenes, respeta a sus compañeros de trabajo, entre otros)	10	10
	Calificación total	100	100

Observaciones: Se cumplen las actividades planteadas hasta el momento.

Nohra Vipleta Gallardo R.	EDUCACIÓN — Sello de la institución o dependencia: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO — DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN	23/Mayo/2024
Nombre y firma del asesor externo		Fecha de Evaluación

En qué medida el residente cumple con lo siguiente			
	Criterios a evaluar	**Valor**	**Evaluación**
Evaluación por el asesor interno	Asistió puntualmente a las reuniones de asesoría	10	10
	Demuestra conocimiento en el área de su especialidad	20	20
	Trabaja en equipo y se comunica de forma efectiva (oral y escrita)	15	15
	Es dedicado y proactivo en las actividades encomendadas	20	20
	Es ordenado y cumple satisfactoriamente con las actividades encomendadas en los tiempos establecidos en el cronograma	20	20
	Propone mejoras al proyecto	15	15
	Calificación total	100	100

Observaciones:

Silvia B. Brachetti S.	EDUCACIÓN — Sello de la institución: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO — DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN	24/Mayo/2024
Nombre y firma del asesor interno		Fecha de Evaluación

FORMATO DE EVALUACIÓN DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Nombre del residente: **ALINA ROSARIO LUNA CUETO**
Nombre del proyecto: **Determinación de las propiedades fisicoquímicas de sistemas de zirconia multicapa / oxido de itrio**
No. de control: **19071060** Programa educativo: **INGENIERÍA QUÍMICA**
Periodo de realización de la residencia profesional: **Del 19 de Febrero al 12 de Julio del 2024.**
Calificación Final (promedio de ambas evaluaciones): 100 (CIEN)

Evaluación por el asesor externo

En qué medida el residente cumple con lo siguiente Criterios a evaluar	Valor	Evaluación
Portada.	2	2
Agradecimientos.	2	2
Resumen.	2	2
Índice.	2	2
Introducción.	2	2
Problemas a resolver, priorizándolos.	5	5
Objetivos.	5	5
Justificación.		
Marco teórico (fundamentos teóricos)	10	10
Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.	5	5
Resultados, planos, gráficas, prototipos, manuales, programas, análisis estadísticos, modelos matemáticos, simulaciones, normativas, regulaciones y restricciones, entre otros. Solo para proyectos que por su naturaleza lo requieran: estudio de mercado, estudio técnico y estudio económico.**	45	45
Conclusiones, rec mendaciones y experiencia profesional adquirida.	15	15
Competencias desarrolladas y/o aplicadas.	3	3
Fuentes de información.	2	2
Calificación total	100	100

Observaciones:

Nombre y firma del asesor externo	Sello de la empresa, organismo o dependencia	Fecha de Evaluación
Nohra Violeta Gallardo R.	EDUCACIÓN INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN	1/Agosto/2024

Evaluación por el asesor interno

En qué medida el residente cumple con lo siguiente Criterios a evaluar	Valor	Evaluación
Portada.	2	2
Agradecimientos.	2	2
Resumen.	2	2
Índice.	2	2
Introducción.	2	2
Problemas a resolver, priorizándolos.	5	5
Objetivos.	5	5
Justificación.		
Marco teórico (fundamentos teóricos)	10	10
Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.	5	5
Resultados, planos, gráficas, prototipos, manuales, programas, análisis estadísticos, modelos matemáticos, simulaciones, normativas, regulaciones y restricciones, entre otros. Solo para proyectos que por su naturaleza lo requieran: estudio de mercado, estudio técnico y estudio económico.**	45	45
Conclusiones, rec mendaciones y experiencia profesional adquirida.	15	15
Competencias desarrolladas y/o aplicadas.	3	3
Fuentes de información.	2	2
Calificación total	100	100

Observaciones:

Nombre y firma del asesor interno	Sello de la institución	Fecha de Evaluación
S. Beatriz Brachetti S.	EDUCACIÓN INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN	2/ Agosto/2024

** Considerando los criterios a evaluar que correspondan a cada programa educativo de acuerdo a su modalidad.

EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOQUÍMICA

"POR MI PATRIA Y POR MI BIEN"

REPORTE DE RESIDENCIAS PROFESIONALES

Determinación de las propiedades fisicoquímicas de sistemas de zirconia multicapa / óxido de itrio

Que presenta
Alina Rosario Luna Cueto
No. de Control: 19071060

Asesor externo:
Dra. Nohra Violeta Gallardo Rivas

Asesor interno:
Dra. Silvia Beatriz Brachetti Sibaja

Durante el período
19/FEB/2024 al 12/JUL/2024

Cd. Madero, Tamaulipas
Agosto 2024

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento principalmente a mi asesora la Dra. Nohra Violeta Gallardo Rivas por brindarme su apoyo incondicional, así como compartirme de sus amplios conocimientos. Su confianza en mi capacidad y su ayuda oportuna han sido los pilares de este trabajo.

Así mismo agradezco a mi asesora interna la Dra. Silvia Beatriz Brachetti Sibaja por sus valiosas sugerencias y comentarios que me ayudaron a enriquecer este proyecto.

A mis padres por su apoyo inquebrantable y comprensión no solo a lo largo de la realización de este proyecto si no también en todos mis años de carrera, en especial a mi hermana Jimena Rosario Luna Cueto quien es la persona que me brinda el aliento necesario y mi modelo para seguir adelante en todo lo que me proponga, nuevamente muchas gracias por todo su cariño y apoyo.

Un agradecimiento especial a mi novio por siempre brindarme ayuda y motivación para lograr mis objetivos y principalmente por ser mi motor para no darme por vencida. A mis amigos y compañeros de clase merecen un gran agradecimiento por ser parte de esta importante etapa de mi vida su apoyo emocional y académico fue de vital importancia para llegar a este momento.

Por último, pero no menos importante, agradezco a todas aquellas personas cuyas contribuciones formaron parte de este proyecto han dejado una huella importante aquí.

RESUMEN

La presente investigación se enfocó en comprender las propiedades fisicoquímicas de sistemas de zirconia multicapa / oxido de itrio para restauración y tratamiento protésico dental. Desde hace 30 años se ha reportado el uso de zirconia estabilizada como material odontológico con excelentes resultados mecánicos, sin embargo, presenta la limitante de alta opacidad, por lo que se ha utilizado para estructuras de coronas y prótesis dentales fijas, que se recubren con porcelanas translúcidas. Sin embargo, en estas modificaciones, el astillado y fractura, asociados con las tensiones térmicas residuales producidas por el proceso de fabricación, son las principales limitantes técnicas reportadas.

Para mejorar las propiedades de translucidez de la zirconia se trabaja en modificarla y estabilizarla con óxido de itria, donde las propiedades de translucidez se pueden controlar tanto por la temperatura de sinterización como por el contenido de itria. Se desarrollaron digitalmente discos de dimensiones específicas (D-15 mm x E-0.1 mm) utilizando un software de diseño asistido por computadora.

Posteriormente, de cada material de zirconia (UTML, STML y UTML) del sistema de zirconia multicapa (Katana™; Kuraray Noritake) se fresaron varios discos para posteriormente sinterizarse a condiciones elegidas en función del análisis bibliográfico. El análisis del color de las muestras se revisó mediante el sistema de color CIE L*a*b* usando un espectrofotómetro dental. Se establece que en cuanto mayor sea el contenido de itria y la temperatura de sinterización, mayor será el contenido cúbico y mejor será la translucidez, hasta el momento es posible aseverar que la translucidez obtenida por efecto de la concentración de itria empleada es favorables para la potencial aplicación de estos materiales en restauraciones odontológicas y simplificación del tratamiento protésico.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS 2

RESUMEN. 3

INDICE. 4

INDICE TABLAS 6

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL PROYECTO. 7

1.1 INTRODUCCION. 7

1.2 OBJETIVOS. 10

1.2.1 Objetivo general 10

1.2.2 Objetivos especificos 10

1.3 ACTIVIDADES A REALIZAR. 11

1.4 LUGAR DONDE SE REALIZARÁ EL PROYECTO. 13

CAPITULO 2. MARCO TEORICO. 15

2.1 ZIRCONIA E ITRIO. 15

2.2 MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (SEM). 16

2.3 DIFRACCIÓN DE RAYOS X. 17

2.4 MANUFACTURA. ..... 1**¡Error! Marcador no definido.**9

2.4.1 CAD/CAM. 19

2.4.2 Sinterizado. 20

2.4.3 Fresado. 21

CAPITULO 3. PROCEDIMIENTO Y RESULTADOS. 23

3.1 MATERIALES. 23

3.2 SINTERIZACIÓN Y MANUFACTURA DE DISCOS. 24
3.3 ANÁLISIS MICROESTRUCTURAL Y TAMAÑO DE GRANO. 25
3.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA COLORACIÓN. 25
3.5 CAPACITACIÓN PARA MANEJO DE EQUIPO CAD-CAM. 26
3.6 RESULTADOS. 27
3.6.1 Sinterización. 27
3.6.2 Composición. 28
3.6.3 Análisis y evaluación de la coloración. 29
3.6.4 Microestructura y tamaño de grano. 32
3.6.5 Análisis de fases. 33
CAPITULO 4. CONCLUSIONES. 34
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1- Usos y aplicaciones de la zirconia a nivel industrial..... 8
Tabla 1.2.- Usos y aplicaciones de la zirconia en medicina y odontología. 9
Tabla 3.1.- Nomenclatura de los sistemas de zirconia multicapa empleados..... 23
Tabla 3.2. Condiciones de sinterización y propiedades mecánicas de los sistemas de zirconia multicapa.. 24
Tabla 3.3. Comparación del contenido de ytrio (% peso) en los materiales de zirconia multicapa..... 29
Tabla 3.4.- Valores promedio obtenidos para la ecuación CIE L*a*b*.. 30

CAPITULO 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN

La zirconia, es uno de los cerámicos con mayor potencial de ser utilizado como material sustituto en aplicaciones biomédicas, con propiedades de biocompatibilidad, baja reactividad y excelentes propiedades ópticas. Desde hace 30 años se ha reportado el uso de zirconia estabilizada como material odontológico con excelentes resultados mecánicos (dureza y resistencia a la fractura), sin embargo, presenta la limitante de alta opacidad, por lo que se ha utilizado para estructuras de coronas y prótesis dentales fijas, que se recubren con porcelanas translúcidas, de manera similar a lo reportado en la bibliografía para las restauraciones tradicionales de porcelana fundida con metal. Sin embargo, en estas modificaciones, el astillado y fractura, asociados con las tensiones térmicas residuales producidas por el proceso de fabricación, son las principales limitantes técnicas reportadas.

Para mejorar las propiedades de translucidez de la zirconia se trabajará la modificación y estabilización con óxido de itrio, donde las propiedades de translucidez se pueden controlar tanto por la temperatura de sinterización como por el contenido de itrio. En general, se sabe que en cuanto mayor sea el contenido de itrio y la temperatura de sinterización, mayor será el contenido cúbico y mejor será la translucidez, se llevara a cabo la validación de esta aseveración con respecto a la concentración de itrio empleada, y se pretende demostrar que las propiedades de color y químicas son favorables para la potencial aplicación de estos materiales en restauraciones odontológicas y simplificación del tratamiento protésico.

En la actualidad, la zirconia se utiliza ampliamente para propósitos industriales; en la Tabla 1.1 se enumeran la mayor parte de estas aplicaciones. La investigación y el desarrollo de la zirconia como material biológico empezó a finales de la década de 1960, cuando H. Driskell publicó el artículo dedicado a sus aplicaciones biomédicas (Helmer et al., 1969).

Desde entonces, la investigación basada en el trabajo de Garvie y Niholson en 1972, se ha concentrado en la cerámica de zirconia parcialmente estabilizada con óxido de itrio (Y-PSZ), también conocida como policristales tetragonales de zirconia de itrio (YTZP), que exhiben una elevada biocompatibilidad (Christel et al., 1989, Hayashi et al., 1992) y una mejor resistencia a la fractura (Christel et al., 1989, Taira et al., 1990).

Tabla 1.1- Usos y aplicaciones de la zirconia a nivel industrial.

Tubos y varillas	**Moldes para metal fundido**
Componentes de bombas y válvulas	Membranas de celdas de combustible
Fijante	Componente de fibra óptica
Moldes de estampado y extrusión	Sensores de oxigeno
Acoplamientos	Hornos eléctricos de lata temperatura (2000°C)
Guías de cable	Moldes de compactación
Herramientas de corte	
Aíslate térmico	

En general, los modernos biomateriales de zirconia y los productos empleados como materiales quirúrgicos (implantes) deben cumplir con las normas descritas por la Organización Internacional de la Estandarización (ISO) 13556.

La cerámica de zirconia posee diversas aplicaciones en la medicina actual; sin embargo, la más común es la fabricación de cabezas esféricas para prótesis de cadera, que Christel et al., 1989, introdujo por primera vez. Además con los continuos avances en materia de modernos sistemas de CAD/CAM, la odontología también se vio beneficiada con distintas aplicaciones basadasen el zirconia. (Tabla 1.2).

Tabla 1.2.- Usos y aplicaciones de la zirconia en medicina y odontología.

Aplicaciones medicas	**Aplicaciones odontológicas**
Instrumental quirúrgico	Compositos
Manipulación de la sangre	Coronas de cobertura total y parcial
Implantes quirúrgicos	Coronas fijas
Ortopedia	Carillas
	Postes y muñones
	Coronas telescópicas
	Brackets

En el campo de la odontología, el flujo de trabajo totalmente digital con materiales CAD/CAM (diseño asistido por computadora/fabricación asistida por computadora) sin metal está revolucionando los planes y procedimientos de tratamiento protésico.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Determinar las propiedades químicas, ópticas y estructurales de sistemas de óxido de zirconia / óxido de itrio a diversas concentraciones

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar los materiales obtenido por Microscopia electrónica de barrido (SEM) y Difracción de rayos X (DRX)

- Determinar las características de color y tamaño de grano.

- Comparar las propiedades de los materiales sinterizados con los encontrados en la bibliografía en diferentes casos de estudio.

1.3 ACTIVIDADES A REALIZAR.

- Búsqueda bibliográfica sobre el tema de investigación

Realizar una búsqueda de las temáticas y metodologías aplicables a esta propuesta, materiales de zirconia, itrio, microscopia electrónica de barrido, difracción de rayos x, términos odontológicos para conocer el alcance de la aplicación del material propuesto.

- Capacitación en el manejo del equipo.

Realizar la capacitación para conocer los equipos a emplearse en esta propuesta, ellos se encuentran en la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

- Preparación de las muestras

Determinación del número de muestras a tratar en función de las actividades planteadas. Preparación física de sistemas de zirconia multicapa / oxido de itrio.

- Medición del color y forma

La medición del color de las muestras se realizará mediante el sistema de análisis de color con la ecuación CIE L*a*b*, empleando un espectrofotómetro dental (VITA Easyshade Advance 4.0; VITA Zahnfabrik).

- Análisis elemental por EDS

Se llevara a cabo el análisis elemental por Espectroscopía de Rayos X de Energía Dispersiva (EDS) para cuantificar la composición del material (óxido de itrio – óxido de circonio) de las muestras utilizando un microscopio electrónico JEOL JSM-7800F a un voltaje de aceleración de 1 kV.

- Identificación de fases del material por DRX

La identificación de fases principales y secundarias simples o múltiples en una muestra desconocida es la aplicación principal de la difracción de rayos X de muestras pulverizadas clásica. Una fase es un sólido cristalino con una disposición tridimensional regular de los átomos. Las posiciones e intensidades pico de la difracción medida son como una huella digital de una determinada fase cristalina.

- Análisis microestructural y de tamaño de grano.

El tamaño de grano promedio se medirá en micrografías SEM con aumentos de 10,000x utilizando el método lineal de intersección en el software ImageTool.

- Análisis de resultados

Se analizarán los resultados en conjunto, para reportar de forma satisfactoria el proceso de formación de las muestras.

- Elaborar el reporte de resultados

Se entregará el reporte de Residencias requisito para la obtención del título de Ingeniero Químico.

1.4 LUGAR DONDE SE REALIZARÁ EL PROYECTO.

Centro de Investigación en Petroquímica del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero



Figura 1.1.-Ubicacion del Centro de Investigación y Petroquímica

Descripción:

El Instituto Tecnológico de Ciudad Madero brinda a sus estudiantes la oportunidad de elaborar proyectos de acuerdo a sus necesidades, se encuentra ubicada en Av. 1° de mayo y Sor Juana I. de la Cruz Col. Los Mangos, CP 89440 en Cd. Madero, Tamaulipas.

El proyecto se realizará constantemente en el Centro de Investigación en Petroquímica, el cual se encuentra ubicado en la Ave. De las Palmas S/N, Parque Tecnia, a un costado del Parque de la Pequeña y Mediana Industria en Altamira Tamaulipas.

El campus III está constituido por 10 laboratorios para apoyo en la caracterización fisicoquímica de materiales, los cuales son:

1) Lab. De Síntesis 1.
2) Lab. De Energía.
3) Lab. De Efluentes.

4) Lab. De Caracterización Física.

5) Lab. De Síntesis 2
6) Lab. De Superficies.
7) Lab. De Inyección y Extrusión.
8) Lab. De Termoformado y Rotomoldeo.
9) Lab. De Microplantas.
10) Lab. De Vinculación.

Así como 2 laboratorios para la simulación y optimización de procesos. Este centro alberga a los alumnos inscritos en los programas MCIQ (Maestría en Ciencias en Ingeniería Química), MCI (Maestría en ciencias de la ingeniería), DCI (Doctorado en Ciencias de Ingeniería) y DM (Doctorado en Materiales), los cuales desarrollan proyectos de investigación tanto para el sector público como el privado

CAPITULO 2. MARCO TEORICO

2.1 ZIRCONIA E ITRIO

La zirconia (dióxido de circonio, ZrO2), también denominada “acero cerámico”, tiene propiedades óptimas para uso dental: tenacidad, resistencia y resistencia a la fatiga superiores, además de excelentes propiedades de desgaste y biocompatibilidad, Fig. 2.1.



Figura 2.1.- Prótesis dental a base de zirconia

La zirconia dental es, con mayor frecuencia, un policristal de circonita tetragonal (Y-TZP) de itrio modificada (Y_2O_3). Se agrega itrio para estabilizar la transformación de la estructura cristalina durante la cocción a una temperatura elevada y mejorar las propiedades físicas de la zirconia (Bona et al., 2015).

La adición de aproximadamente 2 a 3 por ciento de itrio, Y_2O_3 por mol como agente estabilizador en ZrO2 permite la sinterización de materiales cerámicos de circonio de grano fino tetragonal fabricados con 100 por ciento de pequeños granos tetragonales metaestables.

El TZP estabilizado con 3 moles por ciento de circonio 3Y-TZP se ha utilizado para diferentes aplicaciones dentales ya que las propiedades mecánicas son similares a las de los metales, mientras que el color se aproxima al de los dientes naturales (Gautam et al., 2016).

2.2 MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (SEM)

La idea básica de funcionamiento de un equipo de *SEM* es la siguiente: se genera un haz de electrones de alta energía (o electrones incidentes *EI*) y se usa un sistema de lentes para focalizar el haz y hacerlo incidir sobre una muestra, la cual generará, a su vez, electrones (llamados secundarios y retrodispersados con siglas *SE* y *BSE*, respectivamente) como respuesta al impacto electrónico, y dichos electrones que salen de la muestra son detectados mediante dispositivos *Everhart-Thornley* y *SED (Solid State Detector)* que registran cada uno la cantidad de electrones detectados y lo convierten en una señal digital que se interpreta como intensidad de color, para construir una "imagen" aunque no se usen fotones.

Además de dar la posibilidad de estudiar procesos *in situ* tales como corrosión, estrés mecánico o hidratación/deshidratación. La Figura 2 presenta un esquema del equipo, y la Figura 3 ejemplifica cómo se genera la "imagen" (en adelante, se usará el término imagen sin comillas, dando por explicado que, aunque no proviene de una señal de intensidad o flujo de fotones, el resultado final es una interpretación en escala de colores del flujo de electrones *SE* o *BSE* detectados).

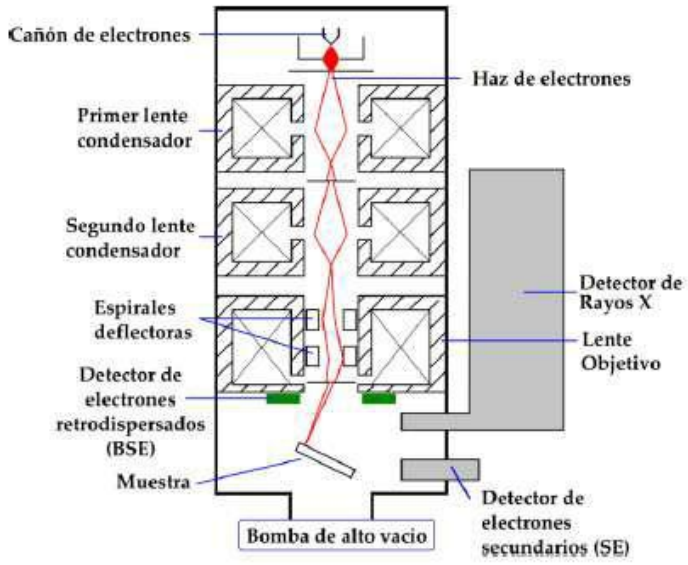


Figura 2.2.- Esquema de un SEM.

Los dispositivos para generar el haz de electrones son generalmente de dos tipos:

- Emisores termoiónicos
- Cañones de emisión de campo *(FEG, Field Emission Gun)*

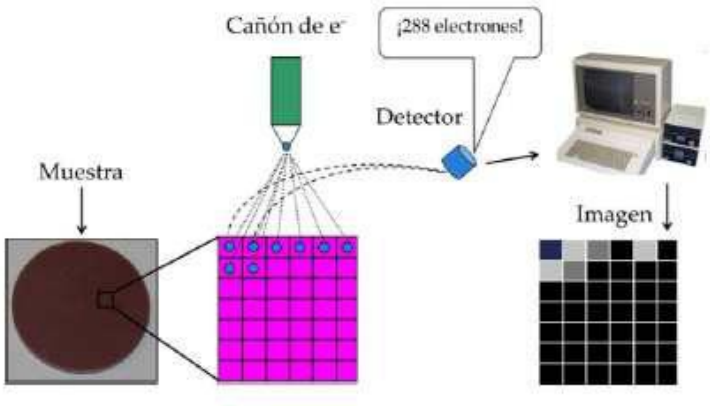


Figura 2.3.- Secuencia del proceso de formación de la imagen.

Todos ellos requieren un ambiente de alto vacío (del orden de 10−6 torr) para minimizar la corrosión del emisor, que está a alta temperatura, ya que puede reaccionar con las moléculas del aire (Clavijo, 2013).

2.3 DIFRACCIÓN DE RAYOS X

La difracción es un fenómeno de dispersión de rayos X en el cual participan todos los átomos que constituyen el material irradiado. Debido al ordenamiento periódico de los átomos en una estructura cristalina, los rayos dispersados en distintos átomos llevan entre si un cierto desfase, interfiriendo en su trayectoria posterior, solo algunos de estos presentarán interferencia constructiva.

Tal como se muestra en la figura 2.4, las condiciones para la interferencia constructiva, entre

ondas diferentes se cumple solo cuando:

$$\mathbf{n\lambda = 2\ d\ sen\theta}$$

donde:

- λ = es la longitud de onda del haz incidente de rayos X
- d = es la distancia interplanar
- θ = es el ángulo de incidencia medido entre los planos en consideración y el haz incidente.

Esta fórmula corresponde a la llamada Ley de Bragg y es la ecuación fundamental de DRX.

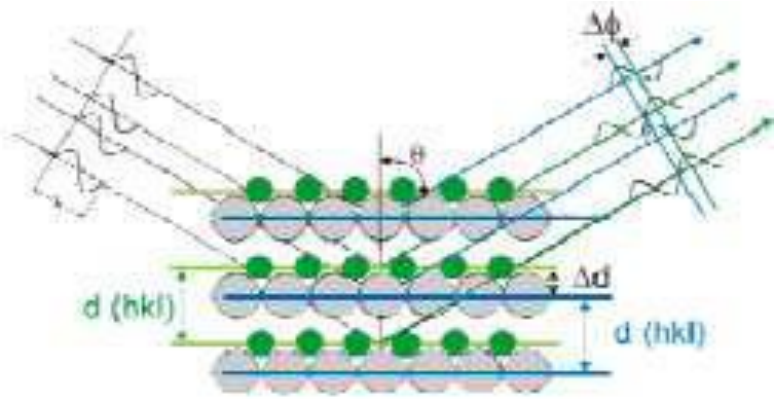


Figura 2.4.- Esquema del modelo de Bragg.

En DRX, la λ de los rayos X es fija, y cada plano de átomos produce un pico de difracción en un ángulo θ específico. En un difractograma cada pico de difracción es producido por una familia de planos atómicos, la posición de cada pico indica la distancia interplanar d_{hkl} entre los planos atómicos del cristalito. La intensidad del pico de difracción está asociado a los átomos que están presentes y la ubicación de éstos en los planos atómicos (Figura 5) (Gabriel et al., 2021).

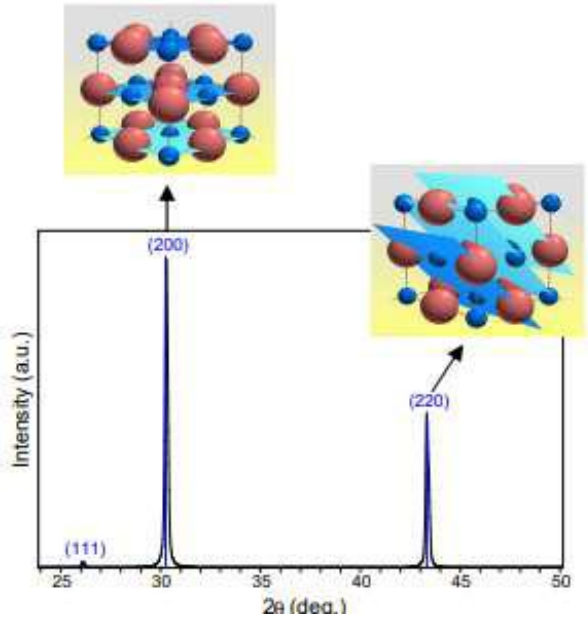


Figura 2.5.- Difractograma que muestra la posición de cada pico asociado al plano de átomos que corresponden a la especie mineral identificada.

2.4 MANUFACTURA

2.4.1 CAD/CAM

Los sistemas de tecnología de diseño asistido por computadora (CAD) y fabricación asistida por computadora (CAM) utilizan computadoras para recopilar información, diseñar y fabricar una amplia gama de productos.

Con CAD/CAM, se pueden diseñar y mecanizar piezas y componentes con precisión utilizando una computadora con software integrado vinculado a un dispositivo de fresado. Utilizando sistemas CAD/CAM como se muestra en la figura 2.6, los operadores pueden fabricar restauraciones a partir de una variedad de materiales. Estos incluyen cerámicas, aleaciones metálicas y diversos compuestos.

Ambos sistemas utilizan datos capturados de tomografías computarizadas junto con software CAD para determinar la ubicación de restauración más ideal, y CAM Technologies genera las plantillas y los modelos de trabajo.

Hay varios programas de software CAD disponibles comercialmente para diseñar restauraciones dentales virtuales en 3D en una pantalla de computadora. Algunos de estos programas pueden diseñar restauraciones que casi igualan la excelencia de las restauraciones producidas por maestros técnicos dentales (Uzun, G. 2008).

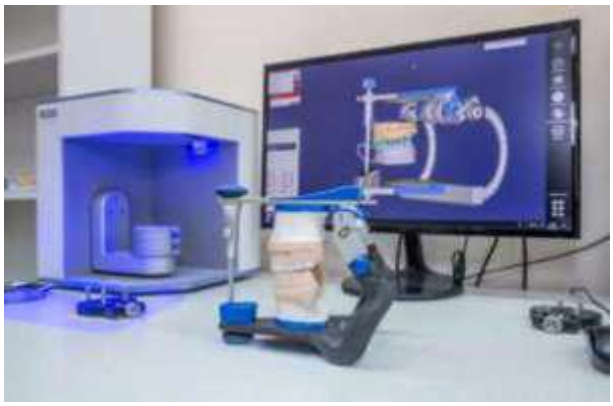


Figura 2.6.- Equipo CAD-CAM

2.4.2 Sinterizado

La sinterización es un condensado por láser, la cual se produce al incidir un rayo láser, esto provoca un acercamiento de las partículas de manera que se genera un intercambio atómico que comienza a provocar la solidificación de la futura pieza y el calor produce la cohesión final. Una vez que incide el rayo láser se agrega otra capa de polvo de metal y actúa otra vez el láser, así sucesivamente hasta que se establece la pieza, se va formando por capas desde la parte inferior hasta la superior. Formará la pieza final capa a capa con un espesor de 20-30 micras, bajo una precisión y temperatura controladas. La precisión dependerá del grosor de capa y la anchura del haz de polimerización.

La sinterización también conocida como técnica aditiva, debido a que es un proceso en el que se van añadiendo capas sucesivas de material. Los diferentes sistemas aditivos en Odontología son la estereolitografía, la sinterización láser selectiva y la impresión 3D, esta última es la utilizada con el software DentalCAD 3.0 Galway, figura 2.7.

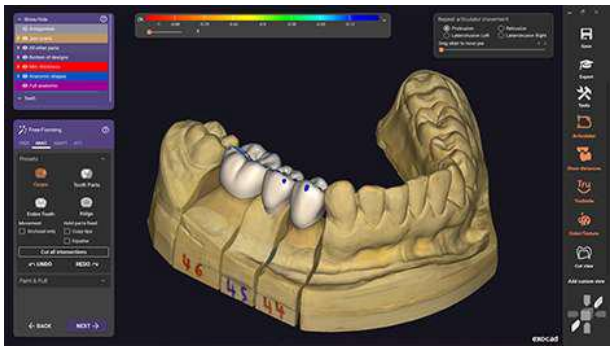


Figura 2.7.- Software DentalCAD 3.0 Galway.

2.4.3 Fresado

El fresado es un método de maquinado, es decir, se basa en modelar o tallar metales por desgaste con diferentes fresas que se mueven en distintos ejes. Esta técnica se compone de tornos automáticos computarizados que actúan en múltiples ejes y con múltiples herramientas simultaneas que a su vez tienen giro particular. Una vez fresada la estructura y desunida del bloque metálico ya está terminada y lista para admitir el recubrimiento estético, no requiere más manipulación.

Este sistema de fresado multiejes facilita el fresado en 3D de la estructura de trabajo. La calidad del producto final no aumenta necesariamente con el número de ejes, sino que depende mucho más del proceso de digitalización, el procesado de los datos y el proceso de producción.

La realización del fresado puede disminuir los defectos de fabricación de la prótesis, como, por ejemplo: las porosidades y eliminar el encerado y colado de la técnica convencional, lo que hace que mejore la precisión de la restauración final.

Esta técnica se denomina también sustractiva, debido a que se fundamenta en eliminar material de un bloque para producir un objeto de la forma y tamaño deseado (Zancarrón, M. 2019), dentro de este proyecto utilizamos el fresado- 350i times- icore® GmbH, figura 2.8.



Figura 2.8.- Maquina fresado- 350i times- icore® GmbH.

CAPITULO 3. PROCEDIMIENTO Y RESULTADOS

3.1 MATERIALES

Los sistemas de zirconia multicapa empleados, fueron los disponibles comercialmente de la casa comercial Katana™; Kuraray Noritake (figura 3.1), el resto de los materiales y reactivos (disolventes), ya se encuentran disponibles en la Facultad de Odontología-UAT. En la tabla 3.1 se enumeran los tres sistemas adquiridos para este estudio.



Figura 3.1.- Lotes comerciales de zirconia multicapa de Katana™; Kuraray Noritake.

Tabla 3.1.- Nomenclatura de los sistemas de zirconia multicapa empleados

Clave	Nomenclatura
UTML	Zirconia Ultra Translucent Multi Layered
STML	Zirconia Super Translucent Multi Layered
HTML	Zirconia High Translucent Multi Layered

3.2 SINTERIZACIÓN Y MANUFACTURA DE DISCOS

Se diseñaron muestras en forma de disco de múltiples capas (15 mm de diámetro y 1,0 mm de espesor) mediante el software DentalCAD 3.0 Galway. Posteriormente, se fresaron 12 muestras para cada material de zirconia (UTML, STML y HTML) a partir de discos pre-sinterizados (98 mm x 18 mm) utilizando una fresadora (350i times- icore® GmbH). Las muestras se retiraron de los discos de zirconia con la ayuda de un micro-motor utilizando una fresa de diamante y se sinterizaron siguiendo las instrucciones de la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Condiciones de sinterización y propiedades mecánicas de los sistemas de zirconia multicapa. *Por 2 horas de proceso

Clave	Incrementos de Temperatura [=]˚C/min	Temperatura limite [=] °C*	Decrementos de Temperatura [=]˚C/min	Resistencia a la flexión [=] MPa
UTML	10	1550	10	557
STML	10	1550	10	748
HTML	10	1500	10	1125

Después de eso, todas las muestras se pulieron con discos de caucho (Eve Diapol®) utilizando un micromotor de baja velocidad (Schick GmbH) con una velocidad de 10,000 rpm. Las muestras se pulieron en una dirección durante 30 segundos, se rotaron 90° y se pulieron durante otros 30 segundos.

El sistema de pulido consta de 2 pasos mediante 2 discos de goma diferentes granos. Se realizó un pulido completo de un minuto para cada muestra. Posteriormente las muestras fueron limpiadas en ultrasonido con agua destilada durante 10 min.

3.3 ANÁLISIS MICROESTRUCTURAL Y TAMAÑO DE GRANO

La caracterización de la microestructura se realizó mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) sobre probetas de zirconia previamente grabadas térmicamente a 1200ºC durante 1 hora, utilizando una velocidad de curación y enfriamiento de 10ºC/min. El tamaño de grano promedio se midió en micrografías SEM con aumentos de 10 000x utilizando el método lineal de intersección en el software ImageTool.

3.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA COLORACIÓN

La medición del color de las muestras se realizó mediante el sistema de análisis de color con la ecuación CIE L*a*b*, empleando un espectrofotómetro dental (VITA Easyshade Advance 4.0; VITA Zahnfabrik).

Antes de las mediciones experimentales, el espectrofotómetro fue calibrado en modo automático y validado sobre una superficie blanca. Las muestras se colocaron sobre un fondo gris neutro y posteriormente se posicionó la punta del espectrofotómetro dental en el tercio superior e inferior de la superficie pulida de la muestra. Se registraron tres mediciones por cada tercio para obtener los promedios de los valores L*, a* y b*. En la ecuación de color, L* indica luminosidad, la coordenada a* representa el rango de verde a rojo y la coordenada b* representa el rango de azul a amarillo. Las diferencias de color se calcularon utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta E = ([L1 - L2]^2 + [a1 - a2]^2 + [b1 - b2]^2)^{\frac{1}{2}}$$

3.5 CAPACITACIÓN PARA MANEJO DE EQUIPO CAD-CAM

Se realizaron prácticas de laboratorio, para conocer los equipos y familiarizarse con ellos, específicamente el CAD-CAM.

En el caso de restauraciones dentales, se aplica a la fabricación de las prótesis, sustituyendo, por ejemplo, el colado del metal por procesos realizados por máquinas de control numérico, consiguiendo así una gran precisión, funcionalidad y acabado estético. En este caso se elaboraron discos probeta para pruebas de sinterizado y modificación con óxido de itria.

Hay que tener en cuenta ciertas características de los potenciales materiales que se pueden usar, los que deben ser de alto rendimiento para máximas exigencias de elaboración y precisión. Parámetros de trabajo individuales. Compatibilidad ilimitada con las unidades de tallado. Los materiales de zirconia según la bibliografía son óptimamente compatibles con el proceso de tallado para obtener restauraciones de alta calidad, por lo que se usaron para la generación de los discos de prueba. Se realizo la siguiente secuencia de pasos para la obtención de los materiales, hay que hacer notar que la secuencia es también válida para la fabricación de piezas dentales mostrada en la figura 3.2.

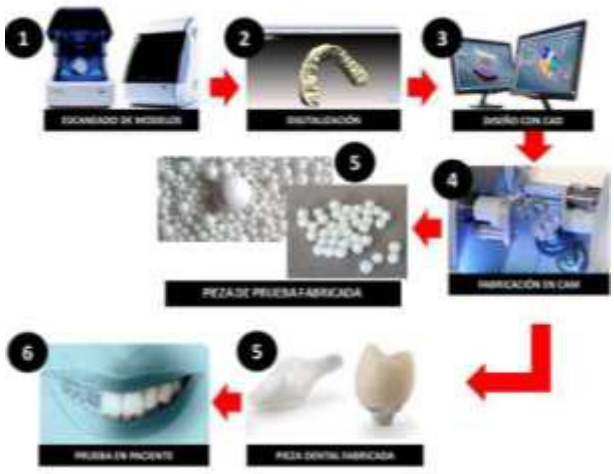


Figura 3.2.- Secuencia de pasos para la fabricación de las muestras.

3.6 RESULTADOS

3.6.1 Sinterización

Para la creación de las piezas de prueba se llevó a cabo el proceso de sinterización a las condiciones descritas en la metodología partiendo del espécimen diseñado en DentalCAD 3.0 Galway (figura 3.3).

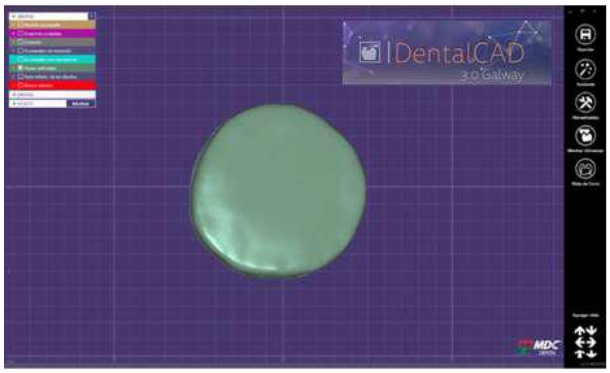


Figura 3.3.- Muestra en forma de disco diseñada por DentalCAD 3.0 Galway

Esta fundición se realiza con un láser de gran precisión que funde el material hasta obtener, capa a capa, la pieza final. Las capas obtenidas son de gran complejidad y detalle (figuras 3.4 y 3.5), por lo que el sinterizado permitió reproducir los ángulos y zonas más exigentes, ya sea por su morfología curvada o por los requerimientos especiales que se tuvieron en la elaboración de la pieza.



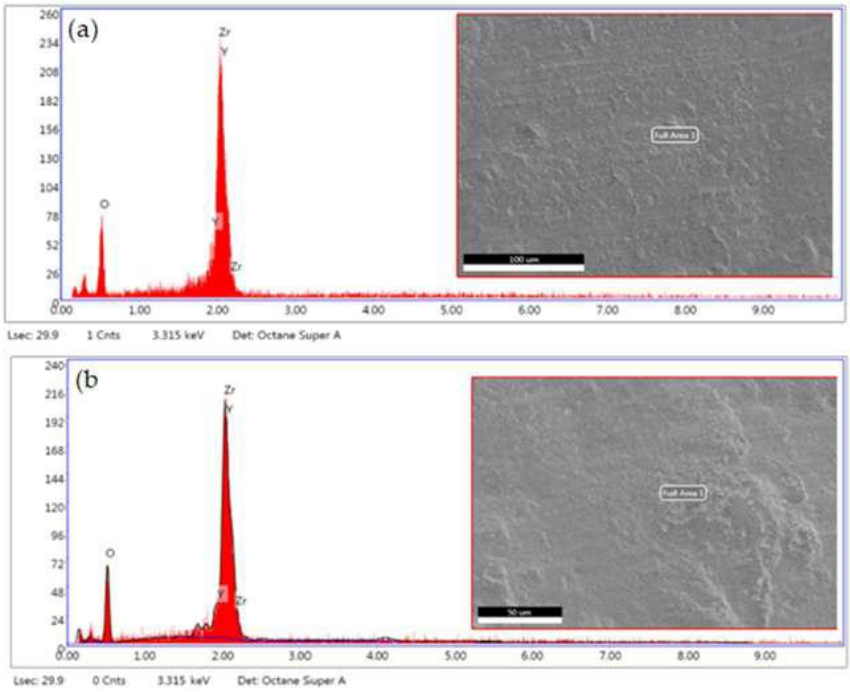
Figura 3.4.- Esquema del gradiente del disco de zirconia multicapa



Figura 3.5.- Capas de un segmento de muestra de circonio.

3.6.2 Composición

El contenido de óxido de ytrio fue diferente entre los materiales de circonio. UTML mostró el contenido de ytrio más alto, 12.30 % en peso, STML tuvo 10.18 % en peso y HTML tuvo el contenido más bajo, 7.18 % en peso (Figura 3.6). En la tabla 3.3, se reportan los valores de porcentaje composicional, obtenidos por EDS, de los diferentes lotes de circonio multicapa que se evaluaron, se observa que el contenido de ytrio va decayendo con el incremento de circonio presente en la muestra, esto provee un mayor contenido de fase cubica en la pieza, un acomodo tal que permite piezas con cualidades mecánicas y estéticas compatibles.



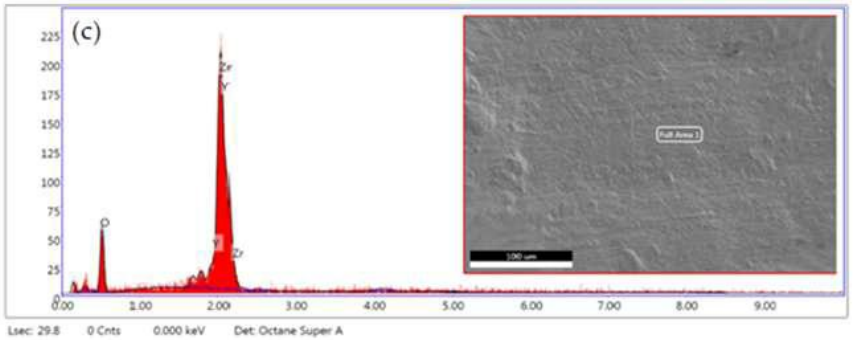


Figura 3.6.- Comparación estructural del contenido porcentual de ytrio (% peso) en los tres lotes de material de circonio a) UTML, b) STML y c) HTML.

Tabla 3.3. Comparación del contenido de ytrio (% peso) en los materiales de zirconia multicapa

Lote	Elemento	% peso	% atómico	Net. Int.	% error
UTML	Y 2O3	12.30	7.11	18.66	9.43
	Zr O2	87.70	92.89	122.44	4.62
STML	Y 2O3	10.18	5.82	14.58	12.37
	Zr O2	89.82	94.18	118.90	4.45
HTML	Y 2O3	7.18	4.05	9.92	15.76
	Zr O2	92.82	95.95	119.11	4.28

3.6.3 Análisis y evaluación de la coloración

Se presenta los resultados del análisis de los materiales de circonio (UTML, STML y HTML) y las diferentes secciones (tercios superior, medio e inferior) usando la ecuación de análisis de color CIE L*, a*, b* (Tabla 3.4).

Se demostró con evidencia suficiente que el valor L* presentó un aumento significativo en el tercio superior respecto al tercio medio e inferior ($p<0.001$). Asimismo, se observaron diferencias significativas entre los tercios respecto a los valores de a* y b*. Es importante mencionar que las discrepancias observadas entre los tercios analizados con respecto a los valores de L*, a* y b* fueron similares en las circonias (UTML, STML y HTML). Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los materiales de circonio ($p>0,05$).

Tabla 3.4.- Valores promedio obtenidos para la ecuación CIE L*a*b*.

	Tercios	**Circonio UTML**	**Circonio STML**	**Circonio HTML**
L	Superior	97.7±5.2	96.9±5.7	96.4±4.7
	Medio	91.6±4.8	90.5±5.9	90.1±3.4
	Inferior	90.2±4.7	90.2±3.6	89.8±2.1
a	Superior	1.0±0.2	0.9±0.2	1.0±0.2
	Medio	1.4±0.3	1.4±0.3	1.4±0.2
	Inferior	1.9±0.3	1.8±0.4	1.8±0.4
b	Superior	26.8±2.9	26.6±2.7	27.1±2.6
	Medio	31.5±3.0	31±2.8	31.7±2.9
	Inferior	36.4±3.4	36.1±3.1	36.5±3.3

Se implementó la ecuación para ΔE, para identificar discrepancias de color clínicamente visibles. El punto de percepción clínicamente visible comienza en parte del valor $\Delta E = 3.7$, por lo tanto, observamos una diferencia en el color entre los tercios de todos los materiales de circonio (Figura 3.7).

Sin embargo, en el contraste de color entre los materiales de circonio (UTML, STML y HTML), las discrepancias de color no son clínicamente perceptibles (Figura 3.8).

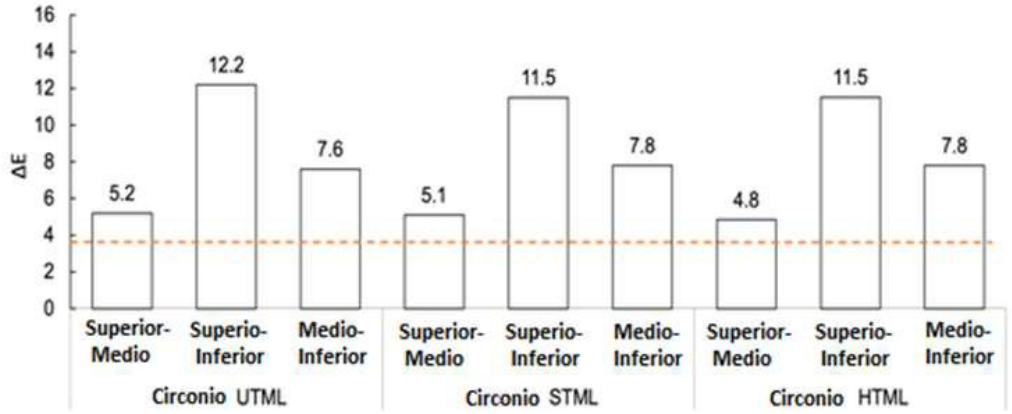


Figura 3.7.- Percepción del color clínicamente visible entre tercios de cada tipo de circonio.

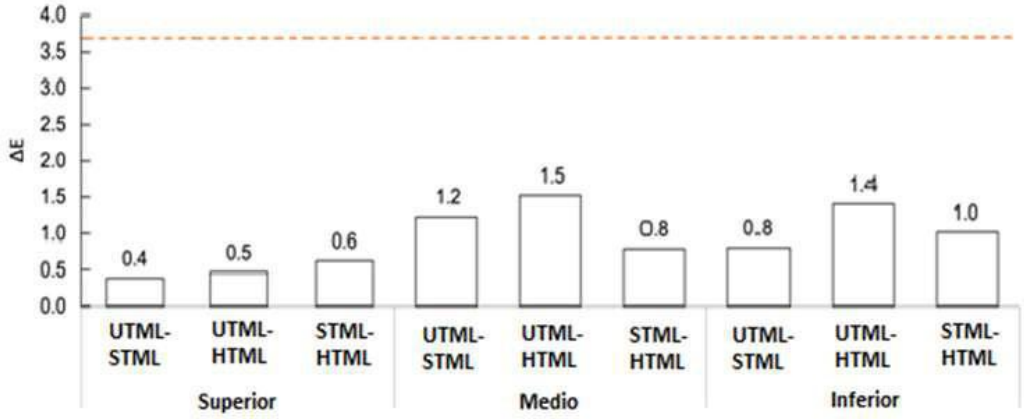


Figura 3.8.- Percepción del color clínicamente visible entre tercios de cada tipo de circonio.

3.6.4 Microestructura y tamaño de grano

En la figura 3.9 se muestran micrografías representativas de los 3 lotes de zirconia empleados. No se observó porosidad en ninguna de las micrografías.

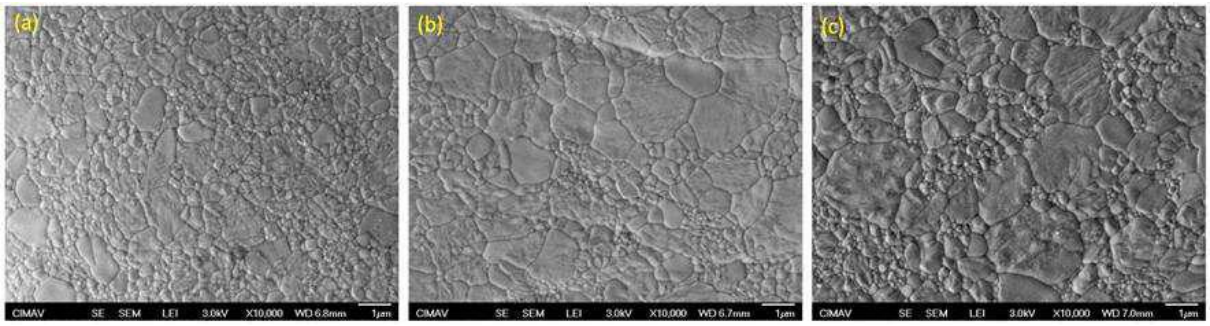


Figura 3.9. Micrografías FE-SEM representativas de los lotes de materiales de zirconia estudiados a) UTML, b) STML y c) HTML

Las microestructuras están en concordancia con los contenidos de itrio y fase cúbica, con la muestra UTML con el tamaño de grano más grandes y HTML los más pequeños. El tamaño de grano promedio determinado por el método de intercepción lineal confirmó estas observaciones, UTML, 4.00 ± 0.85 μm, STML, 2.80 ± 0.17 μm y HTML, 0.63 ± 0.03 μm, que coinciden con los reportados por algunos autores.

Otro detalle observable en la micrografía es la alta dispersión en el tamaño de grano de la muestra UTML, que presenta tamaños variados lo que produce una alta desviación en los resultados (desviación estándar). En contraste, HTML que es más homogénea y se observa una desviación estándar menor, lo que se refiere a una distribución de tamaño de grano más estrecha.

3.6.5 Análisis de fases

Estudios anteriores informaron que los tres materiales de zirconia de los sistemas estudiados (KatanaTM, Kuraray) presentan diferentes niveles de translucidez y resistencia debido a las concentraciones de óxido de itrio. En la figura 3.10, se observan los diferentes lotes de zirconia modificada con itrio analizados, se analiza el contenido de óxido de itrio, lo que da como resultado un mayor contenido de fase cúbica, en función de la cantidad molar de oxido de itrio, esto a su vez se demostró conduce a un tamaño de grano mayor y una reducción de la dispersión de la luz en el límite del grano.

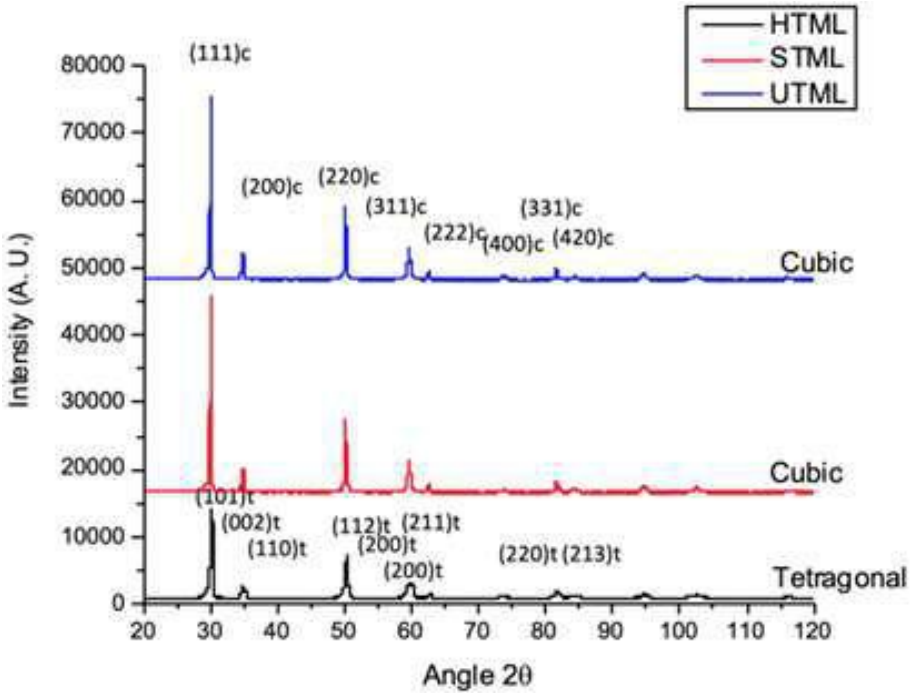


Figura 3.10.- Patrones de difracción de rayos X (DRX) para cada lote de zirconia investigado

Al aumentar la cantidad de óxido de itrio de 3 a 5% mol, el contenido de fase cúbica aumenta, esto provoca un tamaño de grano mayor que reducirá la dispersión de la luz en el límite del grano.

CAPITULO 4. CONCLUSIONES

En conclusión, os resultados obtenidos hasta el momento sobre el contenido de itrio y las características microestructurales fueron consistentes con reportes bibliográficos e información del fabricante.

En cuanto a la coloración muestra que el diferente contenido de itrio que se presenta en los materiales de circonio del sistema de circonio multicapa (Katana™; Kuraray Noritake) no genera una discrepancia de color perceptible, así como que presenta una superficie policromática perceptible como el gradiente natural del color del diente.

En cuestión de microestructura el UTML tiene el contenido de itrio más alto mientras que STML, el contenido más bajo. A su vez el mayor contenido de itrio otorgo un mayor contenido de fase cubica, y una mayor estabilidad mecánica. A pesar de observar esta similitud entre los estudios, se obtuvieron algunas discrepancias entre los valores específicos del contenido de itrio, pero esto se debe a las diferentes técnicas utilizadas para su medición. Asimismo, los resultados del presente estudio son consistentes con otras investigaciones publicadas que respaldan la alternativa de implementar el sistema de zirconia multicapa (KatanaTM, Kuraray) en restauraciones totales realizadas mediante el empleo de tecnología digital.

De este proyecto aprendí demasiado a que la ingeniería química puede ser utilizada para varios campos laborales es la base para la formación de la materia que se puede aplicar en diferentes campos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bona, A., Pecho, O., & Alessandretti, R. (2015). Zirconia as a Dental Biomaterial. Materials, 8(8), 4978–4991.

- Gautam, Chandkiram; Joyner, Jarin; Gautam, Amarendra; Rao, Jitendra; Vajtai, Robert (2016). Zirconia based dental ceramics: structure, mechanical properties, biocompatibility and applications.

- Clavijo, J (2013). Caracterización de materiales a través de medidas de microscopía electrónica de barrido (SEM)

- Gabriel, E. & Huaypar, Y. (2021). Aplicación de la técnica de difracción de rayos x (DRX) en la industria minera.

- Uzun, G. (2008). *Una descripción general de los sistemas CAD/CAM dentales. Biotecnología y equipos biotecnológicos, 22 (1), 530–535.*

- Zancarrón, M. (2019). Comparación de estructuras mecanizadas y sinterizadas en prótesis sobre implantes.

v. 4, n. 13, 2024

Journal of Engineering Research

MICROSTRUCTURAL AND GRAIN SIZE ANALYSIS OF ZIRCONIUM MATERIALS FOR DENTAL PROSTHESES RESTORATION

Nohra Violeta Gallardo Rivas
Tecnologico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Ciudad Madero
Centro de Investigación en Petroquímica
Altamira, Tamaulipas México

Jorge Humberto Luna Domínguez
Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Odontología, Centro Universitario Tampico-Madero
Tampico, Tamaulipas México

Ana María Mendoza Martínez
Tecnologico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Ciudad Madero
Centro de Investigación en Petroquímica
Altamira, Tamaulipas México

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).

Abstract: Zirconia is a ceramic material with great potential in the biomedical field, it shows properties such as biocompatibility, low reactivity, and optical qualities. Its use as a dental material has been reported with excellent mechanical results, however it presents a high opacity limitation. A characterization of the microstructure was carried out with SEM on Zr specimens thermally etched at 1200°C, using a curing and cooling speed of 10°C/min. The average grain size was measured from the 10,000x micrographs using the linear intercept method in ImageTool software. The microstructure of the zirconium materials was obtained through micrography. The relationship between the modifier content and the crystallographic phase with the grain size was identified; according to the linear intersection method, there is a relationship between the modification and the reported grain size. Simplifying design, manufacturing, and aesthetics with digital developments in complex restorations, improves monolithic ceramic restorations. Increasing the amount of Y_2O_3 results in a higher cubic phase content and a larger grain size and reduces light scattering.
Keywords: zirconia, biocompatible ceramic, microstructure, grain size, dental restoration.

INTRODUCTION

Zirconia is one of the ceramics with the greatest potential to be a substitute material in biomedical applications, with biocompatibility properties, low reactivity, and excellent optical properties. For 30 years, the use of stabilized zirconia as a dental material with excellent mechanical results (hardness and resistance to fracture) has been reported, however, it presents a high opacity limitation, which is why it has been used for crown structures and fixed dental prostheses, which are covered with translucent porcelain, in a similar way to what is reported in the literature for traditional porcelain fused to metal restorations. However, in these modifications, chipping, and fracture, associated with the residual thermal stresses produced by the manufacturing process, are the main technical limitations reported (Luna-Domínguez et al., 2023).

Nowadays, the techniques used in the handling and transformation of metals are considered applicable to different ceramic systems. Currently, phase transformations, alloying, cooling, and tempering are applied to different zirconia ceramic systems. The significant increase in fracture toughness, ductility, and impact strength of the composite has narrowed the gap between the physical properties of ceramics and metals. Furthermore, recent developments in oxide-free and higher-hardness ceramics, as well as huge investments in the dental industry, have also created high expectations for the potential application of ceramic materials in clinical dentistry (Sen et al., 2017). From a technology point of view, zirconia appears to have excellent short-term performance; However, there is no data on the long-term longevity of this compound, which is why its future remains unknown.

The use of this type of materials in the dental field has been recently reported, Kolakarnprasert et al., in 2019, established that to identify the advantages of the application of multilayer zirconia, a comprehensive understanding of its chemical composition, microstructure, resistance to low-temperature degradation and translucency properties is necessary. They evaluated 3 different grades of multilayer zirconia, analyzing the materials individually and their layers; the chemical composition, zirconia phase fractions, microstructure, LTD resistance, and translucency properties were determined. They concluded that there were no important differences between the layers, but the 3 materials were very different. Translucency

was similar between layers. For each grade of multilayer zirconia, the layers only differ in the types of pigments and their contents, producing natural color gradients.

Andrade-Guel et al., in 2019, reported the use of zirconium dioxide (ZrO_2) as a ceramic with good properties for applications in the medical, chemical, and pharmaceutical fields. They attribute this to its amphoteric qualities, with three crystalline phases, monoclinic, tetragonal, and cubic, which gives different properties to these materials. They analyzed the synthesis methods of ZrO_2 and its biomedical applications, evaluating the hydrothermal, precipitation, solvothermal and sol-gel methods. Concluding that the process conditions (ultrasound energy and microwave radiation) allow reducing reaction times and increasing energy efficiency. They also established that the synthesis methods modify the ZrO_2 properties, influencing the potential application of the product obtained, including bone replacements, dental prostheses, and drug release.

Marcelo et al., in 2020, published a bibliographic review with the analysis of 48 articles chosen based on the use and application criteria of the zirconium dioxide material. They found that all prosthetic restorations where zirconia dioxide was used, regardless of the way it was used, showed a very similar clinical performance over time (3 years), and that after that time, it depends on the use, composition, and choice of the case. They concluded that the clinical success of restorations where zirconium dioxide was used is due to the multiple mechanical advantages, structural modifications, added to the addition of additives for stabilization, profiling it as an ideal material for its application in both aesthetics and mechanical support.

The present work aims to analyze and evaluate the modifications to the physicochemical properties of zirconia with respect to the concentration of yttrium used, to demonstrate that the microstructural and size (grain) properties are favorable for the potential application of these materials in dental restorations and simplification of prosthetic treatment.

METHODOLOGY

MATERIALS

The multilayer zirconia systems used were those commercially available (Katana™; Kuraray Noritake). Table 1 shows the nomenclature of the three systems employed.

Id	Nomenclature	Commercial abbreviations
ZUT	Zirconia Ultra Translucent Multi Layered	UTML
ZST	Zirconia Super Translucent Multi Layered	STML
ZHT	Zirconia High Translucent Multi Layered	HTML

Table 1. Nomenclature of the multilayer zirconia systems used.

DISC SYNTHESIZING AND MANUFACTURING

Multilayer disc-shaped specimens (15 mm diameter and 1.0 mm thickness) were designed using DentalCAD 3.0 Galway software. Subsequently, 12 samples for each zirconia material (ZUT, ZST and ZHT) were milled from pre-synthesized discs (98 mm x 18 mm) using a milling machine (350i times-icore GmbH). The samples were removed from the zirconia discs with the help of a micro-motor using a diamond bur and synthesized following the conditions in Table 2.

Id	Temperature increase rate	Temperature superior	Temperature decrease rate	Flexural strength
ZUT	10˚C/min	1550˚C for 2 h	10˚C/min	557 MPa
ZST	10˚C/min	1550˚C for 2 h	10˚C/min	748 MPa
ZHT	10˚C/min	1500˚C for 2 h	10˚C/min	1125 Mpa

Table 2. Sintering conditions and mechanical properties of multilayer zirconia systems.

Then, all samples were polished with rubber discs (Eve Diapol) using a low speed micromotor (Schick GmbH) with a speed of 10,000 rpm. The samples were polished in one direction for 30 seconds, rotated 90°, and polished for another 30 seconds. The polishing system consists of 2 steps using 2 different grain rubber discs. A full one-minute polishing was performed for each sample. Subsequently, the samples were cleaned in ultrasound with distilled water for 10 minutes.

MICROSTRUCTURAL AND GRAIN SIZE ANALYSIS

The characterization of the microstructure was carried out by scanning electron microscopy (SEM) on zirconia specimens previously thermally etched at 1200ºC for 1 hour, using a curing and cooling speed of 10ºC/min. The average grain size was measured on SEM micrographs at 10,000x magnification using the linear intercept method in ImageTool software.

RESULTS

SYNTHESIS

To create the test pieces, the synthesis process was carried out under the conditions described in the methodology based on the specimen designed in DentalCAD 3.0 Galway (figure 1). This casting is carried out with a high-precision laser that melts the material creating each layer until the final piece is obtained.

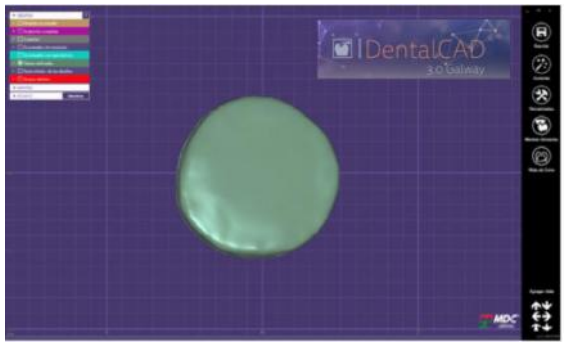


Figure 1. Disc-shaped sample designed by DentalCAD 3.0 Galway.

The layers obtained are of great complexity and detail (figure 2), the synthesis process made it possible to reproduce the most demanding angles and areas, either due to their curved morphology or due to the any special requirements in the production of the piece.

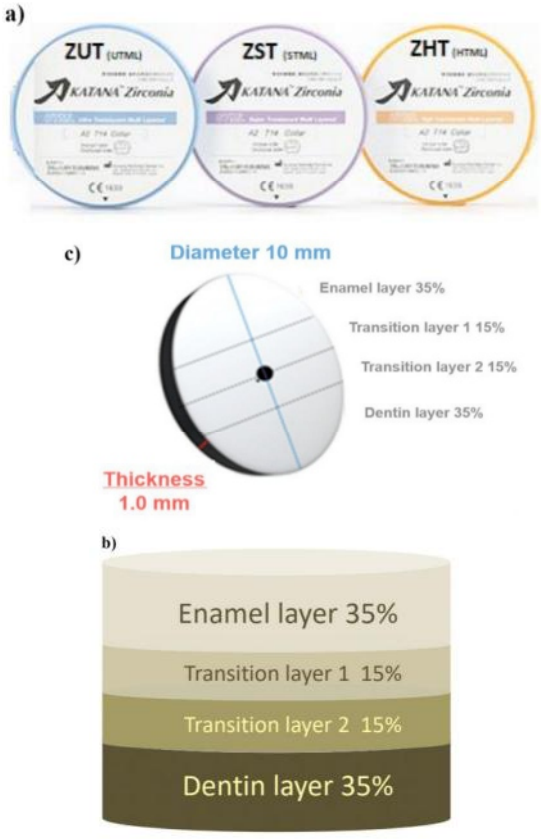


Figure 2. a) Batches of multilayer zirconia used (Katana™ Kuraray Noritake), b) Scheme of the gradient of the multilayer zirconia disc. c) Layers of a zirconia sample segment.

COMPOSITION

The yttrium oxide content was different among the zirconium materials studied. ZUT showed the highest yttrium content, 12.30 wt%, ZST had 10.18 wt%, and ZHT had the lowest content, 7.18 wt% (Figure 3).

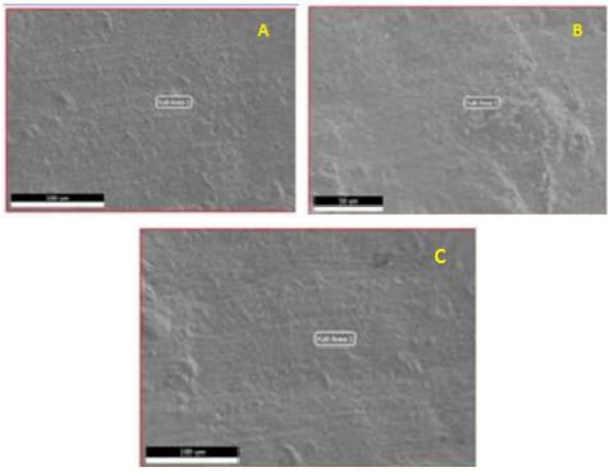


Figure 3. Structural comparison of the percentage content of yttrium (% weight) in the three batches of zirconium material a) ZUT, b) ZST and c) ZHT.

Table 3 reports the compositional percentage values, obtained by EDX, of the different batches of multilayer zirconia that were evaluated. It is observed that the yttrium content decreases with the increase of zirconium present in the sample, this provides a greater content of cubic phase in the piece, an such arrangement allows pieces with compatible mechanical and aesthetic qualities.

Batch	Compound	Weight %	Atomic %	Net. Int.	Error %
ZUT	Y_2O_3	12.30	7.11	18.66	9.43
	ZrO_2	87.70	92.89	122.44	4.62
ZST	Y_2O_3	10.18	5.82	14.58	12.37
	ZrO_2	89.82	94.18	118.90	4.45
ZHT	Y_2O_3	7.18	4.05	9.92	15.76
	ZrO_2	92.82	95.95	119.11	4.28

Table 3. Comparison of yttrium content (wt%) in multilayer zirconia materials

MICROSTRUCTURE AND GRAIN SIZE

Figure 4 shows representative micrographs of the 3 batches of zirconia studied. No porosity was observed in any of the micrographs. The microstructures agree with the yttrium and cubic phase contents, with the ZUT sample having the largest grain size and ZHT the smallest. The average grain size determined by the linear intercept method confirmed these observations, for ZUT 4.00 ± 0.85 μm, ZST 2.80 ± 0.17 μm and ZHT 0.63 ± 0.03 μm, which coincide with those reported elsewhere (Camposilvan et al., 2018; Inokoshi et al., 2018). Moreover, the high dispersion of the grain size in the ZUT sample can be observed in the micrographs, which has varied sizes that produces a large deviation in the results (standard deviation). In contrast, ZHT is more homogeneous, and a show a smaller standard deviation, which refers to a narrower grain size distribution (Kolakarnprasert et al., 2019).

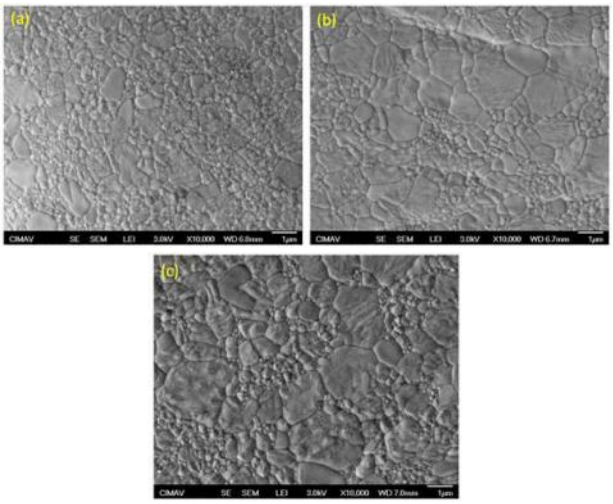


Figure 4. Representative FE-SEM micrographs of the batches of zirconium materials studied a) ZUT, b) ZST and c) ZHT.

CONCLUSIONS

The results obtained on yttrium content and microstructural characteristics were consistent with bibliographic reports and manufacturer information, showing that ZUT has the highest yttrium content while ZHT, the lowest content. Despite observing this similarity between the studies, some discrepancies were observed between the specific values of yttrium content, but this is due to the different techniques used for its measurement. Likewise, the results of the present study are consistent with other published that supports the alternative of implementing the complete multilayer zirconia system (KatanaTM, Kuraray) in total restorations performed through a digital workflow.

ACKNOWLEDGMENTS

Dr. Nohra V. Gallardo Rivas We would like to acknowledge Tecnológico Nacional de México (TecNM) for the permission granted to carry out Sabbatical Year activities (2023-24), the Instituto Tecnológico de Ciudad Madero-CIP for allowing us the use of its facilities and the Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas for the reception to carry out the experimental activities of the Gap Year.

REFERENCIAS

Andrade-Guel, M. L., Cabello-Alvarado, C. J., Ávila-Orta, C. A. "Dióxido de zirconio: alternativas de síntesis y aplicaciones biomédicas". CienciaUAT, Vol. 14(1), pag. 18-30, 2019.

Camposilvan E, Leone R, Gremillard L, Sorrentino R, ZaroneF, Ferrari M. "Aging resistance, mechanical properties and translucency of different yttria-stabilized zirconiaceramics for monolithic dental crown applications". Dent Mater, Vol. 34(6), pag. 879–890, 2018.

Inokoshi M, Shimizu H, Nozaki K, Takagaki T, Yoshihara K,Nagaoka N. "Crystallographic and morphologicalanalysis of sandblasted highly translucent dental zirconia". Dent Mater, Vol 34, pag. 508–518, 2018.

Kolakarnprasert, N., Kaizer, M. R., Kim, D. K., Zhang, Y. "New multi-layered zirconias: Composition, microstructure and translucency". Dental Materials, Vol. 35(5), pag. 797-806, 2019.

Luna-Domínguez, C. R., Luna-Domínguez, J. H., Blatz, M. "Full-mouth rehabilitation in a completely digital workflow using partially adhesive monolithic zirconia restorations". Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 2023.

Marcelo, J., Gallet-Alfaro, G. M., Fernández-Jacinto, L. M., Hinostroza-Noreña, D. "Ciencia y evolución del dióxido de zirconio, de la prioridad mecánica a la necesidad estética". Revista Estomatológica Herediana, Vol. 30(3), pag. 224-236, 2020.

Sen, N., Us, Y. O. "Mechanical and optical properties of monolithic CAD-CAM restorative materials". The Journal of prosthetic dentistry, Vol. 119(4), pag. 593-599, 2018.

DECLARAÇÃO DE ACEITE

A Atena Editora, especializada na publicação de livros, revistas internacionais e coletâneas de artigos científicos em todas as áreas do conhecimento, com sede na cidade de Ponta Grossa-PR, declara que após avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta editora, o artigo intitulado "Microstructural and grain size analysis of zirconium materials for dental prostheses restoration" de autoria de "Nohra Violeta Gallardo Rivas, Jorge Humberto Luna Domínguez, Ana María Mendoza Martínez, foi aprovado e encontra-se no prelo para publicação na revista "Journal of Engineering Research (ISSN 2764-1317)" a ser divulgado no mês de maio de 2024.

Agradeço a escolha pela Atena Editora como meio de transmitir ao público científico e acadêmico o trabalho e parabenizo os autores pelo aceite de publicação.

Reitero protestos de mais elevada estima e consideração.

Ponta Grossa, 06 de maio de 2024



Prof.ª Antonella Carvalho de Oliveira
Doutora em ensino de ciência e tecnologia
Editora Chefe
ATENA EDITORA
PREFIXO EDITORIAL ISBN 97865
PREFIXO EDITORIAL DOI 10.22533

Rua Antônio Rodrigues Teixeira Júnior,122
Ponta Grossa – PR
CEP: 84.015-490
contato@atenaeditora.com.br
www.atenaeditora.com.br

Tampico, Tam. a 4 de julio de 2024

Gallardo-Rivas, Nohra Violeta
Luna-Domínguez, Jorge Humberto
Mendoza-Martínez, Ana María
P R E S E N T E

Estimados autores, por medio del presente se le informa que el trabajo intitulado “Análisis estructural de discos de zirconia/itrio para aplicaciones odontológicas”, ha sido ACEPTADO para su publicación en la Revista Transversalidad Científica y Tecnológica en su Volumen 8, Número 1, 2024; publicada por la Academia Tamaulipeca de Investigación Científica y Tecnológica.

Agradezco su compromiso para llevar a cabo esta labor de divulgación de la ciencia y su confianza para hacerlo a través de la ATICTAC. Reciba un gran saludo y todo mi aprecio.

Atentamente

Dr. Fabio Chalé Lara
Presidente de la Academia Tamaulipeca de
Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE DISCOS DE ZIRCONIA/ITRIO PARA APLICACIONES ODONTOLÓGICAS

Gallardo-Rivas, Nohra Violeta*[,1]; Luna-Domínguez, Jorge Humberto[2], Mendoza-Martínez, Ana María[1]

[1]Tecnologico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Centro de Investigación en Petroquímica, Prol. Bahía de Aldhair y Av. De las Bahías, Parque de la Pequeña y Mediana Industria, 89600, Altamira, Tamaulipas México.

[2]Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Odontología, Centro Universitario Tampico-Madero, Av. Blvd. Adolfo López Mateos, S/N, 89337, Tampico, Tamaulipas México.

*Autor de correspondencia: nohra.gr@cdmadero.tecnm.mx

RESUMEN

La zirconia es una de las cerámicas más prometedoras en el campo biomédico, con biocompatibilidad, baja reactividad y propiedades ópticas. Se ha reportado que tiene excelentes efectos mecánicos cuando se utiliza como material dental, pero adolece de la limitación de una alta opacidad. La caracterización microestructural de muestras obtenidas térmicamente a 1200 °C con una velocidad de solidificación y enfriamiento de 10 °C/min, se realizó mediante SEM. El tamaño de grano promedio se midió a partir de micrografías de 10.000x utilizando el método de intercepción lineal en el software ImageTool. La microestructura de los materiales se obtuvo mediante micrografía. La relación entre el contenido de itrio, la fase cristalina y el tamaño de grano se determinó según el método de intersección lineal, y se concluye que existe relación entre el contenido de itrio y el tamaño de grano reportado. En esencia simplificar el diseño, la fabricación y estética de restauraciones complejas mediante el desarrollo digital, mejora la calidad; aumentar el contenido de óxido de itrio permite un mayor contenido de fase cúbica, un mayor tamaño de grano y la reducción de la dispersión de luz.

Palabras clave: **zirconia, itrio, sinterizado, SEM-EDS, DRX**

ABSTRACT

Zirconia is one of the most promising ceramics in the biomedical field, with biocompatibility, low reactivity, and optical properties. It has been reported to have excellent mechanical effects when used as a dental material but suffers from the limitation of high opacity. The microstructural characterization of samples obtained thermally at 1200 °C with a solidification and cooling rate of 10 °C/min was performed using SEM. The average grain size was measured from 10,000x micrographs using the linear intercept method in ImageTool software. The microstructure of the materials was obtained by micrography. The relationship between the yttrium content, the crystalline phase, and the grain size was determined according to the linear intersection method, and it is concluded that there is a relationship between the yttrium content and the reported grain size. In essence, simplifying the design, manufacturing and aesthetics of complex restorations through digital development improves quality; increasing the yttrium oxide content allows for higher cubic phase content, larger grain size and reduced light scattering.

Keywords: **zirconium, yttrium, sintered, SEM-EDS, XRD**

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas basados en zirconia han ganado una inmensa popularidad en el campo de la odontología restauradora, tanto en prótesis parciales fijas anteriores como posteriores. La investigación y el desarrollo recientes en tecnología de diseño y fabricación asistidos por computadora (CAD/CAM) y procesos de sinterización han brindado conocimientos y capacidad para producir restauraciones a base de zirconia, especialmente para aplicaciones en la región anterior de la boca [1-3].

1.1. Cualidades de los materiales de zirconia

Los gradientes de translucidez y los requisitos de combinación de colores en el mundo actual siguen planteando mayores desafíos en este campo debido al hecho de que estos materiales son bastante opacos y de color blanco. Se han realizado varios intentos para lograr la translucidez y el color deseados mediante técnicas de tinción y glaseado, pero tiene sus propias desventajas de desconchado y delaminación del esmalte, baja resistencia al desgaste. Para superar el problema inherente de la baja translucidez, se han sugerido tres o cuatro técnicas de estratificación, en las que un núcleo de zirconia de alta resistencia se recubre con porcelana estética [2,4-6].

1.2. Zirconia modificado

Aunque estas restauraciones tienen un aspecto muy natural y una alta resistencia al desgaste, los núcleos de color blanco resultan ser un inconveniente, especialmente en las regiones donde hay menos estructura dental. Un desarrollo reciente ha sido el uso de policristales de zirconia tetragonal parcialmente estabilizados con itrio (Y-TZP) con contenido variable de óxido de itrio, que se sabe que tiene un efecto sobre sus propiedades escriturales, mecánicas y ópticas con la adición de algún modificador para lograr un gradiente tanto en resistencia como en color [5-9].

1.3. Zirconia/Itrio

La modificación de zirconia con óxido de itrio (Y-TZP) con un contenido de al menos 3% mol es altamente estético y ampliamente recomendado para restauraciones anteriores, especialmente en un sistema reciente desarrollado por Kuraray Inc. llamado Katana™ que tiene un gradiente multicapa de translucidez y color. Aumentar el contenido de itrio al 5% mol le da una mayor cantidad de fase cúbica y un tamaño de grano más grande al material [5,7,9-13].

El aumento en el contenido de óxido de itrio genera un mayor cambio de fase tetragonal a cúbica. Lo que genera una mayor transmitancia de luz y una pérdida de propiedades mecánicas. Hasta ahora faltan estudios que aclaren la comprensión de la relación estructura-propiedad entre las propiedades clínicas de este sistema de zirconia. Se sabe que las diferencias en el contenido de itrio entre la zircona UTML, STML y HTML provocan cambios en sus fases de cristalografía y propiedades de microestructura [12-15].

2. MATERIAL Y MÉTODO

Se estudio el sistema de zirconia multicapa Katana™; Kuraray Noritake, que incluye 3 materiales de zirconia diferentes. Los datos sobre las condiciones de sinterización, propiedades mecánicas de los 3 materiales se enumeran en la Tabla 1 [12].

Tabla 1. Condiciones de sinterización y propiedades mecánicas de los distintos tipos de óxido de zirconia (Fuente: adaptado de [12]).

Sistemas (clave)		Velocidad de incrementos de Ta [˚C/min]	Temperatura limite [˚C] por 2 horas	Velocidad de decrementos de Ta [˚C/min]	Fuerza de flexión [MPa]
A	UTML	10	1550	10	557
B	STML	10	1550	10	748
C	HTML	10	1500	10	1125

2.1. Diseño y sinterización de muestras

Se diseñaron muestras en forma de disco (15 mm de diámetro y 1 mm de espesor) mediante el software DentalCAD Versión 3.0 Galway, EXOCAD GmbH, para posteriormente, fresar 12 muestras de cada material de zirconia a partir de discos presinterizados CAD/CAM (98 mm x 18 mm - tono de color A2) utilizando una fresadora (350i imes- icore® GmbH).

2.2. Análisis elemental

Se llevó a cabo con espectroscopía de dispersión de energía (EDS) para cuantificar la composición del material (óxido de itrio - óxido de circonio) de los especímenes utilizando un microscopio electrónico JEOL JSM 7800 F a un voltaje de aceleración de 1 kV.

2.3. Análisis microestructural

La caracterización de la microestructura se realizó mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) sobre probetas de zirconia previamente grabadas térmicamente a 1200 °C durante 1h, utilizando una velocidad de curado y enfriamiento de 10 °C min^{-1}. El tamaño de grano promedio se medirá con micrografías de SEM con aumentos de 10 000x utilizando el método lineal de intercepción en el software Image-tool.

2.4. Identificación de fases

La distribución de la fase cristalina se analizó mediante rayos X utilizando un difractómero (difractómetro X'Pert Pro; PANalytical B.V.) con radiación CuKa generada a 40 kV y 30 mA. Los patrones DRX se registran en un rango de 2θ entre 20º y 80º con un tamaño de paso de 0,02º en un intervalo de paso de 3 segundos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Diseño y sinterización

Para la creación de las piezas de prueba se llevo a cabo el proceso de sinterización a las condiciones descritas en la metodología partiendo del material diseñado en DentalCAD 3.0 Galway mostrado en la figura 1. Esta fundición se realiza con un láser de gran precisión que funde el material hasta obtener, capa a capa, la pieza final.

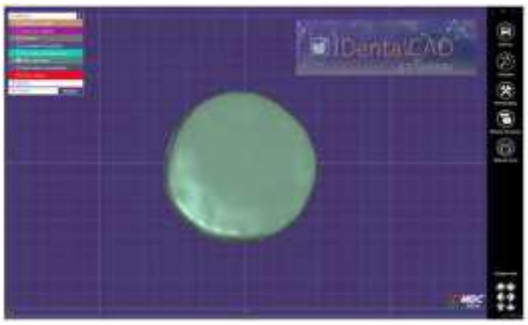


Figura 1. Muestra en forma de disco diseñada por DentalCAD 3.0 Galway (Fuente: elaboración propia)

Las capas obtenidas son de gran complejidad y detalle (figura 2), por lo que el sinterizado permite reproducir los ángulos y zonas más exigentes, ya sea por su morfología curvada o por los requerimientos especiales en la elaboración de la pieza.



a) b) c)

Figura 2. a) Lotes de zirconia multicapa empleados (Katana™ Kuraray Noritake), b) Esquema del gradiente del disco de zirconia multicapa. c) capas de un segmento de muestra de zirconia (Fuente: elaboración propia)

3.2. Composición elemental

El contenido de óxido de itrio fue diferente entre los materiales de zirconia. UTML mostró el contenido de itrio más alto, 12.30 % en peso, STML tuvo 10.18 % en peso y HTML tuvo el contenido más bajo, 7.18 % en peso (Figura 3).

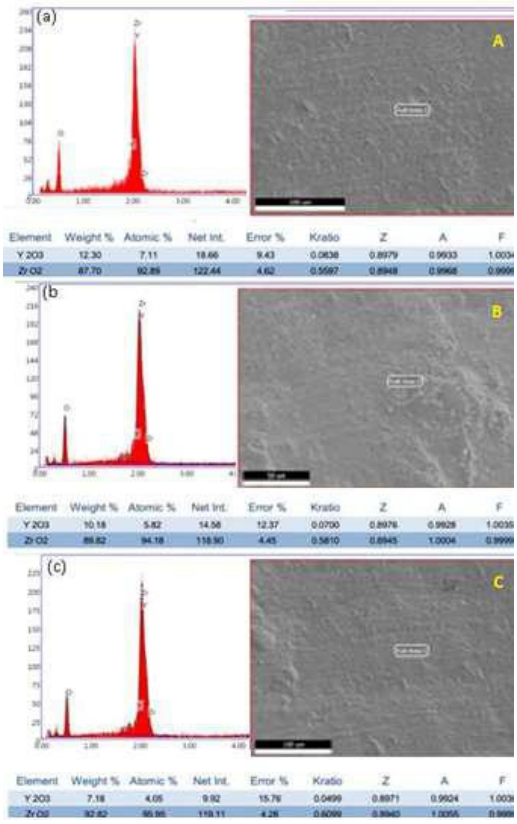


Figura 3. Comparación estructural del contenido porcentual de itrio (% peso) en los tres lotes de material de zirconia a) UTML, b) STML y c) HTML (Fuente: elaboración propia)

3.3. Microestructura y tamaño de grano

En la figura 4 se muestran micrografías representativas de los 3 lotes de zirconia empleados. No se observó porosidad en ninguna de las micrografías.

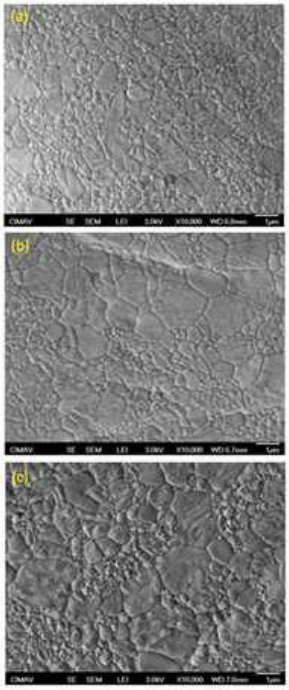


Figura 4. Micrografías FE-SEM representativas de los lotes de materiales de zirconia estudiados a) UTML, b) STML y c) HTML (Fuente: elaboración propia)

Las microestructuras están en concordancia con los contenidos de itrio y fase cúbica, con la muestra UTML con el tamaño de grano más grandes y HTML los más pequeños. El tamaño de grano promedio determinado por el método de

intercepción lineal confirmó estas observaciones, UTML, 4.00 ± 0.85 µm, STML, 2.80 ± 0.17 µm y HTML, 0.63 ± 0.03 µm, que coinciden con los reportados por algunos autores [16-18]. Otro detalle observable en la micrografía es la alta dispersión en el tamaño de grano de la muestra UTML, que presenta tamaños variados lo que produce una alta desviación en los resultados (desviación estándar). En contraste, HTML que es más homogénea y se observa una desviación estándar menor, lo que se refiere a una distribución de tamaño de grano más estrecha [18].

3.4. Análisis de fases

Estudios anteriores informaron que los tres materiales de zirconia de los sistemas estudiados (Katana^{TM}, Kuraray) presentan diferentes niveles de translucidez y resistencia debido a las concentraciones de óxido de itrio [13,17-22]. En la figura 5, se observan los diferentes lotes de zirconia modificada con itrio analizados, se analiza el contenido de óxido de itrio, lo que da como resultado un mayor contenido de fase cúbica, en función de la cantidad molar de oxido de itrio, esto a su vez se demostró conduce a un tamaño de grano mayor y una reducción de la dispersión de la luz en el límite del grano [21-23].

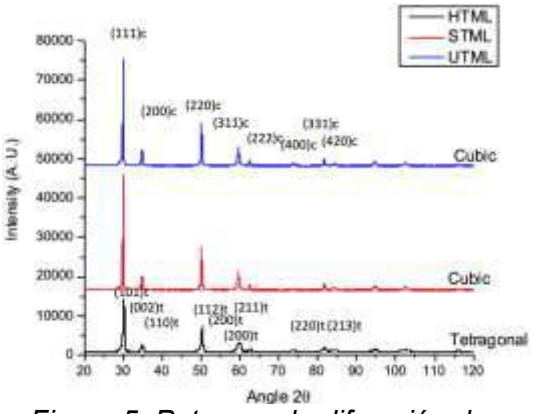


Figura 5. Patrones de difracción de rayos X (DRX) para cada lote de zirconia investigado (Fuente: elaboración propia)

Al aumentar la cantidad de óxido de itrio de 3 a 5% mol, el contenido de fase cúbica aumenta, esto provoca un tamaño de grano mayor que reducirá la dispersión de la luz en el límite del grano [18,19]. Por otra parte, Revilla-León y col., demostraron una disminución en la resistencia a la flexión de la zircona debido al aumento de cristales cúbicos [23].

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos hasta el momento sobre el contenido de itrio y las características microestructurales fueron consistentes con reportes bibliográficos e información del fabricante, mostrando que UTML tiene el contenido de itrio más alto mientras que STML, el contenido más bajo. A su vez el mayor contenido de itrio otorgo un mayor contenido de fase cubica, y una mayor estabilidad mecánica. A pesar de observar esta similitud entre los estudios, se obtuvieron algunas discrepancias entre los valores específicos del contenido de itrio, pero esto se debe a las diferentes técnicas utilizadas para su medición. Asimismo, los resultados del presente estudio son consistentes con otras investigaciones publicadas que respaldan la alternativa de implementar el sistema de zirconia multicapa (KatanaTM, Kuraray) en restauraciones totales realizadas mediante el empleo de tecnología digital.

AGRADECIMIENTOS

La Dra. Gallardo-Rivas agradece al TecNM por el permiso otorgado para la realización de actividades de Año Sabático (2023-24), al Instituto Tecnológico de Ciudad Madero-CIP por permitirnos el uso de sus instalaciones y a la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas por la recepción para la realización de las actividades experimentales del Año Sabático.

REFERENCIAS

1. McLaren, E. A., Maharishi, A., & White, S. N. (2023). Influence of yttria content and surface treatment on the strength of translucent zirconia materials. The Journal of prosthetic dentistry, 129(4), 638-643.
2. Arellano Moncayo, A. M., Peñate, L., Arregui, M., Giner-Tarrida, L., & Cedeño, R. (2023). State of the art of different zirconia materials and their indications according to evidence-based clinical performance: A narrative review. Dentistry Journal, 11(1), 18.
3. Matsui, K., Hosoi, K., Feng, B., Yoshida, H., & Ikuhara, Y. (2023). Ultrahigh toughness zirconia ceramics. Proceedings of the National Academy of Sciences, 120(27), e2304498120.
4. Sulaiman, T. A., Suliman, A. A., Abdulmajeed, A. A., & Zhang, Y. (2024). Zirconia restoration types, properties, tooth preparation design, and bonding. A narrative review. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 36(1), 78-84.
5. Xue, M., Liu, S., Wang, X., & Jiang, K. (2020). High fracture toughness of 3Y-TZP ceramic over a wide sintering range. Materials Chemistry and Physics, 244, 122693.
6. Imariouane, M., Saâdaoui, M., Denis, G., Reveron, H., & Chevalier, J. (2023). Low-yttria doped zirconia: Bridging the gap between strong and tough ceramics. Journal of the European Ceramic Society, 43(11), 4906-4915.
7. Soylemez, B., Sener, E., Yurdakul, A., & Yurdakul, H. (2020). Fracture toughness enhancement of yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystalline ceramics through magnesia-partially stabilized zirconia addition. Journal of Science: Advanced Materials and Devices, 5(4), 527-534.
8. Alves, M. F. R. P., de Campos, L. Q. B., Simba, B. G., da Silva, C. R. M., Strecker, K., & dos Santos, C. (2022). Microstructural characteristics of 3Y-TZP ceramics and their effects on the flexural strength. Ceramics, 5(4), 798-813.
9. Cui, J., Zhao, W., Guan, K., & Rao, P. (2020). Evaluation of fracture toughness of zirconia ceramics with heterogeneous yttrium distribution microstructures. Journal of the Australian Ceramic Society, 56, 1229-1235.
10. Li, Q. L., Jiang, Y. Y., Wei, Y. R., Swain, M. V., Yao, M. F., Li, D. S., ... & Wang, X. D. (2022). The influence of yttria content on the microstructure, phase stability and mechanical properties of dental zirconia. Ceramics International, 48(4), 5361-5368.
11. Shin, H. S., & Lee, J. S. (2021). Comparison of surface topography and roughness in different yttrium oxide compositions of dental zirconia after grinding and polishing. The Journal of Advanced Prosthodontics, 13(4), 258.
12. Liao, Y., Gruber, M., Lukic, H., McLees, J., Chen, S., Boghosian, A., & Megremis, S. (2023). Survey of the mechanical and physical behaviors of yttria-stabilized zirconia from multiple dental laboratories. JADA Foundational Science, 2, 100018.
13. Singh, R. G., Lyons, K. M., Waddell, J. N., & Li, K. C. (2022). Effect of thermocycling on the mechanical properties, inorganic particle release and low temperature degradation of glazed high translucent monolithic 3Y-TZP dental restorations. Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, 136, 105495.
14. Zhang, C. Y., Agingu, C., Tsoi, J. K. H., & Yu, H. (2021). Effects of aging on the color and translucency of monolithic translucent Y-TZP ceramics: a systematic review and meta-

analysis of in vitro studies. BioMed Research International, 2021.
15. Solá-Ruíz, M. F., Rico-Coderch, A., Fons-Badal, C., Verdejo-Solá, B., & Agustín-Panadero, R. (2022). Influence of the chemical composition of monolithic zirconia on its optical and mechanical properties. Systematic review and meta-regression. Journal of Prosthodontic Research, 66(2), 193-207.
16. Camposilvan, E., Leone, R., Gremillard, L., Sorrentino, R., Zarone, F., Ferrari, M., & Chevalier, J. (2018). Aging resistance, mechanical properties and translucency of different yttria-stabilized zirconia ceramics for monolithic dental crown applications. Dental Materials, 34(6), 879-890.
17. Inokoshi, M., Shimizu, H., Nozaki, K., Takagaki, T., Yoshihara, K., Nagaoka, N. & Minakuchi, S. (2018). Crystallographic and morphological analysis of sandblasted highly translucent dental zirconia. Dental Materials, 34(3), 508-518.
18. Kolakarnprasert, N., Kaizer, M. R., Kim, D. K., & Zhang, Y. (2019). New multi-layered zirconias: Composition, microstructure and translucency. Dental Materials, 35(5), 797-806.
19. Elsaka, S. E. (2019). Optical and mechanical properties of newly developed monolithic multilayer zirconia. Journal of Prosthodontics, 28(1), e279-e284.
20. Rada, S., Culea, E., & Rada, M. (2019). Microstructure and mechanical properties of stabilized zirconia ceramics. Dental Materials, 35, e32.
21. Harada, K., Raigrodski, A. J., Chung, K. H., Flinn, B. D., Dogan, S., & Mancl, L. A. (2016). A comparative evaluation of the translucency of zirconias and lithium disilicate for monolithic restorations. The Journal of prosthetic dentistry, 116(2), 257-263.
22. Shamseddine, L., & Majzoub, Z. (2017). Relative translucency of a multilayered ultratranslucent zirconia material. The journal of contemporary dental practice, 18, 1099-1106.
23. Revilla-León, M., Umorin, M., Özcan, M., & Piedra-Cascón, W. (2020). Color dimensions of additive manufactured interim restorative dental material. The Journal of prosthetic dentistry, 123(5), 754-760.

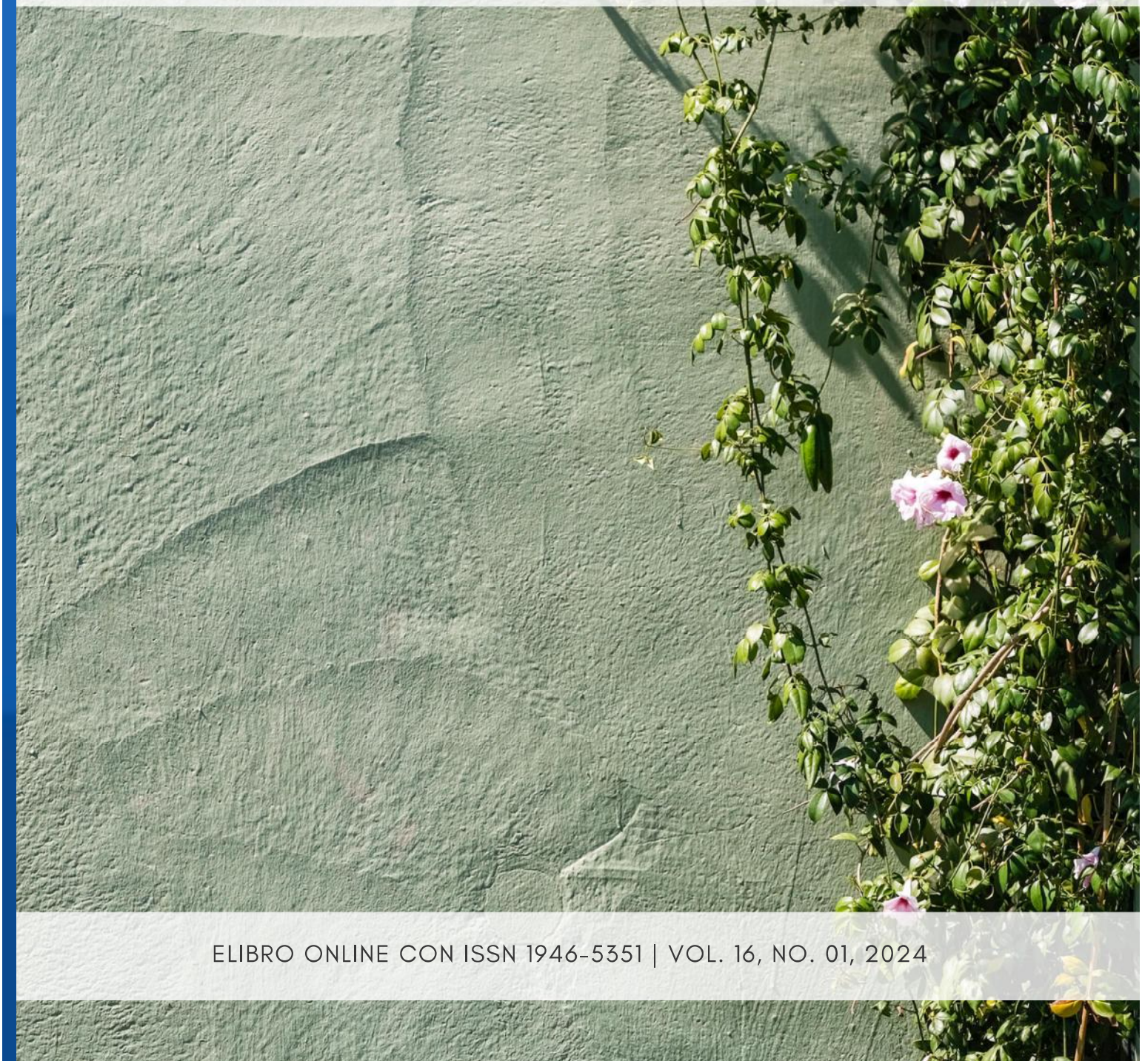
ACADEMIA JOURNALS
OPUS PRO SCIENTIA ET STUDIUM

26 Y 27 FEBRERO, 2023

CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACION ACADEMIA JOURNALS
26 Y 27 DE FEBRERO 2024
CIE LOS MOCHIS, SINALOA

ARTÍCULOS DEL CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN ACADEMIA JOURNALS LOS MOCHIS 2024

Conectando Mentes, Innovando Horizontes



ELIBRO ONLINE CON ISSN 1946-5351 | VOL. 16, NO. 01, 2024

Congreso Internacional de Investigación Academia Journals

ISSN

ISSN 1946-5351 online
No. 15, 2023*

*El número 1 fue utilizado en 2009. Cada año siguiente ha recibido el número secuencial.

ISSN asignado a Academia Journals por el U.S. ISSN Center, una rama de la Biblioteca del Congreso de Estados Unidos. Varios portales independientes proporcionan servicios de verificación de la asignación de un ISSN a una publicación periódica. Entre los más utilizados se encuentran los siguientes: WORLDCAT:
https://www.worldcat.org/account/?page=searchItems

Consejo académico

Dr. Rafael Moras (San Antonio, EEUU)
MA Ani Alegre (Austin, EEUU)
Dr. Ángel Esparza (Houston, EEUU)
Lic. David Moras (San Antonio)
MC Constantino Moras Sánchez (Orizaba, México)
Dr. Eloy Mendoza Machain (Morelia, México)
Dr. Pedro López Eiroá (CDMX, México)
Dr. Victor Mendoza (Puebla, México)
Dr. Albino Rodríguez Díaz (Tepic, México)
Vicerrector Dante Agatón (Morelia, México)

Diseño y publicidad

contacto@academiajournals.com

Comentarios y sugerencias

contacto@academiajournals.com
+1 (210) 415-3353
3760 E. Evans
San Antonio TX 78259 USA
www.academiajournals.com

Política de copyright

Con el fin de maximizar el valor para los autores de sus publicaciones en AJ, se observan las políticas de copyright aquí descritas. Academia Journals protegerá los intereses de los autores y de las instituciones donde ellos laboran. Como requisito para publicar en AJ, todos los autores y la institución donde ellos laboran transfieren a AJ cualquier derecho de copyright que tengan en su artículo. El copyright se transmite cuando el artículo es aceptado para su publicación. La asignación de copyright es nula y terminada en caso de que el artículo no sea aceptado para publicación.

Para corresponder a la transferencia de los derechos de autor, AJ cede a los autores y a las instituciones donde ellos laboran el permiso y derecho de hacer copias del artículo publicado y utilizarlo para fines académicos. El autor retiene siempre los derechos de patentes descritas en el artículo.

Después de que el artículo haya sido aceptado para su publicación en AJ, y dado que el copyright ha sido ya transferido, cualquier cambio o revisión al material debe hacerse solamente con la autorización de AJ.

Indexación

Desde 2015, los trabajos presentados en el congreso cuentan con indexación por la compañía EBSCO (EBSCOHOST) de Ipswich, Massachusetts, Estados Unidos. Para la verificación de los títulos indexados por este importante servicio de databases, consultar los enlaces
https://www.ebscohost.com/academic/fuente-academica plus,
https://www.ebscohost.com/titleLists/fap-subject.htm o
https://www.ebscohost.com/titleLists/fap-subject.pdf

All rights reserved

ACADEMIA JOURNALS

OPUS PRO SCIENTIA ET STUDIUM

Índice de Tomos

Páginas	
1.1 – 1.41	Tomo 01 – *Ciencias Administrativas*
2.1 – 2.65	Tomo 02 – *Ciencias de la Salud*
3.1 – 3.6	Tomo 03 – *Ciencias Naturales*
4.1 – 4.81	Tomo 04 – *Ciencias de la Educación*
5.1 – 5.83	Tomo 05 – *Humanidades, Ciencias Sociales, y Bellas Artes*
6.1–6.89	Tomo 06 – *Ingenierías*

ARTÍCULOS DEL CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN ACADEMIA JOURNALS LOS MOCHIS 2024

ELIBRO ONLINE CON ISSN 1946-5351 | VOL. 16, NO. 01, 2024

ACADEMIA JOURNALS

OPUS PRO SCIENTIA ET STUDIUM

Tomo 06

Ingenierías

ARTÍCULOS DEL CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN ACADEMIA JOURNALS LOS MOCHIS 2024

ELIBRO ONLINE CON ISSN 1946-5351 | VOL. 16, NO. 01, 2024

Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
MCH015	Diagnostics of Thermal Desorption Process to Optimize the Temperature of Oil-based Drill Cuttings Furnace 3	Dra. Rocío Antonio Cruz M.I. José Luis Cáceres Javier Dra. Nora Alicia Purata Pérez MTI. Maximiliano Santiago Pérez Ing. Perla María Ramón Alvarez Ing. Francisco Rafael Arteaga Fang	Antonio Cruz	6.1
MCH029	Análisis Numérico de Lesión de Menisco por medio del Método del Elemento Finito	Ing. Alfredo Carbajal López Dr. Guillermo Urriolagoitia Sosa Dra. Beatriz Romero Ángeles Ing. David Esaú Carbajal López Ing. Eduardo Enrique Carmona Hernández Ing. Juan Eduardo Lopez Carrillo Ing. Ivan Arturo Pascual Salgado Dr. Guillermo Manuel Urriolagoitia Calderón	Carbajal López	6.6
MCH021	Estudio Numérico del Flujo a través de las Tapas de Burbuja de una Columna de Destilación para el Aumento de Pureza de un Biocombustible	Mtro. Enrique Cruz Octaviano Dr. Guillermo Efrén Ovando Chacón Dr. Javier Gómez Rodríguez Dr. Abelardo Rodríguez León Dra. Sandy Luz Ovando Chacón	Cruz Octaviano	6.11
MCH026	Análisis Microestructural y Tamaño de Grano de Materiales de Zirconio para Restauración de Prótesis Dentales	Nohra Violeta Gallardo Rivas Dr. Jorge Humberto Luna Dominguez Dra. Ana María Mendoza Martínez	Gallardo Rivas	6.17
MCH074	Desarrollo de una Aplicación Web para el Seguimiento de Solicitudes en el Departamento de Apoyo a la Extensión de la Cultura y la Vinculación (DAECV)	Lic. Cira del Carmen González Gallegos Dr. Jesuan Adalberto Sepúlveda Rodríguez	González Gallegos	6.22
MCH013	Desarrollo de una Red Neuronal Convolucional para Realizar la Identificación Paramétrica de un Robot Cartesiano de 3 Grados de Libertad	Ing. Michelle Guerra Marín Dra. María Aurora Diozcora Vargas Treviño Dr. Sergio Vergara Limón Dr. Jesús López Gómez Dr. Carlos Leopoldo Carreón Díaz de León Dra. Amparo Dora Palomino Merino	Guerra Marín	6.28

Análisis Microestructural y Tamaño de Grano de Materiales de Zirconio para Restauración de Prótesis Dentales

Nohra Violeta Gallardo Rivas Dra.[1], Dr. Jorge Humberto Luna Domínguez[2],
Dra. Ana María Mendoza Martínez[3]

Resumen— La zirconia, es uno de los cerámicos con mayor potencial en el área biomédica, con propiedades de biocompatibilidad, baja reactividad y cualidades ópticas. Se ha reportado su uso como material odontológico con excelentes resultados mecánicos, sin embargo presenta la limitante de alta opacidad. La caracterización de la microestructura se realizó con SEM sobre probetas de Zr grabadas térmicamente a 1200°C, utilizando velocidad de curado y enfriamiento de 10°C/min. El tamaño de grano promedio se medió con las micrografías de 10 000x utilizando el método lineal de intercepción en el software ImageTool. La microestructura de los materiales de zirconio se obtuvo por micrografía. Se identificó la relación entre el contenido de modificador y la fase cristalográfica con el tamaño de grano, de acuerdo con el método de intersección lineal existe una relación entre la modificación y el tamaño de grano reportado. Simplificar diseño, fabricación y estética con desarrollos digitales, en restauraciones complejas, mejora las restauraciones cerámicas monolíticas El aumento de la cantidad de Y_2O_3 da como resultado un mayor contenido de fase cúbica y un tamaño de grano mayor y reduce la dispersión de la luz.

Palabras clave—zirconia, cerámico biocompatible, microestructura, tamaño de grano, restauración dental.

Introducción

La zirconia, es uno de los cerámicos con mayor potencial de ser utilizado como material sustituto en aplicaciones biomédicas, con propiedades de biocompatibilidad, baja reactividad y excelentes propiedades ópticas. Desde hace 30 años se ha reportado el uso de zirconia estabilizada como material odontológico con excelentes resultados mecánicos (dureza y resistencia a la fractura), sin embargo presenta la limitante de alta opacidad, por lo que se ha utilizado para estructuras de coronas y prótesis dentales fijas, que se recubren con porcelanas translúcidas, de manera similar a lo reportado en la bibliografía para las restauraciones tradicionales de porcelana fundida con metal. Sin embargo, en estas modificaciones, el astillado y fractura, asociados con las tensiones térmicas residuales producidas por el proceso de fabricación, son las principales limitantes técnicas reportadas (Luna-Domínguez et al., 2023).

Al día de hoy, las técnicas utilizadas en el manejo y transformación de los metales se consideran aplicables a los distintos sistemas cerámicos. En la actualidad, las transformaciones de fase, la aleación, el enfriamiento y templado se aplican sobre distintos sistemas de cerámica de zirconia. El aumento significativo a la resistencia a la fractura, la ductilidad y la resistencia al impacto del compuesto han reducido la brecha entre las propiedades físicas de las cerámicas y de los metales. Además, los desarrollos recientes en materia de cerámica libre de óxido y de mayor dureza, así como las gigantescas inversiones en la industria dental también han creado grandes expectativas en el potencial de la aplicación de los materiales cerámicos en la odontología clínica (Sen et al., 2017). Desde el punto de vista de la tecnología, la zirconia parece presentar un excelente rendimiento a corto plazo; sin embargo, no existen datos sobre la longevidad a largo plazo de este compuesto, razón por la cual el futuro del mismo sigue siendo una incógnita.

Existen estudios recientes sobre el uso de este tipo de materiales en el área odontológica como por ejemplo: Kolakarnprasert y col., en el 2019, establecieron que para conocer las ventajas de la aplicación de las zirconias multicapa, es necesaria una comprensión integral de su composición química, microestructura, resistencia a la degradación a baja temperatura y propiedades de translucidez. Evaluaron 3 grados distintos de zirconia multicapa, analizaron los materiales de forma individual y sus capas; composición química, fracciones de fase de zirconia y microestructura, también determinaron su resistencia a LTD y sus propiedades de translucidez. Concluyeron que no existen diferencias importantes entre las capas, pero los 3 materiales eran muy distintos. La translucidez fue similar entre las capas. Para cada grado de óxido de zirconio multicapa, las capas solo se diferencian en los tipos de pigmentos y sus contenidos, lo que produce gradientes de color naturales.

[1] Nohra Violeta Gallardo Rivas es Investigador visitante (Estancia de Investigación) en la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tampico, Tamaulipas, México. Y Profesora del Tecnológico Nacional de México/I. T. de Cd. Madero, Ciudad Madero, Tamaulipas, México nohra.gr@cdmadero.tecnm.mx **(autor corresponsal)**
[2] El Dr. Jorge Humberto Luna Domínguez es Profesor de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tampico, Tamaulipas, México. jhluna@docentes.uat.edu.mx
[3] La Dra. Ana María Mendoza Martínez es Profesora del Tecnológico Nacional de México/I. T. de Cd. Madero, Ciudad Madero, Tamaulipas, México. ana.mm@cdmadero.tecnm.mx.

Andrade-Guel y col., en el 2019, reportaron el uso del dióxido de zirconio (ZrO_2) como un cerámico con buenas propiedades para aplicaciones en las áreas médica, química y farmacéutica. Esto lo atribuyen a sus cualidades anfótericas, con tres fases cristalinas, monoclínica, tetragonal y cúbica, lo que otorga distintas propiedades a estos materiales que son aprovechables. Ellos analizaron los métodos se síntesis del ZrO_2 y sus aplicaciones biomédicas, evaluaron los métodos hidrotérmico, precipitación, solvotérmico y sol-gel. Concluyendo que las condiciones del proceso (energía de ultrasonido y la radiación de microondas) permiten reducir los tiempos de reacción y elevan la eficiencia energética. Además establecieron que los métodos de síntesis modifican las propiedades del ZrO2, influyendo en la potencial aplicación del producto obtenido, entre ellas reemplazos óseos, prótesis dentales y liberación de fármacos.

Marcelo y col., en el 2020, publicaron una revisión bibliográfica con el análisis de 48 artículos elegidos en función de los criterios de uso y aplicación del material de dióxido de zirconio. Encontraron que todas las restauraciones protésicas donde se empleo dióxido de zirconio, indistintamente a su forma de utilización, mostraron un desempeño clínico muy similar con el tiempo (3 años), y que después de ese tiempo, dependerá del uso, composición y elección del caso. Concluyeron, que el éxito clínico de las restauraciones donde se utiliza dióxido de zirconio, es debido a las múltiples ventajas mecánicas, a las modificaciones estructurales, sumadas a la adición de aditivos para su estabilización, perfilándolo como un material idóneo para el trabajo tanto en estética como en áreas de necesidad de soporte mecánico.

En este sentido esta propuesta pretende analizar y evaluar las modificaciones a las propiedades fisicoquímicas de la zirconia con respecto a la concentración de ytrio empleada, de modo tal que permita demostrar que las propiedades microestructurales y de tamaño (de grano), son favorables para la potencial aplicación de estos materiales en restauraciones odontológicas y simplificación del tratamiento protésico.

Metodología

Materiales

Los sistemas de zirconio multicapa empleados, fueron los disponibles comercialmente (Katana™; Kuraray Noritake). En el cuadro 1 se muestra la nomenclatura de los tres sistemas con los que se trabajó.

Clave	Nomenclatura	Siglas comerciales
ZUT	Zirconia Ultra Translucent Multi Layered	UTML
ZST	Zirconia Super Translucent Multi Layered	STML
ZHT	Zirconia High Translucent Multi Layered	HTML

Cuadro 1. Nomenclatura de los sistemas de zirconio multicapa empleados.

Sinterización y manufactura de discos

Se diseñaron muestras en forma de disco de múltiples capas (15 mm de diámetro y 1,0 mm de espesor) mediante el software DentalCAD 3.0 Galway. Posteriormente, se fresaron 12 muestras para cada material de circonio (ZUT, ZST y ZHT) a partir de discos pre-sinterizados (98 mm x 18 mm) utilizando una fresadora (350i times- icore® GmbH). Las muestras se retiraron de los discos de zirconio con la ayuda de un micro-motor utilizando una fresa de diamante y se sinterizaron siguiendo las instrucciones del cuadro 2.

Clave	Velocidad de incremento de Temperatura	Temperatura sup	Velocidad de decremento de Temperatura	Resistencia a la flexión
ZUT	10˚C/min	1550˚C for 2 h	10˚C/min	557 MPa
ZST	10˚C/min	1550˚C for 2 h	10˚C/min	748 MPa
ZHT	10˚C/min	1500˚C for 2 h	10˚C/min	1125 Mpa

Cuadro 2. Condiciones de sinterización y propiedades mecánicas de los sistemas de zirconio multicapa.

Después de eso, todas las muestras se pulieron con discos de caucho (Eve Diapol®) utilizando un micromotor de baja velocidad (Schick GmbH) con una velocidad de 10.000 rpm. Las muestras se pulieron en una dirección durante 30 segundos, se rotaron 90° y se pulieron durante otros 30 segundos. El sistema de pulido consta de 2 pasos mediante 2 discos de goma diferentes granos. Se realizó un pulido completo de un minuto para cada muestra. Posteriormente las muestras fueron limpiadas en ultrasonido con agua destilada durante 10 minutos.

Análisis microestructural y tamaño de grano.

La caracterización de la microestructura se realizó mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) sobre probetas de zirconio previamente grabadas térmicamente a 1200ºC durante 1 hora, utilizando una velocidad de curación y enfriamiento de 10ºC/min. El tamaño de grano promedio se midió en micrografías SEM con aumentos de 10 000x utilizando el método lineal de intersección en el software ImageTool.

Resultados

Sinterización

Para la creación de las piezas de prueba se llevo a cabo el proceso de sinterización a las condiciones descritas en la metodología partiendo del espécimen diseñado en DentalCAD 3.0 Galway (figura 1). Esta fundición se realiza con un láser de gran precisión que funde el material hasta obtener, capa a capa, la pieza final.

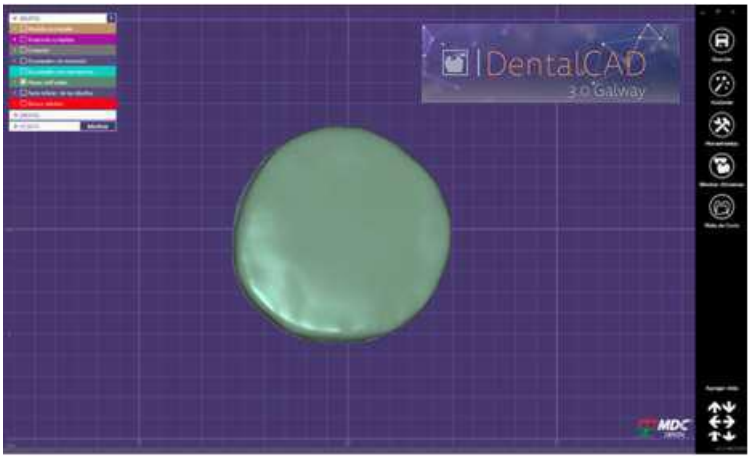


Figura 1. Muestra en forma de disco diseñada por DentalCAD 3.0 Galway.

Las capas obtenidas son de gran complejidad y detalle (figura 2), por lo que el sinterizado permitió reproducir los ángulos y zonas más exigentes, ya sea por su morfología curvada o por los requerimientos especiales que se tuvieron en la elaboración de la pieza.

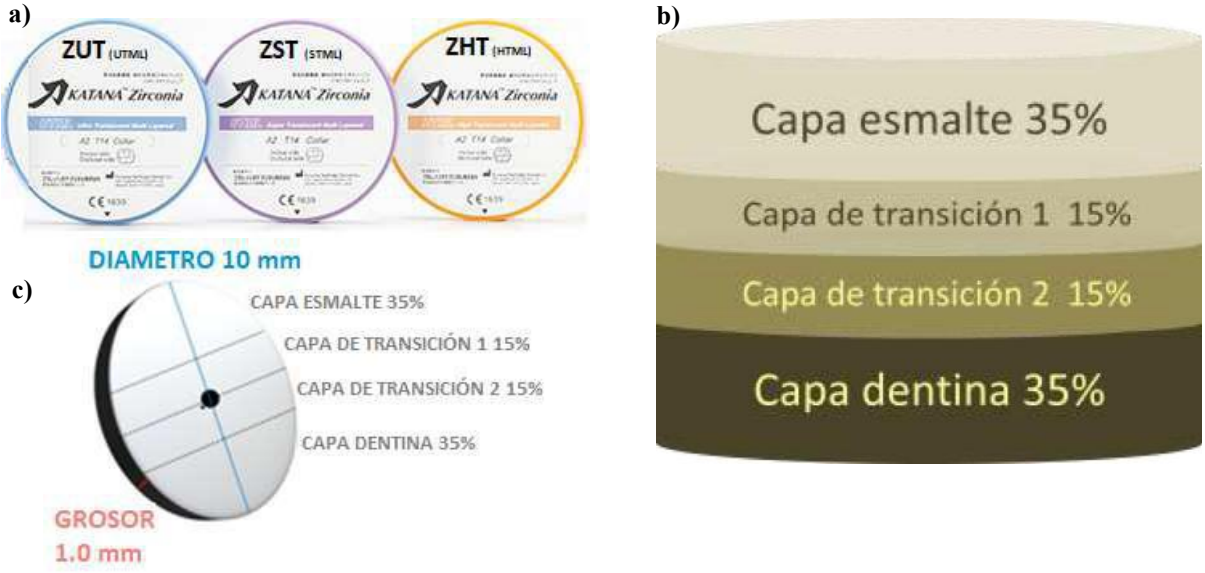


Figura 2. a) Lotes de zirconio multicapa empleados (Katana™ Kuraray Noritake), b) Esquema del gradiente del disco de zirconia multicapa. c) capas de un segmento de muestra de zirconio.

Composición

El contenido de óxido de ytrio fue diferente entre los materiales de circonio. ZUT mostró el contenido de ytrio más alto, 12,30 % en peso, ZST tuvo 10,18 % en peso y ZHT tuvo el contenido más bajo, 7,18 % en peso (Figura 3).

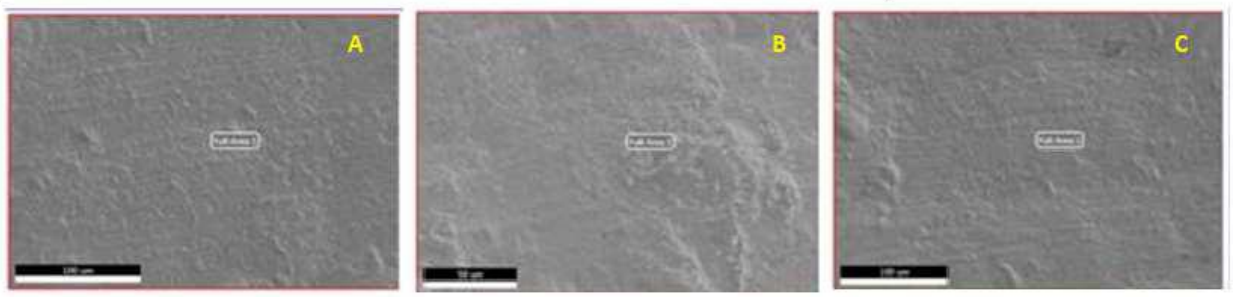


Figura 3. Comparación estructural del contenido porcentual de ytrio (% peso) en los tres lotes de material de zirconio a) ZUT, b) ZST y c) ZHT.

En el cuadro 3, se reportan los valores de porcentaje composicional, obtenidos por EDX, de los diferentes lotes de zirconio multicapa que se evaluaron, se observa que el contenido de ytrio va decayendo con el incremento de zirconio presente en la muestra, esto provee un mayor contenido de fase cubica en la pieza, un acomodo tal que permite piezas con cualidades mecánicas y estéticas compatibles.

Lote	Elemento	% peso	% atómico	Net. Int.	% error
ZUT	Y 2O3	12.30	7.11	18.66	9.43
	Zr O2	87.70	92.89	122.44	4.62
ZST	Y 2O3	10.18	5.82	14.58	12.37
	Zr O2	89.82	94.18	118.90	4.45
ZHT	Y 2O3	7.18	4.05	9.92	15.76
	Zr O2	92.82	95.95	119.11	4.28

Cuadro 3. Comparación del contenido de ytrio (wt %) en los materiales de zirconia multicapa

Microestructura y tamaño de grano

En la figura 4 se muestran micrografías representativas de los 3 lotes de zirconio empleados. No se observó porosidad en ninguna de las micrografías. Las microestructuras están en concordancia con los contenidos de ytrio y fase cúbica, con la muestra ZUT con el tamaño de grano más grandes y ZHT los más pequeños. El tamaño de grano promedio determinado por el método de intercepción lineal confirmó estas observaciones, ZUT, 4.00 ± 0.85 µm, ZST, 2.80 ± 0.17 µm y ZHT, 0.63 ± 0.03 µm, que coinciden con los reportados por algunos autores (Camposilvan et al., 2018; Inokoshi et al., 2018; Kolakarnprasert et al., 2019). Otro detalle observable en la micrografía es la alta dispersión en el tamaño de grano de la muestra ZUT, que presenta tamaños variados lo que produce una lata desviación en os resultados (desviación estándar). En contraste, ZHT que es más homogénea y se observa una desviación estándar menor, lo que se refiere a una distribución de tamaño de grano más estrecha (Kolakarnprasert et al., 2019).

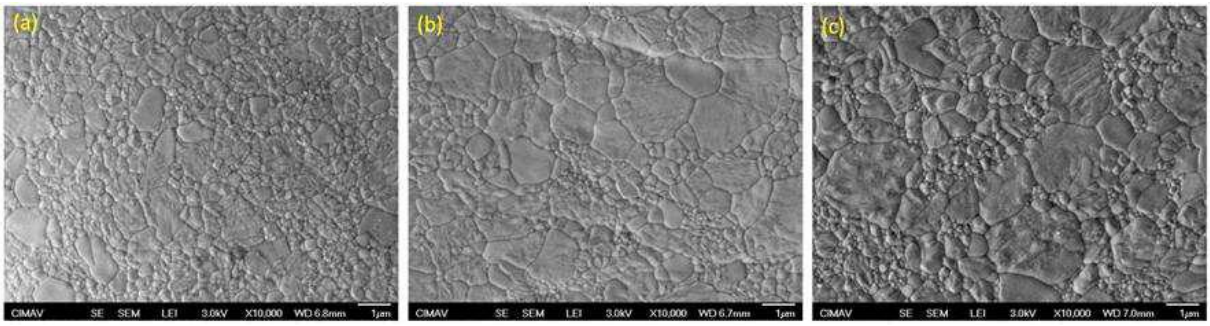


Figura 4. Micrografías FE-SEM representativas de los lotes de materiales de zirconio estudiados a) ZUT, b) ZST y c) ZHT.

.

Conclusiones

Los resultados obtenidos sobre el contenido de itrio y las características microestructurales fueron consistentes con reportes bibliográficos e información del fabricante, mostrando que ZUT tiene el contenido de ytrio más alto mientras que ZHT, el contenido más bajo. A pesar de observar esta similitud entre los estudios, se obtuvieron algunas discrepancias entre los valores específicos del contenido de itrio, pero esto se debe a las diferentes técnicas utilizadas para su medición. Asimismo, los resultados del presente estudio son consistentes con otras investigaciones publicadas que respaldan la alternativa de implementar el sistema completo de circonio multicapa (KatanaTM, Kuraray) en restauraciones totales realizadas mediante un flujo de trabajo digital.

Agradecimientos

La Dra. Nohra V. Gallardo Rivas agradece al TecNM por el permiso otorgado para la realización de actividades de Año Sabático (2023-24), al Instituto Tecnológico de Ciudad Madero-CIP por permitirnos el uso de sus instalaciones y a la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas por la recepción para la realización de las actividades experimentales del Año Sabático.

Referencias

Andrade-Guel, M. L., Cabello-Alvarado, C. J., Ávila-Orta, C. A. “Dióxido de zirconio: alternativas de síntesis y aplicaciones biomédicas”. CienciaUAT, Vol. 14(1), pag. 18-30, 2019.

Camposilvan E, Leone R, Gremillard L, Sorrentino R, ZaroneF, Ferrari M. “Aging resistance, mechanical properties and translucency of different yttria-stabilized zirconiaceramics for monolithic dental crown applications”. Dent Mater, Vol. 34(6), pag. 879–890, 2018.

Inokoshi M, Shimizu H, Nozaki K, Takagaki T, Yoshihara K,Nagaoka N. “Crystallographic and morphologicalanalysis of sandblasted highly translucent dental zirconia”. Dent Mater, Vol 34, pag. 508–518, 2018.

Kolakarnprasert, N., Kaizer, M. R., Kim, D. K., Zhang, Y. “New multi-layered zirconias: Composition, microstructure and translucency”. Dental Materials, Vol. 35(5), pag. 797-806, 2019.

Luna-Domínguez, C. R., Luna-Domínguez, J. H., Blatz, M. “Full-mouth rehabilitation in a completely digital workflow using partially adhesive monolithic zirconia restorations”. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 2023.

Marcelo, J., Gallet-Alfaro, G. M., Fernández-Jacinto, L. M., Hinostroza-Noreña, D. “Ciencia y evolución del dióxido de zirconio, de la prioridad mecánica a la necesidad estética”. Revista Estomatológica Herediana, Vol. 30(3), pag. 224-236, 2020.

Sen, N., Us, Y. O. “Mechanical and optical properties of monolithic CAD-CAM restorative materials”. The Journal of prosthetic dentistry, Vol. 119(4), pag. 593-599, 2018.

Notas Biográficas

La **Dra. Nohra Violeta Gallardo Rivas** actualmente en Estancia de Investigación en la Facultad de Odontología/ Universidad Autónoma de Tamaulipas campus Tampico, profesor-investigador del Tecnológico Nacional de México/I.T. de Ciudad Madero, Cd. Madero, Tamaulipas sus líneas de investigación son las áreas de nuevos materiales con aplicaciones ambientales.

El **Dr. Jorge Humberto Luna Domínguez** es profesor e investigador de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Coordinador del Centro de Investigación de la Faculta de Odontología/UAT.

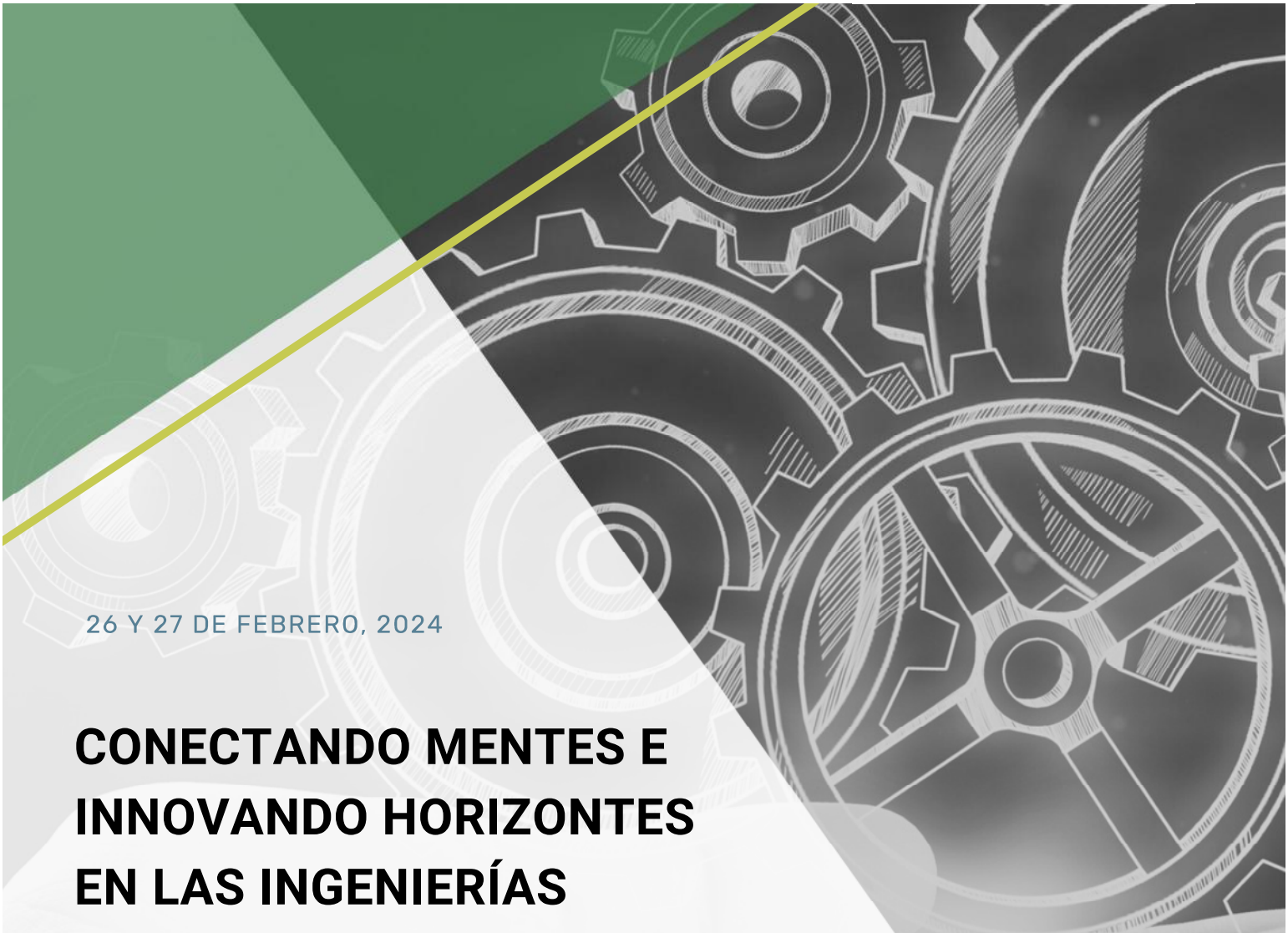
La **Dra. Ana María Mendoza Martínez** es profesor-investigador del Tecnológico Nacional de México/I.T. de Ciudad Madero, Cd. Madero, Tamaulipas sus líneas de investigación son las áreas de polímeros y nuevos materiales. Ha sido responsable técnico de diversos proyectos financiados del TecNM y de CONAHCYT.

ACADEMIA JOURNALS

OPUS PRO SCIENTIA ET STUDIUM

Congreso Internacional de Investigación
Academia Journals **Los Mochis 2024**
Conectando Mentes, Innovando Horizontes





26 Y 27 DE FEBRERO, 2024

CONECTANDO MENTES E INNOVANDO HORIZONTES EN LAS INGENIERÍAS – LOS MOCHIS 2024

TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN DEL CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN ACADEMIA JOURNALS LOS MOCHIS 2024

CONGRESO
INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN
ACADEMIA JOURNALS
LOS MOCHIS 2024

Conectando Mentes, Innovando Horizontes

ELIBRO CON ISBN ONLINE 979-8-89020-060-0

Título del Libro Electrónico: *Conectando Mentes e Innovando Horizontes en las Ingenierías – Los Mochis 2024*

ISBN 979-8-89020-060-0 online*

Este libro electrónico (e-book) contiene la colección de los trabajos de investigación presentados en el área de *ingenierías* en el Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Los Mochis 2024, *Conectando Mentes, Innovando Horizontes,* que fuera co-organizado los días 26y 27 de febrero de 2024 por Academia Journals en colaboración con eminentes investigadores de Los Mochis. El congreso tuvo como sede el Centro de Innovación y Educación Los Mochis.

POLÍTICA DE COPYRIGHT

Con el fin de maximizar el valor para los autores de sus publicaciones en AJ, se observan la políticas de copyright aquí descritas. Academia Journals protegerá los intereses de los autores y de las instituciones donde ellos laboran. Como requisito para publicar en AJ, todos los autores y la institución donde ellos laboran transfieren a AJ cualquier derecho de copyright que tengan en su artículo. El copyright se transmite cuando el artículo es aceptado para su publicación. La asignación de copyright es nula y terminada en caso de que el artículo no sea aceptado para publicación. Para corresponder a la transferencia de los derechos de autor, AJ cede a los autores y a las instituciones donde ellos laboran el permiso y derecho de hacer copias del artículo publicado y utilizarlo para fines académicos. El autor retiene siempre los derechos de patentes descritas en el artículo. Después de que el artículo haya sido aceptado para su publicación en AJ, y dado que el copyright ha sido ya transferido, cualquier cambio o revisión al material debe hacerse solamente con la autorización de AJ.

CONSEJO ACADÉMICO

Dr. Rafael Moras (San Antonio, EEUU)
MA Ani Alegre (Austin, EEUU)
Dr. Ángel Esparza (Houston, EEUU)
Lic. David Moras (San Antonio)
MC Constantino Moras Sánchez (Orizaba, México)
Dr. Eloy Mendoza Machain (Morelia, México)
Dr. Pedro López Eiroá (CDMX, México)
Dr. Víctor Mendoza (Puebla, México)
Dr. Albino Rodríguez Díaz (Tepic, México)
Vicerrector Dante Agatón (Morelia, México)

DISEÑO Y PUBLICIDAD

contacto@academiajournals.com

COMENTARIOS Y SUGERENCIAS

contacto@academiajournals.com
+1 (210) 415-3353
3760 E. Evans
San Antonio TX 78259 USA
www.academiajournals.com

*El ISBN fue asignado a este libro por la Agencia de ISBN en Estados Unidos. Los números de copyright tienen validez mundial. Para comprobar la validez de un ISBN, favor de visitar la página bookwire.com.



AcademiaJournals.com es un división de PDHTech, LLC, organización proveedora de servicios editoriales, educacionales y de entrenamiento profesional ubicada en San Antonio, Texas, EEUU.

www.academiajournals.com
All rights reserved

Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
MCH015	Diagnostics of Thermal Desorption Process to Optimize the Temperature of Oil-based Drill Cuttings Furnace 3	Dra. Rocío Antonio Cruz M.I. José Luis Cáceres Javier Dra. Nora Alicia Purata Pérez MTI. Maximiliano Santiago Pérez Ing. Perla María Ramón Alvarez Ing. Francisco Rafael Arteaga Fang	Antonio Cruz	1
MCH029	Análisis Numérico de Lesión de Menisco por medio del Método del Elemento Finito	Ing. Alfredo Carbajal López Dr. Guillermo Urriolagoitia Sosa Dra. Beatriz Romero Ángeles Ing. David Esaú Carbajal López Ing. Eduardo Enrique Carmona Hernández Ing. Juan Eduardo Lopez Carrillo Ing. Ivan Arturo Pascual Salgado Dr. Guillermo Manuel Urriolagoitia Calderón	Carbajal López	6
MCH021	Estudio Numérico del Flujo a través de las Tapas de Burbuja de una Columna de Destilación para el Aumento de Pureza de un Biocombustible	Mtro. Enrique Cruz Octaviano Dr. Guillermo Efrén Ovando Chacón Dr. Javier Gómez Rodríguez Dr. Abelardo Rodríguez León Dra. Sandy Luz Ovando Chacón	Cruz Octaviano	11
MCH026	Análisis Microestructural y Tamaño de Grano de Materiales de Zirconio para Restauración de Prótesis Dentales	Nohra Violeta Gallardo Rivas Dr. Jorge Humberto Luna Dominguez Dra. Ana María Mendoza Martínez	Gallardo Rivas	17
MCH074	Desarrollo de una Aplicación Web para el Seguimiento de Solicitudes en el Departamento de Apoyo a la Extensión de la Cultura y la Vinculación (DAECV)	Lic. Cira del Carmen González Gallegos Dr. Jesuan Adalberto Sepúlveda Rodríguez	González Gallegos	22
MCH013	Desarrollo de una Red Neuronal Convolucional para Realizar la Identificación Paramétrica de un Robot Cartesiano de 3 Grados de Libertad	Ing. Michelle Guerra Marín Dra. María Aurora Diozcora Vargas Treviño Dr. Sergio Vergara Limón Dr. Jesús López Gómez Dr. Carlos Leopoldo Carreón Díaz de León Dra. Amparo Dora Palomino Merino	Guerra Marín	28

Elibro con ISBN online
979-8-89020-060-0

Análisis Microestructural y Tamaño de Grano de Materiales de Zirconio para Restauración de Prótesis Dentales

Nohra Violeta Gallardo Rivas Dra.[1], Dr. Jorge Humberto Luna Domínguez[2],
Dra. Ana María Mendoza Martínez[3]

Resumen— La zirconia, es uno de los cerámicos con mayor potencial en el área biomédica, con propiedades de biocompatibilidad, baja reactividad y cualidades ópticas. Se ha reportado su uso como material odontológico con excelentes resultados mecánicos, sin embargo presenta la limitante de alta opacidad. La caracterización de la microestructura se realizó con SEM sobre probetas de Zr grabadas térmicamente a 1200°C, utilizando velocidad de curado y enfriamiento de 10°C/min. El tamaño de grano promedio se medió con las micrografías de 10 000x utilizando el método lineal de intercepción en el software ImageTool. La microestructura de los materiales de zirconio se obtuvo por micrografía. Se identificó la relación entre el contenido de modificador y la fase cristalográfica con el tamaño de grano, de acuerdo con el método de intersección lineal existe una relación entre la modificación y el tamaño de grano reportado. Simplificar diseño, fabricación y estética con desarrollos digitales, en restauraciones complejas, mejora las restauraciones cerámicas monolíticas El aumento de la cantidad de Y_2O_3 da como resultado un mayor contenido de fase cúbica y un tamaño de grano mayor y reduce la dispersión de la luz.

Palabras clave—zirconia, cerámico biocompatible, microestructura, tamaño de grano, restauración dental.

Introducción

La zirconia, es uno de los cerámicos con mayor potencial de ser utilizado como material sustituto en aplicaciones biomédicas, con propiedades de biocompatibilidad, baja reactividad y excelentes propiedades ópticas. Desde hace 30 años se ha reportado el uso de zirconia estabilizada como material odontológico con excelentes resultados mecánicos (dureza y resistencia a la fractura), sin embargo presenta la limitante de alta opacidad, por lo que se ha utilizado para estructuras de coronas y prótesis dentales fijas, que se recubren con porcelanas translúcidas, de manera similar a lo reportado en la bibliografía para las restauraciones tradicionales de porcelana fundida con metal. Sin embargo, en estas modificaciones, el astillado y fractura, asociados con las tensiones térmicas residuales producidas por el proceso de fabricación, son las principales limitantes técnicas reportadas (Luna-Domínguez et al., 2023).

Al día de hoy, las técnicas utilizadas en el manejo y transformación de los metales se consideran aplicables a los distintos sistemas cerámicos. En la actualidad, las transformaciones de fase, la aleación, el enfriamiento y templado se aplican sobre distintos sistemas de cerámica de zirconia. El aumento significativo a la resistencia a la fractura, la ductilidad y la resistencia al impacto del compuesto han reducido la brecha entre las propiedades físicas de las cerámicas y de los metales. Además, los desarrollos recientes en materia de cerámica libre de óxido y de mayor dureza, así como las gigantescas inversiones en la industria dental también han creado grandes expectativas en el potencial de la aplicación de los materiales cerámicos en la odontología clínica (Sen et al., 2017). Desde el punto de vista de la tecnología, la zirconia parece presentar un excelente rendimiento a corto plazo; sin embargo, no existen datos sobre la longevidad a largo plazo de este compuesto, razón por la cual el futuro del mismo sigue siendo una incógnita.

Existen estudios recientes sobre el uso de este tipo de materiales en el área odontológica como por ejemplo: Kolakarnprasert y col., en el 2019, establecieron que para conocer las ventajas de la aplicación de las zirconias multicapa, es necesaria una comprensión integral de su composición química, microestructura, resistencia a la degradación a baja temperatura y propiedades de translucidez. Evaluaron 3 grados distintos de zirconia multicapa, analizaron los materiales de forma individual y sus capas; composición química, fracciones de fase de zirconia y microestructura, también determinaron su resistencia a LTD y sus propiedades de translucidez. Concluyeron que no existen diferencias importantes entre las capas, pero los 3 materiales eran muy distintos. La translucidez fue similar entre las capas. Para cada grado de óxido de zirconio multicapa, las capas solo se diferencian en los tipos de pigmentos y sus contenidos, lo que produce gradientes de color naturales.

[1] Nohra Violeta Gallardo Rivas es Investigador visitante (Estancia de Investigación) en la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tampico, Tamaulipas, México. Y Profesora del Tecnológico Nacional de México/I. T. de Cd. Madero, Ciudad Madero, Tamaulipas, México nohra.gr@cdmadero.tecnm.mx **(autor corresponsal)**
[2] El Dr. Jorge Humberto Luna Domínguez es Profesor de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tampico, Tamaulipas, México. jhluna@docentes.uat.edu.mx
[3] La Dra. Ana María Mendoza Martínez es Profesora del Tecnológico Nacional de México/I. T. de Cd. Madero, Ciudad Madero, Tamaulipas, México. ana.mm@cdmadero.tecnm.mx.

Andrade-Guel y col., en el 2019, reportaron el uso del dióxido de zirconio (ZrO_2) como un cerámico con buenas propiedades para aplicaciones en las áreas médica, química y farmacéutica. Esto lo atribuyen a sus cualidades anfótericas, con tres fases cristalinas, monoclínica, tetragonal y cúbica, lo que otorga distintas propiedades a estos materiales que son aprovechables. Ellos analizaron los métodos se síntesis del ZrO_2 y sus aplicaciones biomédicas, evaluaron los métodos hidrotérmico, precipitación, solvotérmico y sol-gel. Concluyendo que las condiciones del proceso (energía de ultrasonido y la radiación de microondas) permiten reducir los tiempos de reacción y elevan la eficiencia energética. Además establecieron que los métodos de síntesis modifican las propiedades del ZrO2, influyendo en la potencial aplicación del producto obtenido, entre ellas reemplazos óseos, prótesis dentales y liberación de fármacos.

Marcelo y col., en el 2020, publicaron una revisión bibliográfica con el análisis de 48 artículos elegidos en función de los criterios de uso y aplicación del material de dióxido de zirconio. Encontraron que todas las restauraciones protésicas donde se empleo dióxido de zirconio, indistintamente a su forma de utilización, mostraron un desempeño clínico muy similar con el tiempo (3 años), y que después de ese tiempo, dependerá del uso, composición y elección del caso. Concluyeron, que el éxito clínico de las restauraciones donde se utiliza dióxido de zirconio, es debido a las múltiples ventajas mecánicas, a las modificaciones estructurales, sumadas a la adición de aditivos para su estabilización, perfilándolo como un material idóneo para el trabajo tanto en estética como en áreas de necesidad de soporte mecánico.

En este sentido esta propuesta pretende analizar y evaluar las modificaciones a las propiedades fisicoquímicas de la zirconia con respecto a la concentración de ytrio empleada, de modo tal que permita demostrar que las propiedades microestructurales y de tamaño (de grano), son favorables para la potencial aplicación de estos materiales en restauraciones odontológicas y simplificación del tratamiento protésico.

Metodología

Materiales

Los sistemas de zirconio multicapa empleados, fueron los disponibles comercialmente (Katana™; Kuraray Noritake). En el cuadro 1 se muestra la nomenclatura de los tres sistemas con los que se trabajó.

Clave	Nomenclatura	Siglas comerciales
ZUT	Zirconia Ultra Translucent Multi Layered	UTML
ZST	Zirconia Super Translucent Multi Layered	STML
ZHT	Zirconia High Translucent Multi Layered	HTML

Cuadro 1. Nomenclatura de los sistemas de zirconio multicapa empleados.

Sinterización y manufactura de discos

Se diseñaron muestras en forma de disco de múltiples capas (15 mm de diámetro y 1,0 mm de espesor) mediante el software DentalCAD 3.0 Galway. Posteriormente, se fresaron 12 muestras para cada material de circonio (ZUT, ZST y ZHT) a partir de discos pre-sinterizados (98 mm x 18 mm) utilizando una fresadora (350i times- icore® GmbH). Las muestras se retiraron de los discos de zirconio con la ayuda de un micro-motor utilizando una fresa de diamante y se sinterizaron siguiendo las instrucciones del cuadro 2.

Clave	Velocidad de incremento de Temperatura	Temperatura sup	Velocidad de decremento de Temperatura	Resistencia a la flexión
ZUT	10˚C/min	1550˚C for 2 h	10˚C/min	557 MPa
ZST	10˚C/min	1550˚C for 2 h	10˚C/min	748 MPa
ZHT	10˚C/min	1500˚C for 2 h	10˚C/min	1125 Mpa

Cuadro 2. Condiciones de sinterización y propiedades mecánicas de los sistemas de zirconio multicapa.

Después de eso, todas las muestras se pulieron con discos de caucho (Eve Diapol®) utilizando un micromotor de baja velocidad (Schick GmbH) con una velocidad de 10.000 rpm. Las muestras se pulieron en una dirección durante 30 segundos, se rotaron 90° y se pulieron durante otros 30 segundos. El sistema de pulido consta de 2 pasos mediante 2 discos de goma diferentes granos. Se realizó un pulido completo de un minuto para cada muestra. Posteriormente las muestras fueron limpiadas en ultrasonido con agua destilada durante 10 minutos.

Análisis microestructural y tamaño de grano.

La caracterización de la microestructura se realizó mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) sobre probetas de zirconio previamente grabadas térmicamente a 1200ºC durante 1 hora, utilizando una velocidad de curación y enfriamiento de 10ºC/min. El tamaño de grano promedio se midió en micrografías SEM con aumentos de 10 000x utilizando el método lineal de intersección en el software ImageTool.

Resultados

Sinterización

Para la creación de las piezas de prueba se llevo a cabo el proceso de sinterización a las condiciones descritas en la metodología partiendo del espécimen diseñado en DentalCAD 3.0 Galway (figura 1). Esta fundición se realiza con un láser de gran precisión que funde el material hasta obtener, capa a capa, la pieza final.

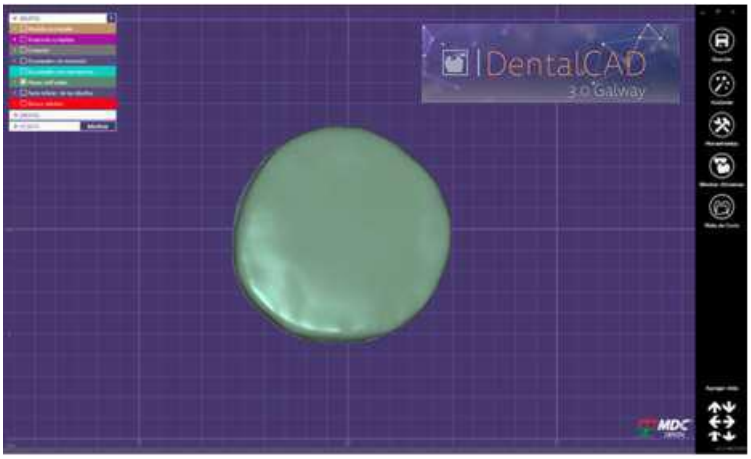


Figura 1. Muestra en forma de disco diseñada por DentalCAD 3.0 Galway.

Las capas obtenidas son de gran complejidad y detalle (figura 2), por lo que el sinterizado permitió reproducir los ángulos y zonas más exigentes, ya sea por su morfología curvada o por los requerimientos especiales que se tuvieron en la elaboración de la pieza.

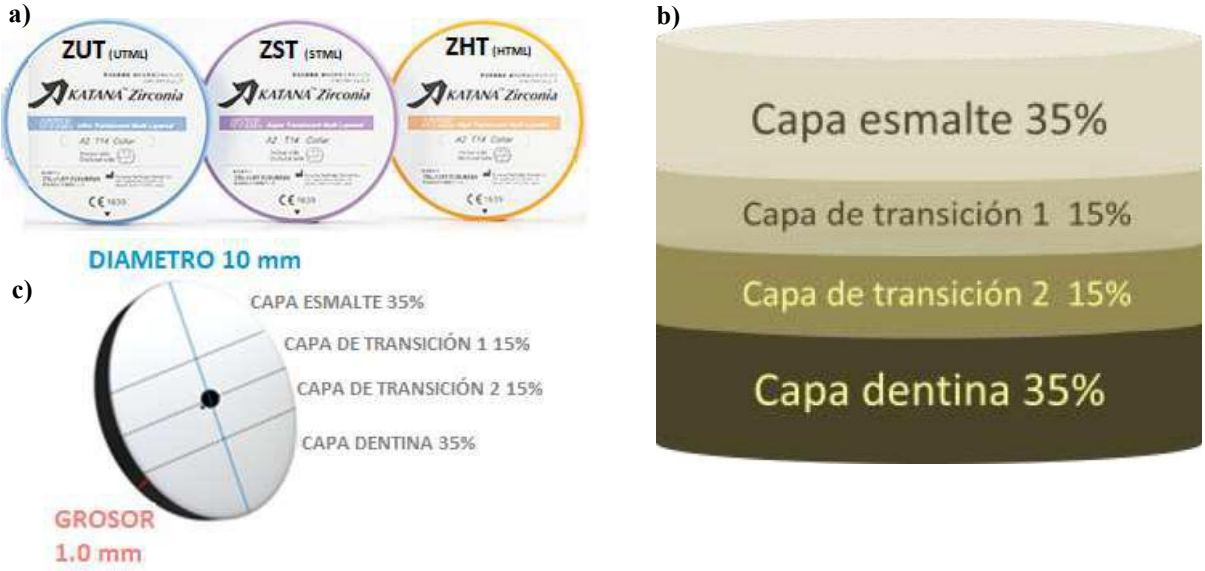


Figura 2. a) Lotes de zirconio multicapa empleados (Katana™ Kuraray Noritake), b) Esquema del gradiente del disco de zirconia multicapa. c) capas de un segmento de muestra de zirconio.

Composición

El contenido de óxido de ytrio fue diferente entre los materiales de circonio. ZUT mostró el contenido de ytrio más alto, 12,30 % en peso, ZST tuvo 10,18 % en peso y ZHT tuvo el contenido más bajo, 7,18 % en peso (Figura 3).

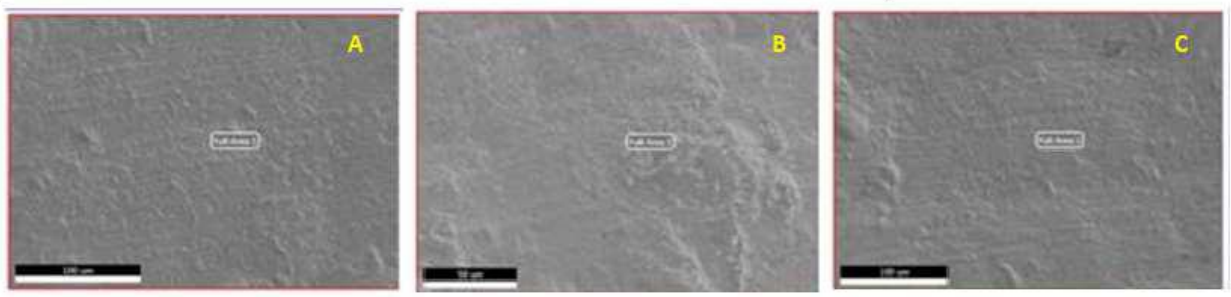


Figura 3. Comparación estructural del contenido porcentual de ytrio (% peso) en los tres lotes de material de zirconio a) ZUT, b) ZST y c) ZHT.

En el cuadro 3, se reportan los valores de porcentaje composicional, obtenidos por EDX, de los diferentes lotes de zirconio multicapa que se evaluaron, se observa que el contenido de ytrio va decayendo con el incremento de zirconio presente en la muestra, esto provee un mayor contenido de fase cubica en la pieza, un acomodo tal que permite piezas con cualidades mecánicas y estéticas compatibles.

Lote	Elemento	% peso	% atómico	Net. Int.	% error
ZUT	Y 2O3	12.30	7.11	18.66	9.43
	Zr O2	87.70	92.89	122.44	4.62
ZST	Y 2O3	10.18	5.82	14.58	12.37
	Zr O2	89.82	94.18	118.90	4.45
ZHT	Y 2O3	7.18	4.05	9.92	15.76
	Zr O2	92.82	95.95	119.11	4.28

Cuadro 3. Comparación del contenido de ytrio (wt %) en los materiales de zirconia multicapa

Microestructura y tamaño de grano

En la figura 4 se muestran micrografías representativas de los 3 lotes de zirconio empleados. No se observó porosidad en ninguna de las micrografías. Las microestructuras están en concordancia con los contenidos de ytrio y fase cúbica, con la muestra ZUT con el tamaño de grano más grandes y ZHT los más pequeños. El tamaño de grano promedio determinado por el método de intercepción lineal confirmó estas observaciones, ZUT, 4.00 ± 0.85 µm, ZST, 2.80 ± 0.17 µm y ZHT, 0.63 ± 0.03 µm, que coinciden con los reportados por algunos autores (Camposilvan et al., 2018; Inokoshi et al., 2018; Kolakarnprasert et al., 2019). Otro detalle observable en la micrografía es la alta dispersión en el tamaño de grano de la muestra ZUT, que presenta tamaños variados lo que produce una lata desviación en os resultados (desviación estándar). En contraste, ZHT que es más homogénea y se observa una desviación estándar menor, lo que se refiere a una distribución de tamaño de grano más estrecha (Kolakarnprasert et al., 2019).

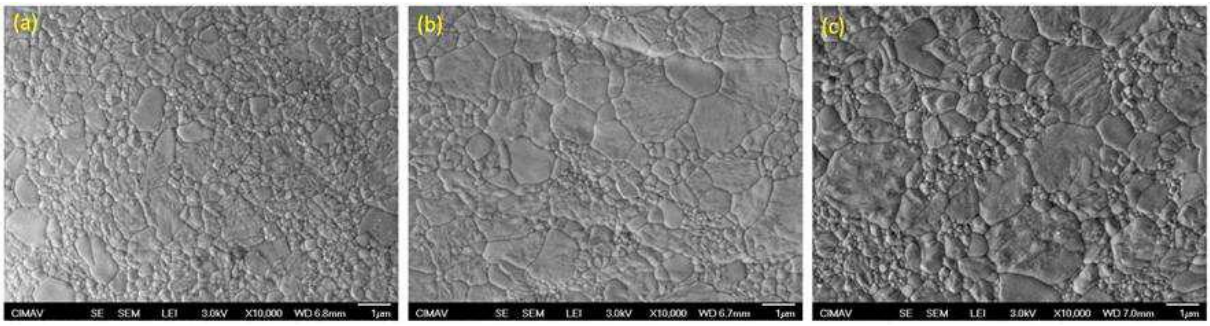


Figura 4. Micrografías FE-SEM representativas de los lotes de materiales de zirconio estudiados a) ZUT, b) ZST y c) ZHT.

.

Conclusiones

Los resultados obtenidos sobre el contenido de itrio y las características microestructurales fueron consistentes con reportes bibliográficos e información del fabricante, mostrando que ZUT tiene el contenido de ytrio más alto mientras que ZHT, el contenido más bajo. A pesar de observar esta similitud entre los estudios, se obtuvieron algunas discrepancias entre los valores específicos del contenido de itrio, pero esto se debe a las diferentes técnicas utilizadas para su medición. Asimismo, los resultados del presente estudio son consistentes con otras investigaciones publicadas que respaldan la alternativa de implementar el sistema completo de circonio multicapa (KatanaTM, Kuraray) en restauraciones totales realizadas mediante un flujo de trabajo digital.

Agradecimientos

La Dra. Nohra V. Gallardo Rivas agradece al TecNM por el permiso otorgado para la realización de actividades de Año Sabático (2023-24), al Instituto Tecnológico de Ciudad Madero-CIP por permitirnos el uso de sus instalaciones y a la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas por la recepción para la realización de las actividades experimentales del Año Sabático.

Referencias

Andrade-Guel, M. L., Cabello-Alvarado, C. J., Ávila-Orta, C. A. “Dióxido de zirconio: alternativas de síntesis y aplicaciones biomédicas”. CienciaUAT, Vol. 14(1), pag. 18-30, 2019.

Camposilvan E, Leone R, Gremillard L, Sorrentino R, ZaroneF, Ferrari M. “Aging resistance, mechanical properties and translucency of different yttria-stabilized zirconiaceramics for monolithic dental crown applications”. Dent Mater, Vol. 34(6), pag. 879–890, 2018.

Inokoshi M, Shimizu H, Nozaki K, Takagaki T, Yoshihara K,Nagaoka N. “Crystallographic and morphologicalanalysis of sandblasted highly translucent dental zirconia”. Dent Mater, Vol 34, pag. 508–518, 2018.

Kolakarnprasert, N., Kaizer, M. R., Kim, D. K., Zhang, Y. “New multi-layered zirconias: Composition, microstructure and translucency”. Dental Materials, Vol. 35(5), pag. 797-806, 2019.

Luna-Domínguez, C. R., Luna-Domínguez, J. H., Blatz, M. “Full-mouth rehabilitation in a completely digital workflow using partially adhesive monolithic zirconia restorations”. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 2023.

Marcelo, J., Gallet-Alfaro, G. M., Fernández-Jacinto, L. M., Hinostroza-Noreña, D. “Ciencia y evolución del dióxido de zirconio, de la prioridad mecánica a la necesidad estética”. Revista Estomatológica Herediana, Vol. 30(3), pag. 224-236, 2020.

Sen, N., Us, Y. O. “Mechanical and optical properties of monolithic CAD-CAM restorative materials”. The Journal of prosthetic dentistry, Vol. 119(4), pag. 593-599, 2018.

Notas Biográficas

La **Dra. Nohra Violeta Gallardo Rivas** actualmente en Estancia de Investigación en la Facultad de Odontología/ Universidad Autónoma de Tamaulipas campus Tampico, profesor-investigador del Tecnológico Nacional de México/I.T. de Ciudad Madero, Cd. Madero, Tamaulipas sus líneas de investigación son las áreas de nuevos materiales con aplicaciones ambientales.

El **Dr. Jorge Humberto Luna Domínguez** es profesor e investigador de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Coordinador del Centro de Investigación de la Faculta de Odontología/UAT.

La **Dra. Ana María Mendoza Martínez** es profesor-investigador del Tecnológico Nacional de México/I.T. de Ciudad Madero, Cd. Madero, Tamaulipas sus líneas de investigación son las áreas de polímeros y nuevos materiales. Ha sido responsable técnico de diversos proyectos financiados del TecNM y de CONAHCYT.

ACADEMIA JOURNALS
OPUS PRO SCIENTIA ET STUDIUM

Congreso Internacional de Investigación
Academia Journals Los Mochis 2024
Conectando Mentes, Innovando Horizontes

CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN ACADEMIA JOURNALS LOS MOCHIS 2024

Conectando Mentes, Innovando Horizontes

CERTIFICADO

otorgado a

Nohra Violeta Gallardo Rivas
Dr. Jorge Humberto Luna Dominguez
Dra. Ana María Mendoza Martínez

por su artículo titulado

Análisis Microestructural y Tamaño de Grano de Materiales de Zirconio para Restauración de Prótesis Dentales

(Artículo No. MCH026)

La ponencia correspondiente fue presentada en el Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Los Mochis 2024, *Conectando Mentes, Innovando Horizontes,* desarrollado los 26 y 27 de febrero de 2024, con sede en el Centro de Innovación y Educación Los Mochis. El evento fue presentado en colaboración con eminentes investigadores de Los Mochis. El artículo está incluido en las siguientes publicaciones: (1) en el portal de Internet AcademiaJournals.com, con ISSN 1946-5351 online, Vol. 16, No. 01, 2024 e indexación en la base de datos *Fuente Académica Plus de EBSCOHOST,* Massachusetts, Estados Unidos y (2) en libros ebook digitales compilados por área temática, con números ISBN online*. Se tiene acceso libre a todas las publicaciones del congreso en el portal de internet de Academia Journals.

Los organizadores del congreso reconocen la participación de los autores en el congreso, agradeciendo sus contribuciones.

DR. RAFAEL MORAS, P.E.
Director General
Academia Journals

CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN ACADEMIA JOURNALS LOS MOCHIS 2024

Conectando Mentes e Innovando Horizontes en las Ciencias Administrativas – Los Mochis 2024 979-8-89020-057-0
Conectando Mentes e Innovando Horizontes en las Ciencias de la Salud – Los Mochis 2024 979-8-89020-055-6
Conectando Mentes e Innovando Horizontes en las Ciencias Naturales – Los Mochis 2024 979-8-89020-056-3
Conectando Mentes e Innovando Horizontes en las Ciencias de la Educación – Los Mochis 2024 979-8-89020-058-7
Conectando Mentes e Innovando Horizontes en las Humanidades y Ciencias Sociales – Los Mochis 2024 979-8-89020-059-4
Conectando Mentes e Innovando Horizontes en las Ingenierías – Los Mochis 2024 979-8-89020-060-0

Lo Multidisciplinario Impulsando la Ciencia, la Tecnología y a la Innovación en México para el Mundo

EDITOR

ACADEMIA MEXICANA MULTIDISCIPLINARIA, A.C.

ISBN: 978-607-99574-3-8

Lo Multidisciplinario Impulsando la Ciencia, la Tecnología y a la Innovación en México para el Mundo.

EDITOR

ACADEMIA MEXICANA MULTIDISCIPLINARIA, A.C.

Editor Literario

Dra. Rebeca Silva Rodrigo

©2024 Academia Mexicana Multidisciplinaria, A.C.

ISBN: 978-607-99574-3-8

Lo Multidisciplinario Impulsando la Ciencia, la Tecnología y a la Innovación en México para el Mundo

Editor
Academia Mexicana Multidisciplinaria, A.C.

Editor Literario
Rebeca Silva Rodrigo

Contribuciones

Mireya del Socorro Ovando Rocha, Mayte Guadalupe Lima Castillo, Erika Alarcón Ruiz, Felipe Caballero Briones, Luis Fernando Muñiz Torres, Marco Antonio Merino Treviño, Beatriz Eugenia Moreno Martínez, Virginia Ramírez Salas, Zita Xiahuitl Salazar Muñoz, Rodolfo Nájera Sánchez, Ken Daniel Rodríguez Cano, Luz María Isabel Reyes de León, Albán Aguilar Campos, Jorge Rafael Aguilar Cisneros, Jazmín Soledad Ramos García, Alejandro Vera Pedroza, Estefany Gómez Fajardo, Cynthia Terán Reyes, Faustino Peraza Rodríguez, María Angélica Reyes Acosta, Deyanira Del Ángel López, Laura Patricia Vélez Chong, Ana Guadalupe Vélez Chong, Clara Alicia Vela Ortega, Laura Taide Contreras Álvarez, José Francisco Franklin Rodríguez Zapata, Ana Esther Baranda Vélez, Liliana González Gámez, Luis Alberto García Reyes, Armando Cruz Nieto, Francisco Manuel García Reyes, Silverio Federico Cuarenta García, Jorge Alberto Ramírez Graciano, José Antonio Mares Torres, Leopoldo Mendoza Villanueva, Luis Sánchez Santiago, Elba María Méndez Casanova, Araceli Huerta Chua, Yesenia López Hernández, Jesús Alexander Loza Cruz, Juan de Dios Viniegra Vargas, José Manuel Romero Orta, Evaristo Rogaciano López Hernández, Leodegario Redondo Martínez, María del Lourdes Arias Gómez, Gloria Leticia Barrios Flores, María Guadalupe del Carmen Garza García, María del Rosario Garza García, Alberto Martín Pérez Torres, Lorena Gabriela Hernández Arteaga, Simón Armando Rincón Aguilar, Lourdes Leticia Cárdenas Segovia, Jesús Arias Gómez, Lilian Esperanza Rodríguez Torres, Azalea María Peña Blanco, Simón Armando Rincón Aguilar, Jesús Antonio Álvarez-Cedillo, Ma. Teresa Sarabia-Alonso, Raúl Junior Sandoval Gómez, Teodoro Álvarez Sánchez, Fausto Antonio Balderas Jaramillo, Carlos Alberto Moreno Mendoza, Roberto Contreras González, Suhelim García Flores, María de los Ángeles Sánchez Carballo, Mireya Cruz Ruiz, Jeremías Hernández Martínez, Juan Miguel Cabrera Sosa, María Teresa Castro Guerrero, Juan Carlos Salas Bazarte, Evangelina Gutiérrez Rea, Claudia Castro Guerrero, Juan Carlos Barroso Gómez, Sergio Arturo Barroso Gómez, Rodrigo Vázquez Ávila, Roberto Carlos Augusto Barrientos Villanueva, Marco Julio Ulloa, Mariel Ivonne González Rivera, Rocío del Carmen Vargas Castilleja, Eduardo Anguiano Aguayo, Alejandro Olivares Torres, Jessica González San Martín, Laura Cruz Reyes, Héctor Joaquín Fraire Huacuja, Bernabé Dorronsoro Días, Ixchel Eileen Treviño Castillo, Hernán Peraza Vázquez, Samantha Guadalupe Cervantes Sevilla, Luis Adrián Herrera Becerril, José Pablo Benavides Ochoa, Ana Beatriz Morales Cepeda, Mildret Guadalupe Martínez Gámez, David Judiel Altamirano del Ángel, Francia Paulette Valencia Tobías, José Alfonso Sánchez Cortez, Adrián Fermín Peña Delgado, Luisa Isela Guerrero García, Minerva Hernández Argüello, Marcia Georgina Muñoz Andrade, Beatriz Adriana Salazar Cruz Hernández, Elvia Carolina Hernández Rocha, Israel Hernández Romero, Ney Diana Canuas León, Raúl Enrique Contreras Bermúdez, Lizeth Ríos Velasco, Sergio Natán González Rocha, Lidia Yuneri Flores Vázquez, María Elena Rebolledo Molina, Raúl Alejandro Luna Sánchez, Carolina Solís Maldonado, Francisca Sandoval Reyes, Alfredo Cristóbal Salas, Maribel Enríquez Reséndiz, Pedro Fernando Méndez García, Paula Araceli Aguilar Alcalá, Elizabeth Cortez Razo, Carlos Arturo Aguilar Díaz, Rubén Basáñez Castro, Samuel Alva Segundo, Luis Adiel Jesús Martínez Garcés, Rafael García Mendoza, Esaú Flores Díaz, Héctor Arturo Álvarez Macías, José Ángel Pecina Sánchez, Ambrocio Loredo Flores, Jaasiel Sánchez Flores, Alberto Ibarra del Ángel, José Gabriel Orduña Fuentes, José Román García Martínez, José Luis Naranjo Cristóbal, Rosa Delia Retiz Rivera, Martha Laura Chuey Rubio, Francisco Javier Trejo Torres, Juan Ramón Chuey Rubio, Gerardo Santiago Hernández, Jorge Alberto De La Garza Silva, Patricia Mendoza Guzmán, Brian Cornejo Eliseo, María Fernanda López Villarreal, Keila Salatiel Alvear Arteaga, Carolina Hernández Nájera, Mónica Judith Casas Villaverde, Natalia Alejo Gutiérrez, Dulce Isaura Vallejo Rendón, Ángela Eloysa Bautista Juárez, Nayeli Ortiz Silos, Hilario Rafael Martínez Flores, Liliana Leal Saldaña, Minerva Ana María Zamudio Aguilar, Eduardo Márquez Cano, Bermúdez Rey Antonio Muñoz Hernández, Alejandra Velasco Pérez, Heriberto Esteban Benito, Llesmi Fontecha Zaldívar, Vianey Cruz Sustaita, David Lerma Ledezma, Enrique Esteban Espinosa Sosa, Lizbeth Cruz Grijalva, Maritsa Elizabeth Huerta Reyes, Zoila Erika Sánchez Hernández, Baldomero Ponce Medina, Omar Zúñiga Núñez, Francisco Manuel García Reyes, Roberto Aníbal Flores Guerrero, Joel Rodríguez Guillén, Jesús Eduardo Pedraza Barrón, Diana Karen García Ventura, Josué Francisco Rebullosa Castillo, Pedro Martín García Vite, Michelle Alejandra Luna Jiménez, Edgar Onofre Bustamante, Ana Cecilia Espíndola Flores, Beatriz García González, Rebeca Silva Rodrigo, Nancy Patricia Díaz Zavala, José Aarón Melo Banda, María Trinidad Castro Carrillo, Nadia Dinhora de Jesús Soriano Mar, Celia Calderón Salas, Alfredo Guevara Lara, Laura Cristina Vázquez de los Santos, Ricardo Burciaga Alarcón, Teresita de Jesús Meléndez Silva, Viviana Castillo Torres, Homero Salas Papayanopolos, Jesús Aram Nochebuena Hernández, Adriana Isabel Reyes de la Torre, Ricardo García Alamilla, Eduardo Terrés Rojas.

Contribuciones

Oscar Morelos Santos, José Luis Rivera Armenta, María Lizeth Martínez Tamariz, Alejandra López Mancilla, Jacobo Antonio Cruz, Loset Ivette Sandoval Vargas, Ana Isabel Espinosa Hidalgo, Guadalupe Reséndiz Hernández, Silvestre Téllez Arguelles, Sintia Karla Gallardo Urguell, Abigail María Díaz Guerrero, Ana Lizette Sánchez Meza, Ivonne Guadalupe Córdoba Montero, Nadia Angélica Cruz Vázquez, Erika Fuentes Vergara, Ángel Zárate Martínez, Olga Maricela Preciado Martínez, Jorge Humberto Guzmán Valdez, Acela López Benítez, José Alberto Andraca Adame, Aidé Minerva Torres Huerta, Nohra Violeta Gallardo Rivas, Jorge Humberto Luna Domínguez, Ana María Mendoza Martínez, Luis Alberto Torres Chavarría, Ángeles Raquel Montiel Martínez, Miguel Huerta Baca, Ana Lilia Avilés Mariño, Ulises de Jesús Balderas Mancilla, José Luis Solís García, Erika Cecilia Maya Albarrán, Aldo Antonio Cid Rodríguez, Karla Daniela Reyes Reyes, Flora Vita Rodríguez Morales, María Amparo Rostro Segura, Ariana Geraldine Hernández Aguayo, Obed Abraham Gamboa Gómez, Juan Escutia Garmendia, Jonathan Pérez Meseguer, Ilse Yanet Cruz Delgado, Daniel Gilberto Cruz Santiago, Ma. Del Carmen Orendain de los Santos, María del Carmen Villa Hamilton, María Claudina Orendain de los Santos, Ma. Del Rosario Chávez Villarreal, Cynthia Fabiola González Ramírez, Sandra Guadalupe Gómez Flores, Ricardo Velasco Carrillo, Hazive Aidé Rodríguez Vigil, Bermúdez Rodrigo Rosas Cortes, Tania García Herrera, Eduardo Solís Pérez, Gina Polett García Martínez, Margarita Zavala Arce, Nora Leticia Castelán Ortiz, Brenda Aracely Betanzos Tlapa, Irma Beatriz Florencia Castillo, Andrés David Barragán Hernández, Sofía Genoveva Rivera Espinoza, Carlos Martínez del Ángel, Alejandro León Ramírez, Patricia Sotelo Ocampo, José del Carmen Aguayo Cabrera, Daniel Delgado Escobar, Yolanda González Pérez, Agustín González Pérez, Griselda Mejía León, Miguel Ángel Escamilla Hernández, Víctor Manuel Rubalcava Domínguez, Rubí Amarís Barragán Mar, Grecia Guadalupe Cárdenas Romero, Denisse Guadalupe Palmer Rodríguez, Noé Sosa Domínguez.

Compilador:
Dr. Diego Alejandro García Ramos
Adaptador:
Dra. Celia Calderón Salas

El editor y autores

Las contribuciones de este libro son exclusiva responsabilidad del autor.
Prohibida la reproducción total o parcial del material editorial publicado en este libro.
©2024 Academia Mexicana Multidisciplinaria, A.C. Todos los derechos reservados.

Fecha Publicación: 07 de junio de 2024
Formato: pdf.
Medio electrónico o digital: internet con descargas limitadas con código
Fecha asignación ISBN 13 de junio de 2024

ISBN: 978-607-99574-3-8

Capítulo 63	**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EL RECONOCIMIENTO Y RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN DE LA DIVERSA FAMILIA DE CERAMBYCIDAE.** *María Lizeth Martínez Tamariz, José Manuel Romero Orta, Alejandra López Mancilla, Jacobo Antonio Cruz, Juan de Dios Viniegra Vargas, Ioset Ivette Sandoval Vargas.*	**814**
Capítulo 64	**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN EN LA NUBE PARA GESTIÓN Y CONTROL DE TUTORÍAS PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES DEL TECNM CAMPUS HUEJUTLA.** *Ana Isabel Espinosa Hidalgo, José Manuel Romero Orta, Ioset Ivette Sandoval Vargas, Guadalupe Reséndiz Hernández, Silvestre Téllez Arguelles.*	**824**
Capítulo 65	**INCORPORACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA EN LA NANOCELULOSA BACTERIANA.** *Sintia Karla Gallardo Urguell, Ana Beatriz Morales Cepeda, Abigail María Díaz Guerrero.*	**837**
Capítulo 66	**INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES.** *Ricardo Burciaga Alarcón, Laura Cristina Vázquez de los Santos, Ángel Zárate Martínez.*	**842**
Capítulo 67	**ESTUDIO DE LA METODOLOGÍA KANBAN PARA TRANSFORMAR LA GESTIÓN DEL DESARROLLO DE SOFTWARE.** *Laura Cristina Vázquez de los Santos, Ricardo Burciaga Alarcón, Olga Maricela Preciado Martínez, Jorge Humberto Guzmán Valdez.*	**853**
Capítulo 68	**CATALIZADORES DE MnO/TiO_2-P25 PARA LA DEGRADACIÓN DE PESTICIDAS EN AGUA.** *Acela López-Benítez, José Alberto Andraca-Adame, Alfredo Guevara-Lara, Aidé Minerva Torres-Huerta.*	**868**
Capítulo 69	**ANÁLISIS DE LA COLORACIÓN DE MATERIALES DE CIRCONIO MODIFICADO CON ÓXIDO DE ITRIO PARA TRATAMIENTO PROTÉSICO.** *Nohra Violeta Gallardo Rivas, Jorge Humberto Luna Domínguez, Ana María Mendoza Martínez.*	**878**
Capítulo 70	**IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS USANDO LA METODOLOGÍA KAIZEN.** *Luis Alberto Torres Chavarría, Ángeles Raquel Montiel Martínez, Miguel Huerta Baca, Zoila Erika Sánchez Hernández.*	**887**
Capítulo 71	**INTEFAZ PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE DOCUMENTOS DE RESIDENCIAS DEL DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN** *Paula Araceli Aguilar Alcalá, Elizabeth Cortez Razo, Carlos Arturo Aguilar Díaz, Rubén Basáñez Castro, Samuel Alva Segundo.*	**902**

ISBN: 978-607-99574-3-8

Capítulo 69

ANÁLISIS DE LA COLORACIÓN DE MATERIALES DE CIRCONIO MODIFICADO CON ÓXIDO DE ITRIO PARA TRATAMIENTO PROTÉSICO.

Nohra Violeta Gallardo Rivas, Jorge Humberto Luna Domínguez, Ana María Mendoza Martínez.

Información adicional del autor al final del capítulo

RESUMEN

Para mejorar las propiedades de translucidez del circonio se trabajó en modificarla y estabilizarla con óxido de itrio, donde las propiedades de translucidez se pueden controlar tanto por la temperatura de sinterización como por el contenido de itrio. Se desarrollaron digitalmente discos de dimensiones especificas (D-15 mm x E-0.1 mm) utilizando un software de diseño asistido por computadora. Posteriormente, de cada material de zirconia (UTML, STML y UTML) del sistema de circonio multicapa se fresaron varios discos para posteriormente sinterizarse a condiciones conocidas. El análisis químico composicional de las modificaciones de itrio se realizó por microscopia electrónica de barrido con EDS, la medición del color de las muestras a través del sistema de color CIE L*a*b* usando un espectrofotómetro dental. En general, se sabe que en cuanto mayor sea el contenido de itrio y la temperatura de sinterización, mayor será el contenido cúbico y mejor será la translucidez, se valida esta aseveración con respecto a la concentración de itrio empleada, y se demuestra que las propiedades de color son favorables para la potencial aplicación de estos materiales en restauraciones odontológicas y simplificación del tratamiento protésico.

ABSTRACT

To improve the translucency properties of zirconium, work was done to modify and stabilize it with yttrium oxide, where the translucency properties can be controlled by both the sintering temperature and the yttrium content. Discs of specific dimensions (D-15 mm x E-0.1 mm) were digitally developed using computer-aided design software. Subsequently, several discs were milled from each zirconia material (UTML, STML and UTML) of the multilayer zirconia system and subsequently sintered under known conditions. Compositional chemical analysis of yttrium modifications was performed by scanning electron microscopy with EDS, measuring

 ISBN: 978-607-99574-3-8

the color of the samples through the CIE L*a*b* color system using a dental spectrophotometer. In general, it is known that the higher the yttrium content and the sintering temperature, the higher the cubic content and the better the translucency. This statement is validated with respect to the yttrium concentration used, and it is shown that the properties of color are favorable for the potential application of these materials in dental restorations and simplification of prosthetic treatment.

INTRODUCCIÓN

En la aplicación odontológica, la cerámica sin metal se ha convertido en una opción indispensable en cuanto a los materiales de restauración, toda vez que las exigencias estéticas de los pacientes desempeñan un papel cada vez más importante. Sobre todo las estructuras de cerámicas de dióxido de circonio están adquiriendo un protagonismo creciente, puesto que en virtud de su gran estabilidad y resistencia pueden emplearse incluso para puentes de dientes posteriores.

De todos modos, el dióxido de circonio presenta un «color de estructura blanco» especial, así como una «reflexión» visible tras la cocción de las masas de estratificación. En consecuencia, desde la perspectiva de la reproducibilidad del color, hasta ahora se consideraba dificultosa la adaptación cromática, p. ej. en la zona de los dientes anteriores, donde la coincidencia con los dientes vecinos es especialmente importante y el grosor de capa disponible está limitado. Las propiedades ópticas del dióxido de circonio y además es posible lograr restauraciones de aspecto natural, incluso en condiciones de espacio limitados, gracias a las correcciones de color en las estructuras, obtenidas de la aplicación de técnicas de estratificación con masas cerámicas.

La adición de óxidos metálicos como CaO, MgO o Y_2O_3 se utiliza para estabilizar parcial o totalmente los materiales de circonio multifásico a temperatura ambiente. Recientemente, se ha desarrollado un sistema de circonio estabilizado con óxido de itrio (Katana™, Kuraray Company) para aumentar las propiedades estéticas y las aplicaciones de restauración dental [1-4]. El diseño multicapa de este sistema cerámico tiene la característica de imitar el gradiente del tono natural de los dientes [4]. Donde el área incisal de una corona es más translúcida, creciendo en intensidad cromática y opacidad hacia la región gingival [3-5].

 ISBN: 978-607-99574-3-8

METODOLOGÍA

Materiales

Los sistemas de circonio multicapa empleados, fueron los disponibles comercialmente (Katana™; Kuraray Noritake). En la tabla 1 se muestra la nomenclatura de los tres sistemas de este estudio.

Tabla 1. *Nomenclatura de los sistemas de circonio multicapa empleados.*

Clave	Nomenclatura
UTML	Zirconia Ultra Translucent Multi Layered
STML	Zirconia Super Translucent Multi Layered
HTML	Zirconia High Translucent Multi Layered

Sinterización y manufactura de discos

Se diseñaron muestras en forma de disco de múltiples capas (15 mm de diámetro y 1,0 mm de espesor) mediante el software DentalCAD 3.0 Galway. Posteriormente, se fresaron 12 muestras para cada material de circonio (UTML, STML y HTML) a partir de discos pre-sinterizados (98 mm x 18 mm) utilizando una fresadora (350i times- icore® GmbH). Las muestras se retiraron de los discos de circonio con la ayuda de un micro-motor utilizando una fresa de diamante y se sinterizaron siguiendo las instrucciones de la tabla 2.

Tabla 2. *Condiciones de sinterización y propiedades mecánicas de los sistemas de circonio multicapa.*

Clave	Incrementos de Temperatura [=]˚C/min	Temperatura limite [=] °C*	Decrementos de Temperatura [=]˚C/min	Resistencia a la flexión [=] MPa
UTML	10	1550	10	557
STML	10	1550	10	748
HTML	10	1500	10	1125

**Por 2 horas de proceso*

Después de eso, todas las muestras se pulieron con discos de caucho (Eve Diapol®) utilizando un micromotor de baja velocidad (Schick GmbH) con una

 ISBN: 978-607-99574-3-8

velocidad de 10,000 rpm. Las muestras se pulieron en una dirección durante 30 seg., se rotaron 90° y se pulieron durante otros 30 seg. El sistema de pulido consta de 2 pasos mediante 2 discos de goma diferentes granos. Se realizó un pulido completo de un minuto para cada muestra. Posteriormente las muestras fueron limpiadas en ultrasonido con agua destilada durante 10 min.

Composición elemental

Se llevó a cabo el análisis elemental por Espectroscopía de Rayos X de Energía Dispersiva (EDS) para cuantificar la composición del material (óxido de itrio – óxido de circonio) de las muestras utilizando un microscopio electrónico JEOL JSM-7800F a un voltaje de aceleración de 1 kV.

Análisis y evaluación de la coloración

La medición del color de las muestras se realizó mediante el sistema de análisis de color con la ecuación CIE L*a*b*, empleando un espectrofotómetro dental (VITA Easyshade Advance 4.0; VITA Zahnfabrik). Antes de las mediciones experimentales, el espectrofotómetro fue calibrado en modo automático y validado sobre una superficie blanca. Las muestras se colocaron sobre un fondo gris neutro y posteriormente se posicionó la punta del espectrofotómetro dental en el tercio superior, medio e inferior de la superficie pulida de la muestra. Se registraron tres mediciones por cada tercio para obtener los promedios de los valores L*, a* y b*. En el ecuación de color, L* indica luminosidad, la coordenada a* representa el rango de verde a rojo y la coordenada b* representa el rango de azul a amarillo. Las diferencias de color se calcularon utilizando la siguiente fórmula [6-8]:

$$\Delta E = ([L1 - L2]^2 + [a1 - a2]^2 + [b1 - b2]^2)^{\frac{1}{2}}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sinterización

Para la creación de las piezas de prueba se llevó a cabo el proceso de sinterización a las condiciones descritas en la metodología partiendo del espécimen diseñado en

 ISBN: 978-607-99574-3-8

DentalCAD 3.0 Galway (figura 1a). Esta fundición se realiza con un láser de gran precisión que funde el material hasta obtener, capa a capa, la pieza final. Las capas obtenidas son de gran complejidad y detalle (figuras 1 b-c), por lo que el sinterizado permitió reproducir los ángulos y zonas más exigentes, ya sea por su morfología curvada o por los requerimientos especiales que se tuvieron en la elaboración de la pieza.

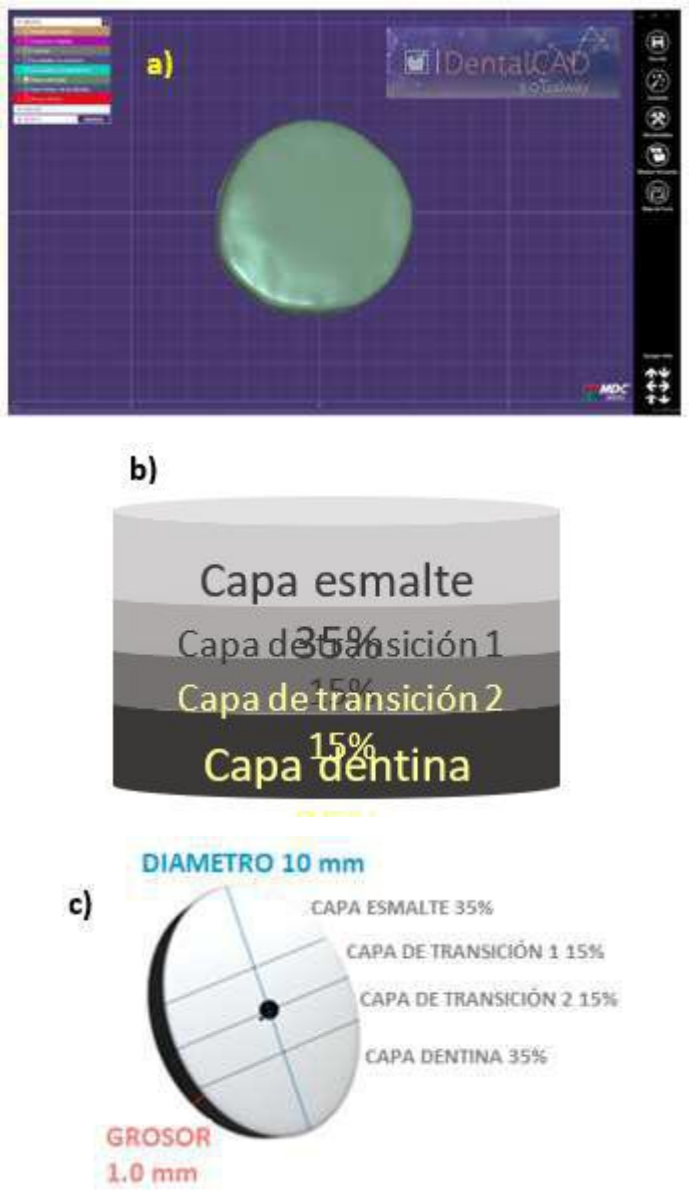


Figura 1. *a) Muestra en forma de disco diseñada por DentalCAD 3.0 Galway, b) Esquema del gradiente del disco de zirconia multicapa y c) capas de un segmento de muestra de circonio.*

 ISBN: 978-607-99574-3-8

Composición

El contenido de óxido de ytrio fue diferente entre los materiales de circonio. UTML mostró el contenido de ytrio más alto, 12.30 % en peso, STML tuvo 10.18 % en peso y HTML tuvo el contenido más bajo, 7.18 % en peso (Figura 2). En la tabla 3, se reportan los valores de porcentaje composicional, obtenidos por EDS, de los diferentes lotes de circonio multicapa que se evaluaron, se observa que el contenido de ytrio va decayendo con el incremento de circonio presente en la muestra, esto provee un mayor contenido de fase cubica en la pieza, un acomodo tal que permite piezas con cualidades mecánicas y estéticas compatibles.

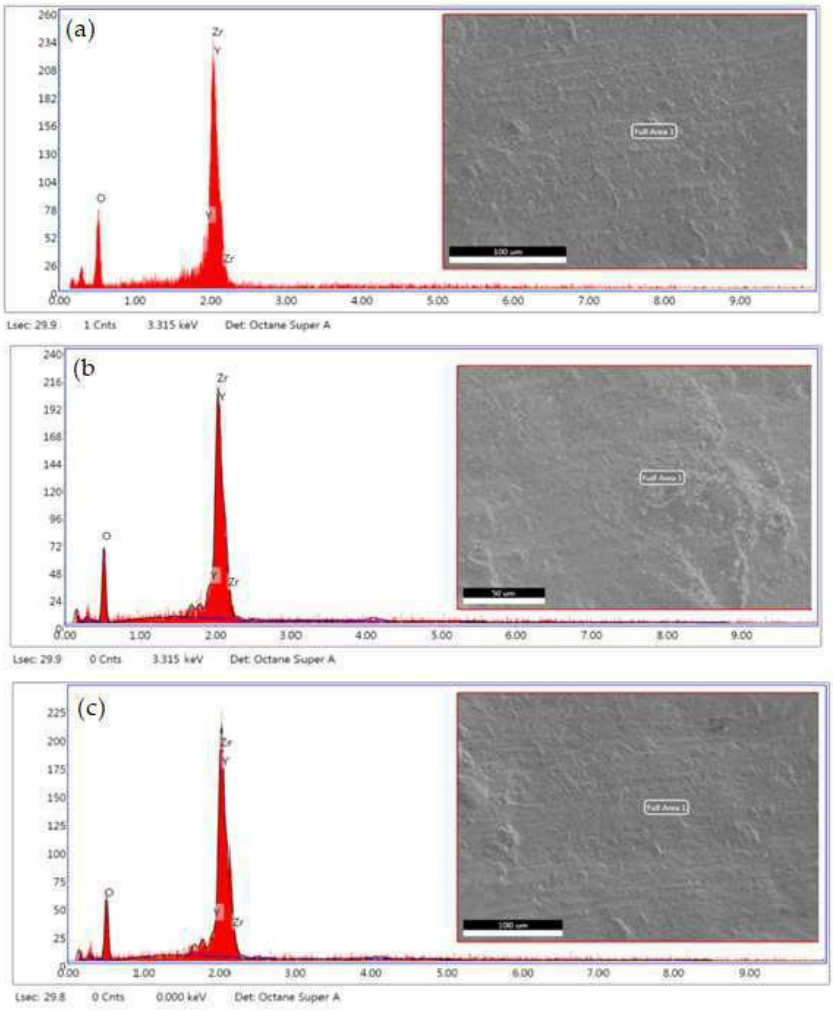


Figura 2. *Comparación estructural del contenido porcentual de ytrio (% peso) en los tres lotes de material de circonio a) UTML, b) STML y c) HTML.*

 ISBN: 978-607-99574-3-8

Tabla 3. *Comparación del contenido de ytrio (% peso) en los materiales de zirconia multicapa.*

Lote	Elemento	% peso	% atómico	Net. Int.	% error
UTML	Y 2O3	12.30	7.11	18.66	9.43
	Zr O2	87.70	92.89	122.44	4.62
STML	Y 2O3	10.18	5.82	14.58	12.37
	Zr O2	89.82	94.18	118.90	4.45
HTML	Y 2O3	7.18	4.05	9.92	15.76
	Zr O2	92.82	95.95	119.11	4.28

Análisis y evaluación de la coloración

Se presenta los resultados del análisis de los materiales de circonio (UTML, STML y HTML) y las diferentes secciones (tercios superior, medio e inferior) usando la ecuación de análisis de color CIE L*, a*, b* (Tabla 4). Se demostró con evidencia suficiente que el valor L* presentó un aumento significativo en el tercio superior respecto al tercio medio e inferior ($p<0.001$). Asimismo, se observaron diferencias significativas entre los tercios respecto a los valores de a* y b*. Es importante mencionar que las discrepancias observadas entre los tercios analizados con respecto a los valores de L*, a* y b* fueron similares en las circonias (UTML, STML y HTML). Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los materiales de circonio ($p>0,05$).

Tabla 4. *Valores promedio obtenidos para la ecuación CIE L*a*b*.*

	Tercios	Circonio UTML	Circonio STML	Circonio HTML
L	Superior	97.7±5.2	96.9±5.7	96.4±4.7
	Medio	91.6±4.8	90.5±5.9	90.1±3.4
	Inferior	90.2±4.7	90.2±3.6	89.8±2.1
a	Superior	1.0±0.2	0.9±0.2	1.0±0.2
	Medio	1.4±0.3	1.4±0.3	1.4±0.2
	Inferior	1.9±0.3	1.8±0.4	1.8±0.4
b	Superior	26.8±2.9	26.6±2.7	27.1±2.6
	Medio	31.5±3.0	31±2.8	31.7±2.9
	Inferior	36.4±3.4	36.1±3.1	36.5±3.3

Se implementó la ecuación para ΔE, para identificar discrepancias de color clínicamente visibles. El punto de percepción clínicamente visible comienza en parte

 ISBN: 978-607-99574-3-8

del valor ΔE = 3.7, por lo tanto, observamos una diferencia en el color entre los tercios de todos los materiales de circonio (Figura 3a). Sin embargo, en el contraste de color entre los materiales de circonio (UTML, STML y HTML), las discrepancias de color no son clínicamente perceptibles (Figura 3b).

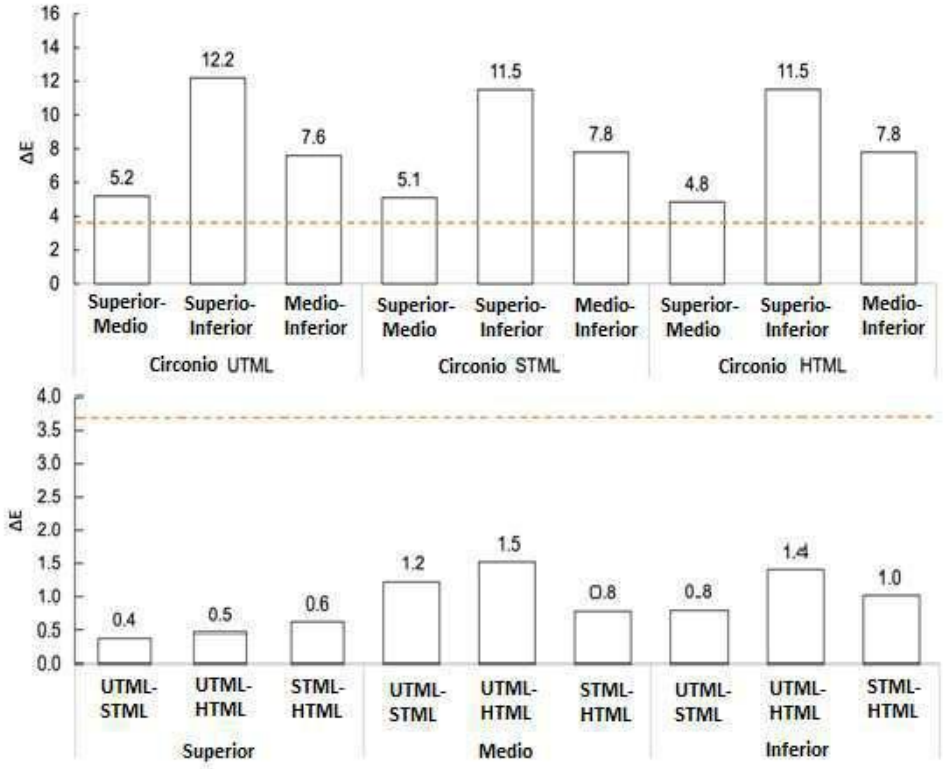


Figura 3. *a) Percepción del color clínicamente visible entre tercios de cada tipo de circonio. b) Percepción del color clínicamente visible entre los materiales de circonio. Línea punteada valor ΔE = 3.7.*

CONCLUSIONES

Con las limitaciones observadas en el presente estudio y los resultados obtenidos hasta el momento es posible establecer las siguientes conclusiones.

• El diferente contenido de itrio que se presenta en los materiales de circonio del sistema de circonio multicapa (Katana™; Kuraray Noritake) no genera una discrepancia de color perceptible.

 ISBN: 978-607-99574-3-8

• El sistema de circonio multicapa (Katana™; Kuraray Noritake) presenta una superficie policromática perceptible como el gradiente natural del color del diente.

Información Autor:
Centro de Investigación en Petroquímica, Instituto Tecnológico de Cd. Madero.
Dirección: Prol. Bahía de Aldhair y Av. de las Bahías, Parque de la Pequeña y Mediana Industria, 89600, Altamira, Tamaulipas, México.
e-mail: nohra.gr@cdmadero.tecnm.mx

AGRADECIMIENTOS

Nohra V. Gallardo Rivas agradece al TecNM por el permiso otorgado para la realización de actividades de Año Sabático (2023-24), al Instituto Tecnológico de Ciudad Madero-CIP por permitirnos el uso de sus instalaciones y a la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas por la recepción para la realización de las actividades experimentales del Año Sabático.

BIBLIOGRAFÍA

1) Choi, Y. S., Kang, K. H., & Att, W. *Ceramics International,* Vol. 46, No. 2, 2020, pag. 1854-1868.
2) Kolakarnprasert, N., Kaizer, M. R., Kim, D. K., & Zhang, Y. *Dental Materials*, Vol. 35, No. 5, 2019, pag. 797-806.
3) Camposilvan, E., Leone, R., Gremillard, L., Sorrentino, R., Zarone, F., Ferrari, M., & Chevalier, J. *Dental Materials*, Vol. 34, No. 6, 2018, pag. 879-890.
4) Elsaka, S. E. *Journal of Prosthodontic*s, Vol. 28, No. 1, 2019, pag. e279-e284.
5) Alves, M. F., Abreu, L. G., Klippel, G. G., Santos, C., & Strecker, K. *Ceramics International*, Vol. 47, No. 1, 2021, pag. 301-309.
6) Reyes, A. R., Dennison, J. B., Powers, J. M., Sierraalta, M., & Yaman, P. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, Vol. 129, No. 4, 2023, pag. 644-649.
7) Carrabba, M., Keeling, A. J., Aziz, A., Vichi, A., Fonzar, R. F., Wood, D., & Ferrari, M. *Journal of Dentistry*, Vol. 60, 2017, pag. 70-76.
8) Kang, C. M., Peng, T. Y., & Shimoe, S. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, Vol. 124, No. (6), 2020, pag. 789-e1.

 ISBN: 978-607-99574-3-8

ACADEMIA MEXICANA MULTIDISCIP

Otorga el presente

Reconocimien

Nohra Violeta Gallardo Rivas, Jorge Humberto Luna

a: Ana María Mendoza Martínez

Por su brillante participación con la ponencia oral "*Análisis de*
materiales de circonio modificado con óxido de itrio para tratar
en el marco de los trabajos del 16° Congreso Internacional d
Mexicana Multidisciplinaria A.C. celebrado del 11 al 13 de m

"Lo Multidisciplinario Impulsando la Ciencia, la Tecnología y a la Innovación en México

Dra. Rebeca Silva Rodrigo
Presidenta de la Academia Mexicana
Multidisciplinaria, A.C.

16° Congreso Internacional
11, 12 y 13 de marzo, 2024

"Lo Multidisciplinario Impulsand
a la Innovació

ACADEMIA MEXICANA MULTIDISCIP

Otorga el presente

Reconocimien

a: Nohra Violeta Gallardo Rivas, Jorge
Domínguez y Ana María Mendo

3

Por haber obtenido el Tercer Lugar como P
trabajo "*Análisis de la coloración de materiales*
con óxido de itrio para tratamiento protésic
trabajos del 16° Congreso Internacional de l
Multidisciplinaria A.C. celebrado del 11 al 1

"Lo Multidisciplinario Impulsando la Ciencia, la Tecnología y a la Innovación en Méxic

Dra. Rebeca Silva Rodrigo
Presidenta de la Academia Mexicana
Multidisciplinaria, A.C.

16° Congreso Internacional
11, 12 y 13 de marzo, 2024

"Lo Multidisciplinario Impulsand
a la Innovació

Universidad Autónoma de TAMAULIPAS

VERDAD, BELLEZA, PROBIDAD

Facultad de Odontología
Universidad Autónoma de Tamaulipas

A QUIEN CORRESPONDA:

Por este conducto, me permito comunicarle que la C. NOHRA VIOLETA GALLARDO RIVAS realizó las actividades correspondientes al proyecto denominado: "Determinación de las propiedades fisicoquímicas de sistemas de Zirconia multicapa modificados con Óxido de Itrio para restauración y tratamiento protésico" en la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, con el soporte de los profesores de esta Facultad, en las instalaciones del Centro de Investigación, dentro de la Línea de Investigación Eficacia, efectividad y seguridad de biomateriales empleados en Odontología del UAT-CA-86 En Consolidación "Evaluación de Biomateriales en Odontología" denotando que estas actividades fueron destinadas a cumplir con lo establecido en la participación de la Convocatoria de Año Sabático 2-2023, cumpliendo el periodo de actividades comprendido del 1 de septiembre del 2023 al 31 de agosto del 2024, en la Modalidad A. Programa de Investigación Científica, Tecnológica o Educativa, emitida por el Tecnológico Nacional de México.

Las principales actividades realizadas fueron las siguientes:

- Sinterizar varios lotes de óxido de zirconia/óxido de itrio, con las propiedades ópticas Y estructurales adecuadas, que cumpla con las características requeridas para uso en odontología.
- Caracterizar los cerámicos obtenidos de tal modo que permita establecer un comparativo con diferentes casos de estudio.
- Desarrollar una base de datos con la información de caracterización de los cerámicos y el análisis bibliográfico que permita establecer un comparativo.

Estas actividades representan los objetivos planteados en la propuesta de estancia, los cuales se cumplieron satisfactoriamente. Cabe destacar que el programa de trabajo impactó en los programas educativos de la licenciatura de Médico Cirujano Dentista y las Maestrías en Ortodoncia, Prostodoncia, Endodoncia, Odontopediatría y Periodoncia; así como el fortalecimiento del vínculo académico, entre el Centro de Investigación en Petroquímica del ITCM y el Centro de Investigación de la Facultad de Odontología de esta casa de estudios.

Dr. Jorge Humberto Luna Dominguez
Director del Centro de Investigación

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DIRECCIÓN

ANÁLISIS TÉCNICO DE LA ACADEMIA

06 de septiembre de 2024

Mtro. Juan Dionisio Cruz Guerrero
Director del Instituto Tecnológico
de Cd. Madero
Presente

De acuerdo con la calendarización de la propuesta de trabajo, le comunico que se revisó y evaluó el reporte: **Intermedio 50%: ( )** o **Final 100%: (x)**, de la persona cuyos datos se mencionan a continuación:

Docente: **Nohra Violeta Gallardo Rivas**
RFC: **GARN790802N74**
No. Autorización: **AS-2-105/2023**
Programa autorizado: **A. Programa de investigación: Científica, Tecnológica o Educativa. A.1. Proyecto de Investigación Científica: Determinación de las propiedades fisicoquímicas de sistemas de Zirconia multicapa modificados con Oxido de Itrio para restauración y tratamiento protésico. Instituto Tecnológico de Ciudad Madero.**
Periodo autorizado: **01-septiembre-2023 al 31-agosto-2024**

Esta Academia determina que **cumple técnica y académicamente** con lo establecido en las Políticas Académicas Generales de Periodo Sabático.

A t e n t a m e n t e

Ana Lidia Martínez Salazar
Presidente de la Academia del Claustro del Posgrado en Ciencias de la Ingeniería

Vo.Bo

Marco Antonio Coronel García
Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación

Pedro Martín García Vite
Profesor revisor Catedrático

Nelson Rangel Valdez
Profesor revisor Catedrático

Luis Fortino Cisneros Sinencio
Profesor revisor Catedrático

C.c.p. Subdirección Académica
Departamento de Desarrollo Académico
Departamento Académico
Comisión Dictaminadora
Interesado (a).

EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO

FORMATO CONCENTRADOR DE CÉDULAS DE EVALUACIÓN

DOCENTE:	Nohra Violeta Gallardo Rivas
MODALIDAD:	A._Programa de investigación: Científica, Tecnológica o Educativa (A.1. Proyecto de Investigación Científica)
TITULO DEL PROYECTO:	Determinación de las propiedades fisicoquímicas de sistemas de Zirconia multicapa modificados con Oxido de Itrio para restauración y tratamiento protésico.
ACADEMIA:	Claustro del Posgrado en Ciencias de la Ingeniería

Criterios de Evaluación	Puntuación Máxima	Revisor 1	Revisor 2	Revisor 3	Observaciones	Calificación
I. Organización Temática	20	20	20	20	La organización CUMPLE con la estructura y contenidos esperados en el proyecto.	20
II. Desarrollo del tema	50	50	50	50	Los objetivos planteados han sido alcanzados, y son congruentes con los alcances del proyecto. El contenido es adecuado.	50
III. Dominio del tema	30	30	30	30	Queda demostrado el dominio y experticz en el tema, siendo este más que suficiente para el desarrollo del proyecto	30
TOTAL	100%				PROMEDIO FINAL	100

REVISOR 1

Dr. Pedro Martín García Vite
NOMBRE Y FIRMA

REVISOR 2

Dr. Nelson Rangel Valdez
NOMBRE Y FIRMA

REVISOR 3

Dr. Luis Fortino Cisneros Sinencio
NOMBRE Y FIRMA

LUGAR Y FECHA:	**Ciudad Madero, Tamaulipas; a 6 de septiembre de 2024**

CÉDULA DE EVALUACIÓN

DOCENTE:	Nohra Violeta Gallardo Rivas
MODALIDAD:	A._Programa de investigación: Científica, Tecnológica o Educativa (A.1. Proyecto de Investigación Científica).
TITULO DEL PROYECTO	Determinación de las propiedades fisicoquímicas de sistemas de Zirconia multicapa modificados con Oxido de Itrio para restauración y tratamiento protésico.
ACADEMIA:	Claustro del Posgrado en Ciencias de la Ingeniería

VALORACIÓN DE DESEMPEÑO			
Criterios de Evaluación	Puntuación Máxima	Observaciones	Puntuación TOTAL
I. Organización Temática	20	Se presenta información relevante y de interés de forma adecuada, con estructura y contenido apropiados.	20
II. Desarrollo del tema	50	Los resultados reportados evidencian su congruencia con los objetivos planteados.	50
III. Dominio del tema	30	Se demuestra pleno dominio en la presentación y en el reporte, por parte del docente.	30
TOTAL	100	CALIFICACIÓN	100
Comentarios:			

DATOS DEL REVISOR			
NOMBRE:	Dr. Pedro Martín García Vite	FIRMA:	

LUGAR Y FECHA:	6 de septiembre de 2024

CÉDULA DE EVALUACIÓN

DOCENTE:	Nohra Violeta Gallardo Rivas
MODALIDAD:	A._Programa de investigación: Científica, Tecnológica o Educativa (A.1. Proyecto de Investigación Científica).
TITULO DEL PROYECTO	Determinación de las propiedades fisicoquímicas de sistemas de Zirconia multicapa modificados con Oxido de Itrio para restauración y tratamiento protésico.
ACADEMIA:	Claustro del Posgrado en Ciencias de la Ingeniería

VALORACIÓN DE DESEMPEÑO			
Criterios de Evaluación	Puntuación Máxima	Observaciones	Puntuación TOTAL
I. Organización Temática	20	El sistema analizado es organizado adecuadamente considerando los temas de influencia.	20
II. Desarrollo del tema	50	Los realtados presentados demuestran la consecución de los objetivos de la investigación.	50
III. Dominio del tema	30	La presentacion, reporte y organizacion de la información son ad hoc al tema y demuestran el conocimiento requerido	30
TOTAL	100	CALIFICACIÓN	100

Comentarios:

DATOS DEL REVISOR			
NOMBRE:	Dr. Nelson Rangel Valdez	FIRMA:	

LUGAR Y FECHA:	6 de septiembre de 2024

CÉDULA DE EVALUACIÓN

DOCENTE:	Nohra Violeta Gallardo Rivas
MODALIDAD:	A._Programa de investigación: Científica, Tecnológica o Educativa (A.1. Proyecto de Investigación Científica).
TITULO DEL PROYECTO	Determinación de las propiedades fisicoquímicas de sistemas de Zirconia multicapa modificados con Oxido de Itrio para restauración y tratamiento protésico.
ACADEMIA:	Claustro del Posgrado en Ciencias de la Ingeniería

VALORACIÓN DE DESEMPEÑO			
Criterios de Evaluación	Puntuación Máxima	Observaciones	Puntuación TOTAL
I. Organización Temática	20	La información fue organizada adecuadamente considerando los temas de interés	20
II. Desarrollo del tema	50	Los resultados presentados son consecuentes con los objetivos planteados	50
III. Dominio del tema	30	Tanto en la presentación como en el reporte se demostró conocimiento del tema, demostrando dominio en el mismo	30
TOTAL	100	CALIFICACIÓN	100
Comentarios:			

DATOS DEL REVISOR			
NOMBRE:	Dr. Luis Fortino Cisneros Sinencio	FIRMA:	

LUGAR Y FECHA:	6 de septiembre de 2024

DICTAMEN DE LA COMISIÓN DICTAMINADORA

20 de septiembre de 2024

Mtro. Juan Dionisio Cruz Guerrero
Director del Instituto Tecnológico
de Cd. Madero
Presente

De acuerdo con la calendarización de la propuesta de trabajo y el análisis técnico de la academia, le comunico que se revisó y evaluó el reporte: **Intermedio 50%:( )** o **Final 100%:(X)**, de la persona cuyos datos se mencionan a continuación:

Docente: **Nohra Violeta Gallardo Rivas**

RFC: **GARN790802N74**

No. Autorización: **AS-2-105/2023**

Programa autorizado: **A. Programa de investigación: Científica, Tecnológica o Educativa. A.1. Proyecto de Investigación Científica: Determinación de las propiedades fisicoquímicas de sistemas de Zirconia multicapa modificados con Oxido de Itrio para restauración y tratamiento protésico. Instituto Tecnológico de Ciudad Madero.**

Periodo autorizado: **01-septiembre-2023 al 31-agosto-2024**

Por lo que esta Comisión Dictaminadora encuentra y determina que se **ha cumplido** con la entrega del reporte correspondiente y con las Políticas Académicas Generales de Periodo Sabático.

A T E N T A M E N T E

Goldaracena Otero Bernardo
Presidente
Nombre y firma del Representante de los Profesores

Chuey Rubio Juan Ramón
Secretario
Nombre y firma del Representante del TecNM

Cruz Reyes Laura
Nombre y firma del Representante de la Dirección

Morales Cepeda Ana Beatriz
Nombre y firma del Representante de la Dirección

Velázquez Acosta Ana Laura
Nombre y firma del Representante de los Profesores

C.c.p. Subdirección Académica
Departamento de Desarrollo Académico
Departamento Académico
Comisión Dictaminadora
Interesado (a).