



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD  
CARRERA DE ODONTOLOGÍA**

**“Efectos del tiempo de polimerización de la resina nano hibrida Bio Crown  
con impresión 3D”**

**Trabajo de Titulación para optar al título de Odontólogo**

**Autores:**

Carballo Aguilar Angie Giovanna  
Coyago Cholango Jefferson Omar

**Tutor:**

Dr. David Gerardo Carrillo Vaca

**Riobamba, Ecuador. 2024**

## DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros, Angie Giovanna Carballo Aguilar y Jefferson Omar Coyago Cholango con cédula de ciudadanía 1804894283 y 1727673806, autores del trabajo de investigación titulado: Efectos del tiempo de polimerización de la resina nano híbrida Bio Crown con impresión 3D, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autores de la obra referida será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a la fecha de su presentación.



---

Jefferson Omar Coyago Cholango  
C.I: 1727673806



---

Angie Giovanna Carballo Aguilar  
C.I: 1804894283

## DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado del trabajo de investigación "Efectos del tiempo de polimerización de la resina nano híbrida Bio Crown con impresión 3D", presentado por Angie Giovanna Carballo Aguilar y Jefferson Omar Coyago Cholango con cédula de identidad número 1804894283, 1727673806 emitimos el DICTAMEN FAVORABLE, conducente a la APROBACIÓN de la titulación. Certificamos haber revisado y evaluado el trabajo de investigación y cumplida la sustentación por parte de su autor, no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a la fecha 24 de abril de 2024 de su presentación.

Od.Esp. Dolores Aracely Cedeño Zambrano  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Od.Esp. Christian Andrés Cabezas Abad  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Od.Esp. David Gerardo Carrillo Vaca  
TUTOR



## **CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL**

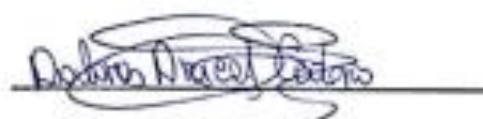
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Efectos del tiempo de polimerización de la resina nano híbrida Bio Crown con impresión 3D, presentado por Angie Giovanna Carballo Aguilar y Jefferson Omar Coyago Cholango con cédula de identidad número 1804894283 y 1727673806 bajo la tutoría de Od.Esp. David Gerardo Carrillo Vaca; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a la fecha de su presentación.

**Presidente del Tribunal de Grado**  
Od.Esp. Cristian Roberto Sigcho Romero



**Miembro del Tribunal de Grado**  
Od.Esp. Dolores Aracely Cedeño  
Zambrano



**Miembro del Tribunal de Grado**  
Od.Esp. Christian Andrés Cabezas Abad





UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO CID  
Ext. 1133

Riobamba 16 de abril del 2024  
Oficio N°026 -2023-2S TURNITIN-CID-2024

**Dr. Carlos Alberto Albán Hurtado**  
**DIRECTOR CARRERA DE ODONTOLOGÍA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**UNACH**  
Presente.-

Estimado Profesor:

Luego de expresarle un cordial saludo, en atención al pedido realizado por el **Dr. Carlos Alberto Albán Hurtado**, docente tutor de la carrera que dignamente usted dirige, para que en correspondencia con lo indicado por el señor Decano mediante Oficio N°0820-FCS-ACADÉMICO-UNACH-2023, realice validación del porcentaje de similitud de coincidencias presentes en el trabajo de investigación con fines de titulación que se detalla a continuación; tengo a bien remitir el resultado obtenido a través del empleo del programa TURNITIN, lo cual comunico para la continuidad al trámite correspondiente.

No	Documento número	Título del trabajo	Nombres y apellidos del estudiante	% TURNITIN verificado	Validación	
					Si	No
1	0820-D-FCS-18-09-2023	Efectos del tiempo de polimerización de la resina nano híbrida bio crown con impresión 3D	Carballo Aguilar Angie Giovanna  Coyago Cholango Jefferson Omar	1	x	

Atentamente,



PhD. Francisco Javier Ustáriz Fajardo  
Delegado Programa TURNITIN  
FCS / UNACH  
C/c Dr. Vinicio Moreno – Decano FCS

## **DEDICATORIA**

Este momento marca el fin de una etapa significativa en mi vida académica, pero también marca el comienzo de un nuevo capítulo lleno de posibilidades y desafíos. A través de estas palabras, quiero expresar mi dedicatoria a todos aquellos que me han acompañado en este proceso.

A mis padres Verónica y Giovanni, quienes siempre creyeron en mí y me brindaron su apoyo incondicional cuando muchas veces quise rendirme, gracias por ser mi inspiración constante y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis hermanos Christopher y Amira, por ser mi fuente inagotable de alegría y motivación, por entender mis ausencias y por celebrar cada logro a mi lado.

A mis profesores y mentores, por su sabiduría, paciencia y guía a lo largo de este camino académico. Sus enseñanzas han dejado una huella imborrable en mi vida, y estoy eternamente agradecida por su dedicación.

A todos aquellos que de una forma u otra han contribuido a la realización de este trabajo, su apoyo ha sido fundamental en cada paso del camino.

Que este trabajo sea un pequeño tributo a todos aquellos que han sido parte de mi vida y que han hecho posible este logro. Que cada página refleje el esfuerzo colectivo, el amor compartido y la dedicación inquebrantable que ha sido necesario para llegar hasta aquí.

Con profundo cariño y gratitud,

**Angie Carballo**

Este proyecto de investigación dedico en primer lugar a Dios, por brindarme salud, vida e inteligencia, por guiar mi camino e iluminar mi mente en la formación académica.

Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles a ellos, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo me lo he ganado.

Gracias a mis padres Beatriz y Abel quienes con su ejemplo me enseñaron a luchar por conseguir mis sueños y poder cumplirlos, a mi hermano Alexis que tuvo la paciencia y las palabras de aliento que necesitaba para poder inspirarme a seguir adelante.

Y sin dejar atrás a toda mi familia por confiar en mí a mis abuelitos, tíos y primos gracias por ser parte de mi vida y por permitirme ser parte de su orgullo

**Jefferson Coyago**

## **AGRADECIMIENTO**

En este momento único y significativo, siento la necesidad profunda de expresar mi gratitud hacia Dios, a mis padres Verónica y Giovanny, cuyo amor incondicional y sacrificio han sido la columna vertebral de mi existencia, les agradezco desde lo más profundo de mi ser. Sus palabras de aliento y su constante apoyo han sido mi refugio en los momentos de duda y dificultad. No existen palabras suficientes para expresar la magnitud de mi gratitud hacia ustedes, a mis hermanos Christopher y Amira, por su amor y compañía han sido un regalo invaluable que atesoro con todo mi corazón. Que nuestras experiencias compartidas continúen tejiendo los lazos indestructibles que nos unen, a mis abuelitos Sergio, Gladis y Diana ya que han sido guardianes de mi alegría y sostenedores de mis sueños, les agradezco por su constante presencia en mi vida. Cada momento compartido a su lado ha sido una bendición que ilumina mi camino.

Que estas palabras, llenas de amor y sinceridad, encuentren un eco en sus corazones y les transmitan la profundidad de mi gratitud y afecto. Que este agradecimiento sea único y especial, como lo son ustedes en mi vida.

Con todo mi amor y aprecio,

**Angie Carballo**

Primeramente, agradezco a Dios todopoderoso por ser el autor de mi vida y darme el valioso privilegio de entrar a esta carrera que fue uno de mis anhelos, por permitirme llegar hasta este día que es muy importante para mí, dándome las herramientas necesarias para culminar con éxito mi trabajo de investigación y hacerme entender que los sueños si se hacen realidad cuando lo deseas con todo el corazón. Asimismo, por haberme guiado desde siempre y ser mi fortaleza en los momentos más difíciles.

A mi madre. Beatriz por ser incondicional, por darme apoyo ilimitado e incondicional por creer en mí en todo momento, a mi padre Abel por creer en mis capacidades, gracias por esos consejos maravillosos que me hacían subir el ánimo, a mi hermano Alexis, por brindarme todo su apoyo incansable durante mi carrera.

También debo agradecer de manera especial a la Universidad Nacional de Chimborazo, Institución en la cual tuve la oportunidad de alcanzar uno de mis objetivos profesionales, a la carrera de Odontología que más que una profesión se ha convertido en una vocación. Además, un agradecimiento especial a mi tutor Dr. David Carrillo que, con paciencia, nobleza y sus conocimientos depositados en mí han hecho posible el desarrollo de este proyecto de investigación.

**Jefferson Coyago**



## ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCION.....	16
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	17
3. JUSTIFICACIÓN .....	18
4. OBJETIVOS.....	19
4.1 General .....	19
4.2 Específicos.....	19
5. MARCO TEÓRICO.....	20
5.1 Definición.....	20
5.2 Composición.....	20
5.3 Métodos de impresión 3D .....	20
5.4 Ventajas de la resina bio Crown Prizma .....	21
5.5 Características físicas .....	21
5.6 Los diferenciales de la resina prizma bio crown .....	22
5.7 Modo de uso .....	22
5.8 Cementación .....	22
5.9 Maquillaje o estratificación .....	23
5.10 Post procesado de resinas impresas .....	23
6. METODOLOGÍA.....	24
6.1 Tipo de investigación.....	24
6.2 Diseño de investigación .....	24
6.3 Técnicas e instrumentos .....	24
6.4 Población de estudio .....	24
6.5 Muestra.....	24
6.6 Criterios de selección.....	24
6.7 Entorno.....	25
6.8 Análisis estadístico .....	25
6.9 Operacionalización de las variables.....	25
6.10 Recursos. ....	26
6.11 PROCEDIMIENTOS PARA REALIZAR LAS MUESTRAS Y ENSAYO.....	27
7. RESULTADOS .....	39
8. CONCLUSIONES .....	71

9.	RECOMENDACIONES.....	72
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	73
11.	ANEXOS .....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tecnología de la impresión .....	20
<b>Tabla 2.</b> Ventajas de la resina Bio Crown Prizma .....	21
<b>Tabla 3.</b> Características físicas .....	21
<b>Tabla 4.</b> Operacionalización de variables.....	26
<b>Tabla 5.</b> Presupuesto. ....	27
<b>Tabla 6</b> Parámetros de condiciones del ensayo de rugosidad.....	34
<b>Tabla 7</b> Resultados de la medición de rugosidad media Ra [um] de probetas del Grupo A. .....	39
<b>Tabla 8.</b> Estadísticas Descriptivas del grupo A .....	39
<b>Tabla 9.</b> Resultados de la medición de rugosidad media Ra [um] de probetas del Grupo B. .....	42
<b>Tabla 10</b> Estadísticas Descriptivas del grupo B.....	43
<b>Tabla 11.</b> Resultados de la medición de rugosidad media Ra [um] de probetas del Grupo C. .....	45
<b>Tabla 12.</b> Estadísticas Descriptivas del Grupo C.....	45
<b>Tabla 13.</b> Resultados de la medición de rugosidad media Ra [um] de probetas del Grupo D. .....	47
<b>Tabla 14.</b> Estadísticas Descriptivas del Grupo D .....	48
<b>Tabla 15.</b> Resultados de la medición de rugosidad media Ra [um] probetas del Grupo E. .....	50
<b>Tabla 16</b> Estadísticas Descriptivas del Grupo E.....	51
<b>Tabla 17.</b> PROBETAS GRUPO A (0 minutos).....	53
<b>Tabla 18.</b> PROBETAS GRUPO B (5 minutos) .....	55
<b>Tabla 19.</b> PROBETAS GRUPO C (10 minutos) .....	57
<b>Tabla 20.</b> PROBETAS GRUPO D (15 minutos).....	60
<b>Tabla 21.</b> PROBETAS GRUPO E (20 minutos) .....	62
<b>Tabla 22</b> Tabla Resultados de Mediciones de Rugosidad para los Grupos A - E (LABINTECDIMP) .....	65
<b>Tabla 23.</b> Resultados de Dureza Shore D para los Grupos A - E (UTA).....	66

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

1. Fotografía: Programas FUSION 360° Y HALOT BOX .....	27
2. Fotografía: Impresora 3D Creality Halot y Creality Cure Intelligent Curing modelo UW-0. ....	28
3. Fotografía. calibración de la mesa de la impresora 3D. ....	28
4. Fotografía. Bandeja de impresora 3D, con medidas ml marcadas para colocar la resina líquida.....	29
5. Fotografía. Resina BioCrown Prizma color A2.....	29
6. Fotografía. Retiro de excesos e impurezas con ayuda de una brocha y alcohol isopropílico .....	30
7. Fotografía. Máquina de fotopolimerización Creality Cure Mode .....	30
8. Fotografía. Muestras piloto para establecer el protocolo de pulido.....	31
9. Fotografía. Clasificación de los bloques de resina BIOCROWN definitivas .....	31
10. Fotografía Proceso inicial de pulido con disco de silicona de grano fino color celeste.....	32
11. Fotografía. Proceso de pulido con disco de pelos de cabra y con pasta Dura Polish. ....	32
12. Fotografía. Proceso de pulido con disco de fieltro y con pasta Dura Polish Dia.....	33
13. Fotografía. Alineación y sujeción de probeta.: .....	33
14. Fotografía. Calibración del equipo (rugosímetro digital).....	34
15. Fotografía. Metodología de medición de los bloques de muestra con el rugosímetro digital .....	35
16. Fotografía. Medición de los bloques de muestra con el rugosímetro digital.....	35
17. Fotografía. Aparato durómetro SHORE D 100H-D .....	36
18. Fotografía. Grupo A muestras de 0 minutos.....	36
19. Fotografía 19. Grupo B muestras de 5 minutos .....	37
20. Fotografía. Grupo C muestras de 10 minutos .....	37
21. Fotografía. Grupo D muestras de 15 minutos.....	37
22. Fotografía. Grupo E muestras de 20 minutos .....	38

## INDICE DE GRÁFICOS

Ilustración 1. Metodología de medición de los bloques de muestra.....	34
Ilustración 2. Mecanismo de analisis de la probeta de resina .....	36
Ilustración 3. Diagrama de cajas de la rigurosidad -Grupo A .....	41
Ilustración 4. Diagrama de caja de la Rigurosidad por cara - grupo B.....	44
Ilustración 5. Diagrama de la caja de la Rigurosidad por cara- grupo C .....	46
Ilustración 6. Diagrama de caja de la Rigurosidad por cara- grupo D.....	49
Ilustración 7. Diagrama de caja de la Rigurosidad por cara-grupo E.....	52
Ilustración 8. Distribución de la dureza Shore D- grupo A.....	55
Ilustración 9. Distribución de dureza Shore D - grupo D .....	57
Ilustración 10. Distribución de la dureza Shore D- Grupo C .....	59
Ilustración 11. Distribución de la dureza Shore D - grupo D.....	62
Ilustración 12. Distribución de la dureza Shore D - grupo E .....	64

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar rugosidad y dureza de la resina Prizma Bio Crown impresa en 3D con diferentes tiempos de polimerización, mediante un estudio In-vitro de tipo experimental, observacional, con enfoque cuantitativo. Se realizaron 100 muestras con dimensiones de 12 mm de alto por 6 mm de ancho, divididos en 5 grupos de polimerización: grupo A- 0 minutos, grupo B- 5 minutos, grupo C- 10 minutos, grupo D-15 minutos, grupo E- 20 minutos. Las muestras fueron sometidas a ensayos de rugosidad en la máquina Surfest SJ-210 del laboratorio de investigación, desarrollo en nuevas tecnologías de diseño de la EPN. La media de rugosidad del grupo A fue de 2.97925  $\mu\text{m}$ , grupo B de 2.3455  $\mu\text{m}$ , C 1.18825  $\mu\text{m}$ , grupo D 0.898  $\mu\text{m}$ , grupo E 0.8005  $\mu\text{m}$ . evidenciando que existe una diferencia significativa en relación con el tiempo de post-curado, donde se mostró que el grupo E es el que mejor superficie lisa presento. A su vez los ensayos realizados en el centro de transparencia y tecnología de la UTA indican una variación en la dureza short D-ISO 868 concordante con el tiempo de polimerización obtenido en la rugosidad con valores de grupo A de 92,88, en el grupo B con 89,6, en el grupo C con 92,22, en el grupo D con 92,6 y en el grupo E con 93,9, comprobando que el grupo E tuvo resultados favorables y demostrando que la relación del pulido y el tiempo de fotopolimerización si influye de manera muy significativa a pesar de que no hubo diferencias de valores notables.

Concluyendo, que un correcto protocolo de pulido y un post-procesado (polimerización) de las resinas 3D, pueden brindar un impacto significativo en las propiedades físicas del material, asegurando una correcta estética, funcionalidad y durabilidad de las restauraciones en la cavidad oral.

**Palabras claves:** resistencia compresiva, rugosidad, prizma bio Crown, shore, cavidad oral, estética, dureza, fotopolimerización.

## Abstract

The objective of this research was to evaluate the roughness and hardness of the 3D printed Prizma Bio Crown resin with different polymerization times, through an experimental, observational, in-vitro study with a quantitative approach. 100 samples were made with dimensions of 12 mm high by 6 mm wide, divided into 5 polymerization groups: group A- 0 minutes, group B- 5 minutes, group C- 10 minutes, group D-15 minutes, group E - 20 minutes. The samples were subjected to roughness tests on the Surfest SJ-210 machine from the EPN's research and development laboratory in new design technologies. The average roughness of group A was 2.97925  $\mu\text{m}$ , group B 2.3455  $\mu\text{m}$ , C 1.18825  $\mu\text{m}$ , group D 0.898  $\mu\text{m}$ , group E 0.8005  $\mu\text{m}$ , evidencing that there is a significant difference in relation to the post-curing time, where it was shown that group E is the one with the best smooth surface. At the same time, the tests carried out at the UTA transparency and technology center indicate a variation in the short D-ISO 868 hardness consistent with the polymerization time obtained in the roughness with group A values of 92.88, in the group B with 89.6, in group C with 92.22, in group D with 92.6 and in group E with 93.9, proving that group E had favorable results and demonstrating that the relationship between polishing and photopolymerization time does have a very significant influence although there were no notable differences in values. Concluding, that a correct polishing protocol and post-processing (polymerization) of the 3D resins can provide a significant impact on the physical properties of the material, ensuring correct aesthetics, functionality, and durability of the restorations in the oral cavity.

**Keywords:** compressive strength, roughness, prizma bio crown, shore, oral cavity, aesthetics, hardness, photopolymerization.



Reviewed by:  
Mg. Hugo Solis V.  
ENGLISH PROFESSOR

## **CAPÍTULO I.**

### **1. INTRODUCCION.**

El objetivo del actual proyecto de investigación es identificar los materiales estéticos que se están desarrollando para parecerse a las estructuras dentales. Las primeras resinas utilizadas en odontología se introdujeron en la década de 1960, primariamente en forma de pasta y polvo, líquido, y rápidamente ganaron popularidad en todo el mundo. En sus versiones iniciales, estaban compuestos de materia orgánica, materia inorgánica y componentes de unión. (1)

Durante los últimos años, el rápido progreso de dichas resinas alcanzó diversos tipos de aplicaciones, progresando en términos de estética, resistencia, tiempos de polimerización y durabilidad. A partir de ahora, en esta etapa digital de la odontología, las resinas compuestas también han empezado a ocupar espacio en las impresiones 3D. (2)

En los compuestos de aquellas resinas que se utilizan de manera convencional, existen compuestos tridimensionales que se integran utilizando una matriz orgánica e inorgánica y agentes de unión. Sin embargo, para uso indirecto, se fabricarán en una impresora tridimensional y luego se cementarán utilizando agentes provisionales o resinosos, como ocurre con los composites de resina convencionales. (3)

Las principales discrepancias en su composición son la cantidad y calidad de los materiales orgánicos, que deben estar presentes en menores cantidades para conseguir una viscosidad adecuada para las impresoras. Por otro lado, las matrices inorgánicas y orgánicas deben compensar la calidad para alcanzar las mismas características físicas requeridas para un buen desempeño que cumpla con las normas ISO 4287 (rugosidad) y 868 (dureza Shore D). (4)

Proporciona una excelente resistencia a la rotura y a la flexión, así como un incremento en su resistencia a la abrasión, debido a la presencia de rellenos cerámicos nano y microhíbridos altamente silanizados, entre otros. la viscosidad es perfecta para la impresión 3D, la impresión utiliza menos material y se limpia más rápido, y mantiene los rodillos suspendidos durante más tiempo en el proceso de impresión. (5)

La alta compatibilidad con impresoras LCD y DLP y las elecciones de ajuste de parámetros garantizan una instalación y un ajuste precisos, así como una secuencia de producción perfecta. El material es fácil de procesar y pulir, y se puede matizar con cualquier kit de tinte o maquillaje compuesto para obtener el máximo brillo. (6)



## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La garantía de los protocolos de impresión de materiales en 3D está actualmente probada y ofrece muchas ventajas sobre los procesos tradicionales o analógicos en términos de maniobra de materiales, pero con la aparición de nuevos materiales que utilizan la tecnología de aditivos 3D y la versatilidad de los materiales, se podría desconocer sus propiedades físicas. Independientemente de la forma desarrollada, los problemas clínicos de dureza y rugosidad se producen de forma funcional. (7)

Myagmar (2020) mencionó que existe una diferencia entre la pérdida de volumen de los materiales tradicionales, los materiales fresados y los materiales temporales impresos en 3D. Después de 60.000 ciclos de masticación simulados, los valores medios de rugosidad superficial ( $R_a$ ;  $\mu m$ ) para los materiales impresos, pulidos y convencionales fueron;  $0,59 \pm 0,06$  -  $1,27 \pm 0,49$  y  $1,64 \pm 0,44$ , respectivamente. Al mostrar la diferencia en los valores de  $R_a$  (rugosidad superficial) entre los materiales utilizados, se determinó que los materiales de reparación temporal provenientes de técnicas de fabricación aditiva y sustractiva digital sufren menos pérdida de volumen debido al desgaste que las resinas temporales tradicionales. (8)

Al mismo tiempo, Abdulrahman (2021) indicó que existían diferencias características entre las resinas de impresión 3D modificadas y no modificadas en cuanto a la resistencia al impacto, la dureza y la rugosidad de la superficie. Los resultados mostraron que todas las propiedades probadas de la resina de impresión 3D no modificada disminuyeron significativamente ( $p < 0,001$ ), excepto la rugosidad de la superficie ( $p = 0,11$ ) ( $76,8 \pm 11,20$  MPa). Por otro lado, dichas resistencias tanto a la flexión, al impacto y la dureza de la resina de impresión 3D modificada con la adición de  $ZrO_2NP$  aumentaron significativamente ( $p < 0,05$ ) ( $106,3 \pm 16,9$  MPa), mientras que las diferencias en la rugosidad de la superficie no fueron significativas. (7)

Por otro lado, Vásquez (2021) mencionó que dichas propiedades físicas tomando énfasis en su dureza y rugosidad de la resina 3D, se van a ver alteradas no solo en su estructura y composición química sino que también tendrán influencia parámetros de pre-impresión, post impresión y proceso de fotopolimerización, afectando sus propiedades y observando que al imprimir probetas en dirección vertical (capas perpendiculares a la dirección de la carga) se consiguió una alta dureza que las probetas impresas horizontalmente (capas paralelas a la dirección de la carga). No obstante, eso significaría aumentar área de contacto entre capas, lo que podría incrementar el grado de porosidad alterando la rugosidad de la impresión, estrés residual y distorsiones dimensionales por contracción de las piezas. (9)

Por lo expresado anteriormente, el presente proyecto de investigación tiene como principal interrogante evaluar y comparar las diferentes alteraciones que se pueden generar tanto en la rugosidad como en la dureza de la resina Prizma Bio Crown impresa en 3D aplicando diferentes tiempos de polimerización y mediante ello determinar si es un material óptimo para el uso clínico en odontología.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La siguiente investigación se desarrolla con el fin de evaluar y comparar, rugosidad y dureza de la resina 3D Prizma Bio-Crown en diferentes tiempos de polimerización. Las pruebas in vitro realizadas nos permitirán correlacionar los efectos de los protocolos de pulido y post-procesado sobre los niveles de rugosidad y resistencia en la fabricación de nuestras prótesis. (10)

La finalidad de este estudio es que el clínico pueda tener una base de información que ayude a identificar la influencia de un correcto protocolo de pulido, así como también el efecto del tiempo de post-curado de la resina Prizma Bio Crown 3D, en relación con las propiedades físicas como; rugosidad y dureza, para lograr una optimización de los materiales y técnicas durante la fabricación de los modelos protésicos y acabado final. (11)

La investigación tiene relevancia científica ya que se analizará de manera in vitro en un laboratorio, los valores al grado de dureza de polímeros y rugosidad de la resina biocompatible 3D, además presenta relevancia metodológica debido que hay una cantidad reducida de estudios realizados sobre el tema en nuestro país, por lo cual es de mucha transcendencia la ejecución de esta investigación para reforzar como bases teóricas las futuras investigaciones.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 General**

-Determinar las características físicas de la resina bio Crown y su rugosidad.

### **4.2 Específicos**

- Describir las características físicas de la resina bio Crown.
- Analizar la rugosidad de la resina Bio Crown.
- Identificar la influencia del pulido en la resistencia

## CAPÍTULO II.

### 5. MARCO TEÓRICO.

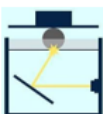
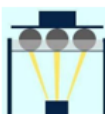

#### 5.1 Definición

Al igual que los composites tradicionales, los composites 3D se componen de matrices orgánicos e inorgánicos, pero están destinados a un uso indirecto, es decir, se fabricarán en una impresora 3D y luego se unirán con resina o agentes temporales como los compuestos tradicionales. La principal diferencia en su composición es la cantidad y calidad de las cargas inorgánicas, que deben ser en menor cantidad para conseguir una viscosidad aceptable para el impresor. Por otro lado, las matrices orgánicas e inorgánicas deben compensarse cualitativamente para lograr las mismas propiedades físicas requeridas para un buen desempeño que cumpla con los estándares ISO 4287 (rugosidad), 868 (dureza Shore D). (8) (12)

#### 5.2 Composición

La proporción entre las matrices inorgánicas y orgánicas otorga al material una resistencia adecuada. Tiene una excelente resistencia a la fractura y a la flexión, así como una alta resistencia al desgaste, gracias, entre otras cosas, a los rellenos cerámicos nano y microhíbridos silanizados y al circonio silanizado. (13) Tiene una densidad ideal para la impresión 3D, con bajo consumo de material, limpieza más rápida y mayor retención de la carga durante el proceso de impresión. La alta compatibilidad con impresoras LCD y DLP y el simple ajuste de parámetros garantizan un ajuste exacto, así como una secuencia de elaboración perfecta. (8) (14)

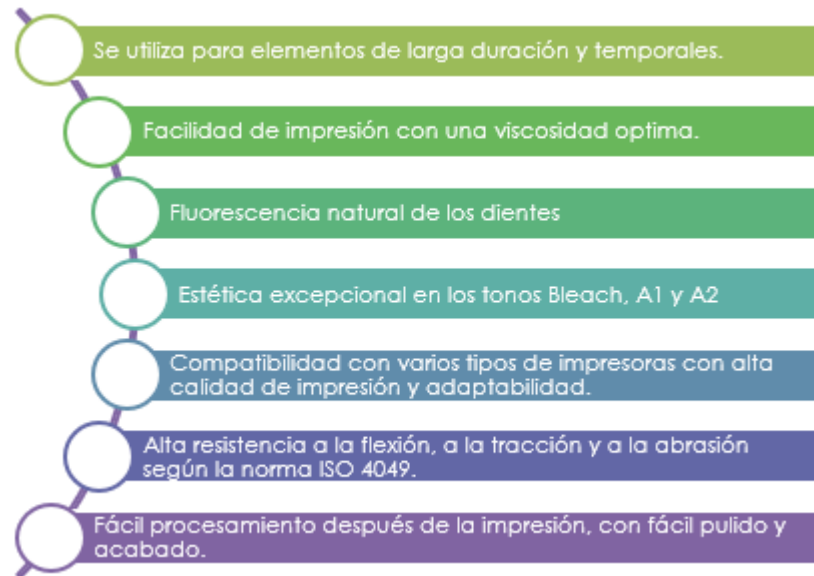
#### 5.3 Métodos de impresión 3D

Tecnologías de impresión 3D de resina			
	SLA	DLP	LCD
<i>Tecnología</i>	La fuente de luz es un láser que se mueve a través del tanque de la resina	Proyección con una máscara dando forma al estampado	Proyección, pero con leds que exponen luz a través de la pantalla LCD
<i>Rendimiento de resolución</i>	Impresoras SLA de gama alta= muy suave	Resultados menos suaves= inadecuado para el uso dental	Resultados suaves= adecuado para aplicaciones dentales
<i>Exactitud</i>	Problemas frecuentes de precisión	Precisión comparativamente más baja	Alta exactitud y precisión
<i>velocidad</i>	Lento 8mm/hora a 16mm/hora	Más rápido de 30 a 60 mm/hora	15 mm a 50 mm/hora
	Estereolitografía láser 	Procesamiento de luz digital 	Pantalla de cristal líquido 

**Tabla 1.** Tecnología de impresión 3d. **Tomado de:** (15) (16). **Realizado por:** Angie Carballo y Jefferson Coyago

La impresión 3D hace uso de un software de corte para dividir el diseño STL importado en capas. Las cortadoras convierten archivos STL a un código determinado G. Que aporta en la clasificación y numerario mediante sistemas CAM para controlar impresoras 3D automatizadas de cierto objeto. (17) (18)

#### 5.4 Ventajas de la resina bio Crown Prizma



**Tabla 2.** Ventajas de la resina bio Crown Prizma. **Tomado de:** (19) (20). **Realizado por:** Angie Carballo y Jefferson Coyago

#### 5.5 Características físicas

CARACTERISTICA	VALOR
DUREZA SHORE D	78-85
VISCOSIDAD	255-500 CPS
RESISTENCIA A LA TRACCION (MPA)	61.87 MPA
DEFORMACION A LA ROTURA (%)	4.51 %
CARGA MAXIMA (N)	1276.60 N
MODULO DE FLEXION (GPA/MPA)	2.85 GPA/ 2850 MPA
MODULO DE SECADO 1% (GPA/MPA)	2.84 GPA/ 2840 MPA
RESISTENCIA A LA TRACCION MEDIA DEL 5% (MPA)	>105.5 MPA
RESISTENCIA MAXIMA A LA TRACCION AL 5% (MPA)	111.20 MPA
SORCION	>31 G/MM3

**Tabla 3.** Características físicas. **Tomado de:** (19) (21) (22). **Realizado por:** Angie Carballo y Jefferson Coyago

## **5.6 Los diferenciales de la resina prizma bio crown**

- Las cargas de matriz inorgánica de las resinas Bio Crown están silanizadas para mejorar la unión entre las matrices orgánica e inorgánica, aportando así mayor resistencia al composite. Además, la silanización de los componentes inorgánicos promueve una buena adhesión al agente resinoso, lo que disminuye la disolución. (23) (24)
- Menor viscosidad, menos errores de impresión, menos desperdicio de resina y fácil limpieza en paralelo con resinas de la competencia para la misma aplicación. (19) (25)
- Representar una propiedad importante que sea idéntica a la de un diente natural es que posea fluorescencia, garantizando que los dientes no parezcan artificiales en ambientes luminosos u oscuros. (19) (26)
- Compatible con impresoras LCD, DLP y SLA sin perder eficacia. Makertech Labs desarrolló la resina Bio Crown teniendo en cuenta el rendimiento de impresión superior de varios sistemas para los cuales desarrolló resinas con tiempos de curado aceptables. capas en todos los sistemas sin sacrificar la productividad. Esto significa que las impresoras LCD tienen un tiempo de laminación más largo que las impresoras DLP. Pero el promedio es bueno para ambos equipos y eso no afecta la calidad. (19) (27)

## **5.7 Modo de uso**

- 1- Agitar vigorosamente 40 minutos antes de usar. Se recomienda utilizar mezclas de laboratorio. (19)
- 2- Vierta la porción especificada por el fabricante de la impresora en el tanque de la impresora y empiece a imprimir. Manipule el producto con guantes.
- 3- Después de imprimir, coloque las muestras en alcohol isopropílico durante 3-5 minutos para eliminar la resina de la superficie y séquelos por completo. (19) (28)
- 4- Poner en la cámara de luz UV durante 10-20 minutos para la fotopolimerización. (19)
- 5- Efectuar pulido o esmaltado mecánico. Es estándar que la pieza tenga una capa exterior blanca debido a la alta carga. Si esto sucede, la pieza se puede ajustar antes de pulir. (28)
- 6- Antes de proceder al cementado, lavar y secar la pieza con agua corriente y detergente. (19).

## **5.8 Cementación**

El esquema de adhesión a largo plazo utilizando cemento resinoso es el mismo que en los materiales compuestos convencionales y es:

- 1- Arenado superficial

- 2-Ácido fosfórico, durante 45 segundos.
- 3- Lavar bien para erradicar pequeñas partículas adheridas de ácido fosfórico.
- 4- Se procede a secar
- 5- Uso de sistemas adhesivos
- 6- Utilice el cemento resinoso seleccionado para pegar. (19) (29)

## **5.9 Maquillaje o estratificación**

- 1- Arenar la superficie.
- 2- Ácido fosfórico durante 45 segundos.
- 3- Lavar bien para descartar el ácido fosfórico.
- 4-Secar.
- 5- Aplicar maquillaje.
- 6- Aplica el esmalte de tu preferencia, confiamos PriZma Seal Glaze. (19) (15)

## **5.10 Post procesamiento de resinas impresas**

Esta resina definitivamente requiere de un postprocesamiento cuando se utilizan técnicas 3D, ya que las estructuras que sostienen el objeto deben ser eliminadas mientras el objeto se genera capa por capa. Las etapas finales se pueden dividir en 3 categorías:

- Postprocesamiento
- Tratamiento de superficies
- Estético

En la fase de forzado, la estructura de soporte se retira manualmente o mediante torsión. Dado que la estructura de soporte está fabricada con un material similar a la impresión, dejará una forma pequeña e irregular cuando se retire, por lo que se recomienda hacer un proceso adecuado de pulido. Cabe destacar que sus capas permiten la protección de la estructura ocasionando cierto grado de decoloración causada por la exposición a los rayos UV. (30) (31)

Es importante recordar que al ser incrementada capa por capa al momento de pasar por su proceso de fotopolimerización se va a producir una disminución en su profundidad por el factor luz hasta sus capas más posteriores, en donde la característica física más afectada va a ser la dureza ya que tiene una relación muy peculiar con la cantidad de monómero que se encuentra y por ende generar un mayor desgaste del material que se ha impreso. (32) (33)

## **CAPÍTULO III**

### **6. METODOLOGÍA**

#### **6.1 Tipo de investigación**

- Este proyecto de investigación está catalogado como experimental, observacional con enfoque cuantitativo.

#### **6.2 Diseño de investigación**

- Experimental In-vitro; debido a que se va a manipular variables de estudio en relación con resistencia a la propiedad física que en este caso es la dureza y tipo de lisura que presente la resina Bio Crown al ser sometida a la fotopolimerización durante la impresión 3D (LCD).

#### **6.3 Técnicas e instrumentos**

- El instrumento a utilizar será una tabla que nos facilite la recolección de los datos obtenidos, la cual va a ser desarrollada por los investigadores, detallando mediante tablas el tipo de lisura y dureza que presenta la resina bio Crown al ser sometida a intervalos de fotopolimerización de 0, 5, 10,15, 20 minutos.

#### **6.4 Población de estudio**

- Va a constar de 100 bloques impresos en resina compuesta nano-híbrida (bio Crown Prizma) con medida de 12 mm de alto por 6 mm de ancho. Las mismas se distribuirán en 5 grupos de 20 unidades.

#### **6.5 Muestra**

- Por el tipo de investigación presentado, no se requiere el cálculo y extracción de una muestra, pues al ser totalmente experimental se realizará con todo el universo de casos.

#### **6.6 Criterios de selección**

- Criterios de inclusión

Todos los bloques impresos en resina nano híbrida Prizma bio Crown que cumplan con las especificaciones y dimensiones establecidas en la metodología.

- Bloque de resina nanohíbrido integrado y sin costuras
- El bloque de resina fotopolimeriza en el tiempo especificado sin burbujas
- Impresora 3D Creality de alta precisión, modelo HALOT-ONE PLUS, color azul, pantalla de 7,9 pulgadas, resolución 4K HD, tamaño de impresión 172 mm x 102mm x 160 mm, equipada con mesa de calibración, capacidad máxima 650 ml.



Grosor de la capa	Calidad de impresión	Exposición inicial	Tiempo de exposición	Altura ascendente	Velocidad del motor	Desactivar el retrazo	Capa de exposición inferior
0.04	0,02	18 s	6.0 s	6mm	3mm/s	2 s	6

- Creality Cure Mode modelo de curado inteligente UW-0, con botones táctiles, potencia nominal 60W, voltaje de entrada DC24V, tamaño de lavado 170x120x160mm, incluyendo plataforma giratoria magnética de 360°, fuente de luz UV de doble frecuencia 405 385nm (18), plataforma magnética y de limpieza, equipado con fuentes de luz ultravioleta de doble frecuencia 405 385 nm (18 piezas), se pueden ajustar tres velocidades para limpieza y curado, y el tiempo de curado es de 2 a 90 minutos.
- Criterios de exclusión
  - Bloques de resina Prizma bio Crown fracturadas
  - Bloques con burbujas o fisuras que alteren su integridad
  - Bloques de resina con dimensiones inadecuadas

Los bloques impresos que presenten alteraciones en su composición serán reemplazados por nuevas unidades de estudio que cumplan las características de la norma ISO 4287 (rugosidad), 868 (dureza shore D).

## 6.7 Entorno

La investigación se realizará en: Escuela Politécnica Nacional (EPN) -Universidad Técnica de Ambato (UTA).

## 6.8 Análisis estadístico

Los datos que fueron arrojados en cada uno de los análisis van a ser insertados en programa de Microsoft Excel, posteriormente lo trasladaremos al software estadístico SPSS, donde se concertará las medidas de propensión tanto central como de dispersión para generar una estadística descriptiva mediante tablas.

## 6.9 Operacionalización de las variables

Variable dependiente: propiedades del material, dureza, desgaste y abrasión

Definición de la variable	Categoría	Indicador	Ítems	Técnicas e instrumentos
En los polímeros específicamente, la resistencia a la permeación depende de la carga constante sobre su superficie.	Dureza	Escala de Dureza	Dureza de Shore D (se establece en una escala de 0 a 100)	Fichas de registro

El desgaste es la fricción de una superficie, bajo una determinada carga. En el futuro podremos determinar las propiedades del material.	Desgaste mediante pulido (rugosidad)	Índice de desgaste	Discrepancia en función al número de ciclos de prueba	Ensayos  Hojas de calculo
--	--------------------------------------	--------------------	---	---------------------------------

Variable independiente: tipo de resina utilizada (Prizma bio Crown)

Definición de la variable	Categoría	Indicador		Ítems	Técnicas e instrumentos
En la impresión 3D (LCD), el material transcendental utilizado es la resina. Dichos componentes pueden experimentar cambios en sus propiedades mecánicas con múltiples tiempos de curado. Sin embargo, las propiedades difieren entre sí según la utilidad.	Resina (Prizma bio crown)	Tiempo de curado	Sin curado	0 min	Fichas de registro
			intermedio	05 min	
			Medio	10 min	
			Alto	15 min	
			Máximo	20 min	

**Tabla 4.** Operacionalización de variables. **Realizado por:** angie carballo y Jefferson Coyago

## 6.10 recursos.

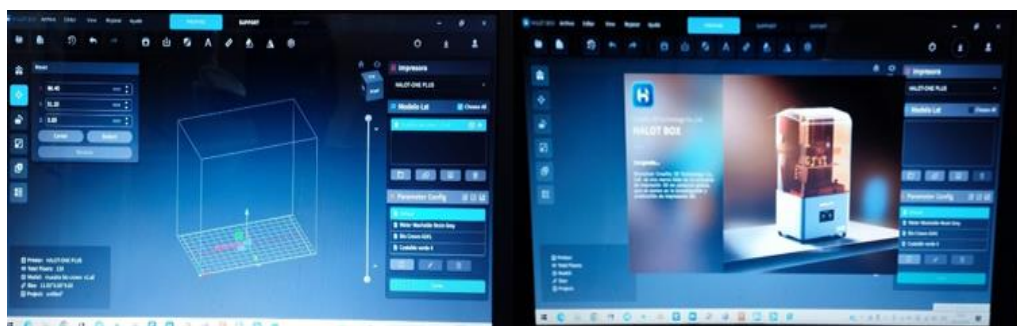
NIVEL ODONTOLÓGICO	VALOR
- Resina nano – híbrida (Bio Crown  Prizma)	Cada frasco 280 \$ y se utilizó 2 frascos Total: 280\$ x 2= 560\$
- Cure machine de resina	350 \$
- 100 bloques de resina Prizma bio Crown impresas 3D (12 mm de alto – 1.5 mm de diámetro)	280 \$
- Campos de trabajo	6 \$

- <i>Pieza de mano micromotor y contra</i>	250 \$
<i>Ángulo</i>	
- <i>Instrumentales de pulido y acabado</i>	490 \$
- <i>Pieza de mano micromotor y contrángulo</i>	250 \$
- <i>Laboratorio de la Escuela Politécnica Nacional</i>	\$ 0.21 por superficie de muestra Total (rugosidad) - $400 \times 0,21 = 84\$$
- <i>Universidad técnica de Ambato</i>	\$ 2.80 por muestra Total (dureza en polímeros Shore D)- $100 \times 2.80 = 280\$$
<b>NO ODONTOLÓGICO</b>	<b>VALOR</b>
- <i>Movilización</i>	80 \$
- <i>Impresiones</i>	30 \$
- <i>Artículos de pago</i>	100 \$
<b>TOTAL</b>	<b>2760\$</b>

**Tabla 5.** Presupuesto. **Realizado por:** Angie Carballo y Jefferson Coyago

## 6.11 PROCEDIMIENTOS PARA REALIZAR LAS MUESTRAS Y ENSAYO

Iniciamos diseñando en el programa **FUSION 360** los bloques con la medida de 12mm x 6mm de ancho, en dirección vertical en una angulación de 90°, con soportes en la base del bloque para luego obtener el archivo en formato stl para luego trasladar al laminador **HALOT BOX** en donde procedemos a colocar los parámetros que viene específico para la resina **BIOCROWN**, en donde vamos a realizar muestras piloto antes de hacer las impresiones finales.



**1. Fotografía:** Programas FUSION 360° Y HALOT BOX , en donde se hizo el diseño de los bloques de muestra

**Fuente:** Fotografías tomadas por los investigadores Angie Carballo y Jefferson Coyago.

Una vez finalizado los diseños trasladamos los archivos a una USB y procedemos a colocar en la impresora 3D (CREALITY), en donde antes de iniciar el proceso debemos calibrar la mesa de la impresora y posterior se coloca la bandeja en donde irá la resina BIOCROWN.



**2. Fotografía:** Impresora 3D Creality Halot y Creality Cure Mode Intelligent Curing modelo UW-0.

**Fuente:** Fotografías tomadas por los investigadores Angie Carballo y Jefferson Coyago.



**3. Fotografía.** calibración de la mesa de la impresora 3D.

**Fuente:** Fotografías tomadas por los investigadores Angie Carballo y Jefferson Coyago.

Se procede a colocar en la bandeja 250ml de resina BIOCROWN para iniciar con la impresión de las primeras 50 muestras con los parámetros específicos para dicho material, se demoró un total de 3 horas para imprimir los 100 bloques con medidas de 12mm de alto por 6mm de ancho.



**4. Fotografía.** Bandeja de impresora 3D, con medidas ml marcadas para colocar la resina líquida

**Fuente:** Fotografías tomadas por los investigadores Angie Carballo y Jefferson Coyago.



**5. Fotografía.** Resina BioCrown Prizma color A2

**Fuente:** Fotografías tomadas por los investigadores Angie Carballo y Jefferson Coyago.

Una vez obtenidos los bloques de muestra se procede a cortar los soportes y se realiza un lavado con alcohol isopropílico para eliminar restos e impurezas.



**6. Fotografía.** Retiro de excesos e impurezas con ayuda de una brocha y alcohol isopropílico

**Fuente:** Fotografías tomadas por los investigadores Angie Carballo y Jefferson Coyago.

Luego se procedió a dividir 5 grupos cada uno con un total de 20 bloques de muestras, para colocar en la máquina de fotopolimerización CREALITY CURE MODE Intelligent Curing modelo UW-0 para el tiempo determinado de cada grupo, a los 0 minutos, 5 minutos, 10 minutos, 15 minutos y 20 minutos.



**7. Fotografía.** Máquina de fotopolimerización Creality Cure Mode con los bloques de muestra a los 20 minutos

**Fuente:** Fotografías tomadas por los investigadores Angie Carballo y Jefferson Coyago.

Se inicio con una prueba piloto para establecer el protocolo adecuado para los bloques de muestra impresos. Aquí probamos con lijas finas, fresas de pulido finas color verde, un micromotor portátil, discos de silicona de grano fino, disco de felpa, disco de pelo de cabra,



glaze, pasta dura polish, pasta dura polish día, discos soflex; para determinar cuál es el instrumento más adecuado para el pulido sin que se altere el estudio.



**8. Fotografía.** Muestras piloto para establecer el protocolo de pulido con distintos instrumentos para su ejecución

**Fuente:** Fotografías tomadas por los investigadores Angie Carballo y Jefferson Coyago.

Una vez establecido el protocolo se procede a codificar cada uno de los bloques de muestra y se dividió en grupos A, B, C, D, E, en cajas Petri cada uno con su tiempo correspondiente.

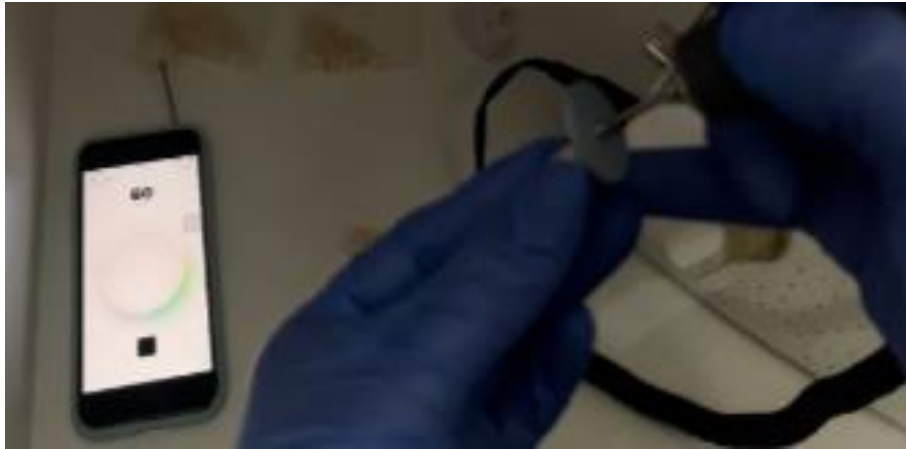


**9. Fotografía.** Clasificación de los bloques de resina BIOCROWN definitivas, colocados en cajas petri y categorizados en grupo A-0 minutos, grupo B-5 minutos, grupo C-10 minutos, grupo D-15 minutos, grupo E-20 minutos.

**Fuente:** Fotografías tomadas por los investigadores Angie Carballo y Jefferson Coyago.

Se adecuó el espacio con los materiales e instrumentos necesarios para iniciar con el pulido correspondiente. Se inició el primer pulido con un disco siliconado color celeste de 22x3mm,

colocando en un motor eléctrico a 10.000 rpm y ejerciendo una sola dirección en un mismo tiempo con ayuda de un metrónomo en cada uno de los bloques en sus cuatro caras.



**10. Fotografía** Proceso inicial de pulido con disco de silicona de grano fino color celeste.

**Fuente:** Fotografías tomadas por los investigadores Angie Carballo y Jefferson Coyago.

Luego con un disco de pelos de cabra y con ayuda de la pasta DURA-POLISH (For Polishing-PN0552) colocando en un motor eléctrico a 5.000 rpm y ejerciendo una sola dirección en un mismo tiempo con ayuda de un metrónomo en cada uno de los bloques en sus cuatro caras.



**11. Fotografía.** Proceso de pulido con disco de pelos de cabra y con pasta Dura Polish.

**Fuente:** Fotografías tomadas por los investigadores Angie Carballo y Jefferson Coyago.

Posteriormente, con un disco de fieltro pulidor y con ayuda de la pasta DURA-POLISH DIA (For Superpolishing-PN0554) colocando en un motor eléctrico a 4.000 rpm y ejerciendo una



sola dirección en un mismo tiempo con ayuda de un metrónomo en cada uno de los bloques en sus cuatro caras.



**12. Fotografía.** Proceso de pulido con disco de fieltro y con pasta Dura Polish Dia.

**Fuente:** Fotografías tomadas por los investigadores Angie Carballo y Jefferson Coyago.

Una vez finalizado el protocolo de pulido de las 100 muestras se envía a la Escuela Politécnica Nacional de Quito a LABINTECDIMP para iniciar con el análisis de rugosidad superficial plana, bajo la norma ISO 4287-1997, con ayuda de un Rugosímetro Digital marca Mitutoyo modelo Surftest SJ-210. Se realiza alineación y sujeción de probeta o muestra: Se procede a diseñar e imprimir en 3D un soporte acorde a las dimensiones de las muestras, el cual permite alinear y sujetar cada una de las probetas.



**13. Fotografía.** Alineación y sujeción de probeta.:

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional (LABINTECDIMP)

Preparación del equipo: Se procede a conectar y encender el equipo, además de configurar la fecha y hora en el mismo. Luego se selecciona los parámetros a medir: Se selecciona los

parámetros a medir en función de la información suministrada por el cliente o de las necesidades manifestadas por el mismo.

Temperatura ambiente:	15 [°C]
Ángulo del detector:	90 [°]
Fuerza de medición estática del detector:	4 [mN]
Radio de la punta del detector:	5 [um]
Norma:	ISO1997
Perfil:	R
Filtro:	Gauss
Longitud de medida de rugosidad:	8 [mm]
Velocidad de medición:	0,5 [mm/s]

**Tabla 6** Parámetros de condiciones del ensayo de rugosidad.

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional (LABINTECDIMP)

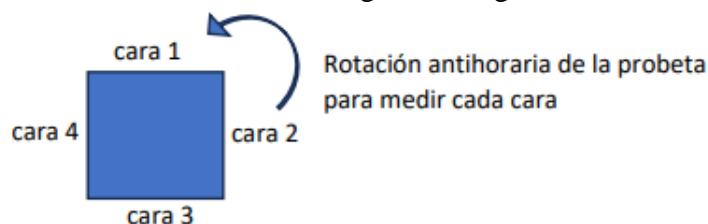
Calibración del equipo: Antes de realizar las mediciones respectivas de rugosidad en las probetas, se calibra el equipo de medición con un espécimen de referencia de precisión MITUTOYO que debe estar cerca de  $R_a = 2,97$  [um].



**14. Fotografía.** Calibración del equipo (rugosímetro digital)

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional (LABINTECDIMP)

Metodología de medición: La medición de rugosidad se realiza en cada una de las caras a lo largo de las probetas, además para medir las cuatro caras solicitadas de cada muestra, se ubica cada una de ellas como se indica en las siguientes figuras:



**Ilustración 1.** Metodología de medición de los bloques de muestra

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional (LABINTECDIMP)



**15. Fotografía.** Metodología de medición de los bloques de muestra con el rugosímetro digital

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional (LABINTECDIMP)

Medición de la rugosidad en dichas probetas y registro de datos: Se efectuaron todas las mediciones de rugosidad de cada una de las muestras solicitadas por el cliente y los respectivos datos obtenidos se registraron y tabularon como se muestra a continuación:



**16. Fotografía.** Medición de los bloques de muestra con el rugosímetro digital

**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional (LABINTECDIMP)

Una vez finalizado el análisis de rugosidad se recogieron las muestras para poder iniciar con el análisis de dureza de polímeros en la Universidad Técnica de Ambato. Se inicia las lecturas de cada uno de los bloques de igual manera codificados y divididos en grupos A, B, C, D, E, en donde se muestran en la forma de dureza Shore “D/1:60” la cual indica una lectura de 60 en el durómetro tipo D, marca RZ plástico rígido, modelo 100H-D, precisión no mas del  $\pm 1\%$ , potencia de 1,5 celdas, temperatura de funcionamiento de 0-40 grados

Celsius, punto de contacto nitido SR0,1 mm, ángulo de 90° con resolución de 0,5HD obtenida en 1 segundo.



**17. Fotografía.** Aparato durómetro SHORE D 100H-D

**Fuente:** Universidad Técnica de Ambato. Laboratorio de Ingeniería Civil y Mecánica

Análisis y obtención de datos de las muestras, regido bajo la norma ISO 868, en donde se realizó en una cara con una punción, en rotación antihoraria



**Ilustración 2.** Mecanismo de análisis de la probeta de resina

**Fuente:** Elaborado por Angie Carballo y Jeferson Coyago



**18. Fotografía.** Grupo A muestras de 0 minutos

**Fuente:** Fotografías obtenidas de los investigadores de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.



**19. Fotografía.** Grupo B muestras de 5 minutos

**Fuente:** Fotografías obtenidas de los investigadores de la Facultad de Ingenieria Civil y Mecanica



**20. Fotografía.** Grupo C muestras de 10 minutos

**Fuente:** Fotografías obtenidas de los investigadores de la Facultad de Ingenieria Civil y Mecanica.



**21. Fotografía.** Grupo D muestras de 15 minutos

**Fuente:** Fotografías obtenidas de los investigadores de la Facultad de Ingenieria Civil y Mecanica





**22. Fotografía.** Grupo E muestras de 20 minutos

**Fuente:** Fotografías obtenidas de los investigadores de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

## CAPÍTULO IV.

### 7. RESULTADOS

Laboratorio de investigación, desarrollo e innovación en nuevas tecnologías de diseño, manufactura y producción (LABINTECDIMP)

**Tabla 7** Resultados de la medición de rugosidad media Ra [ $\mu\text{m}$ ] de probetas del Grupo A.

Nro. Probeta	Cara_1	Cara_2	Cara_3	Cara_4
1	3.422	0.484	9.298	0.514
2	2.886	0.582	8.851	0.706
3	3.914	1.003	2.812	0.769
4	4.485	0.779	9.513	0.591
5	4.979	0.601	7.539	0.531
6	4.855	0.781	6.023	0.848
7	4.059	0.777	4.045	0.639
8	3.300	0.714	8.455	0.684
9	2.812	0.814	7.693	0.722
10	2.965	0.723	3.521	0.558
11	3.583	1.152	3.984	0.593
12	3.468	0.568	6.369	0.529
13	3.023	1.195	4.709	1.096
14	2.902	0.850	5.725	0.677
15	3.044	0.584	6.019	0.682
16	5.728	0.909	5.928	0.833
17	2.870	0.904	5.985	0.865
18	8.154	0.604	8.411	0.723
19	4.534	0.809	5.974	0.931
20	5.424	0.523	7.691	0.539

**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Laboratorio de investigación, desarrollo e innovación en nuevas tecnologías de diseño, manufactura y producción (LABINTECDIMP)

**Tabla 8.** Estadísticas Descriptivas del grupo A

Descripción	Cara 1 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 2 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 3 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 4 ( $\mu\text{m}$ )	Observaciones
<b>Promedio de Rugosidad</b>	4.020	0.768	6.427	0.702	Promedio total: 2.97925 $\mu\text{m}$

Descripción	Cara 1 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 2 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 3 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 4 ( $\mu\text{m}$ )	Observaciones
<b>Rango de Rugosidad</b>	5.342	0.711	6.701	0.582	-
<b>Estadísticas Generales</b>	Rugosidad Máxima General: 9.513 $\mu\text{m}$				
	Rugosidad Mínima General: 0.484 $\mu\text{m}$				
	Probeta con Mayor Rugosidad Media: Nro. 18				
<b>Observaciones Específicas</b>	Probeta con Menor Rugosidad Media: Nro. 10				

**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Laboratorio de investigación, desarrollo e innovación en nuevas tecnologías de diseño, manufactura y producción (LABINTECDIMP)

### Análisis de resultados

Estos resultados muestran que la Cara 3 tiene tanto el promedio más alto de rugosidad como el rango más amplio, indicando que es la cara con la mayor rugosidad y variabilidad entre probetas. La Cara 2 tiene la menor rugosidad promedio y el rango más estrecho, lo que sugiere que es la más lisa de las caras medidas. La probeta 18 tiene la rugosidad promedio más alta, lo que podría ser una señal de irregularidades en el proceso de fabricación o en el tratamiento de superficies para esa muestra en particular. La probeta 10, por otro lado, tiene la rugosidad promedio más baja, indicando una superficie comparativamente más lisa.

#### Promedio de Rugosidad por Cara

- ✓ Cara 1: Los valores varían de manera significativa, con una notable elevación en la probeta 18, lo que sugiere una anomalía o una desviación en el proceso de fabricación o tratamiento de esa superficie en particular.
- ✓ Cara 2: Presenta una menor variabilidad en comparación con la Cara 1, lo que indica una mayor uniformidad en el tratamiento o fabricación.
- ✓ Cara 3: Esta cara muestra la mayor variabilidad y los valores más altos de rugosidad, lo que indica que estas superficies son generalmente más rugosas en comparación con las otras caras.
- ✓ Cara 4: Tiene valores más bajos y consistentes de rugosidad, similar a la Cara 2, lo que sugiere un acabado más uniforme.



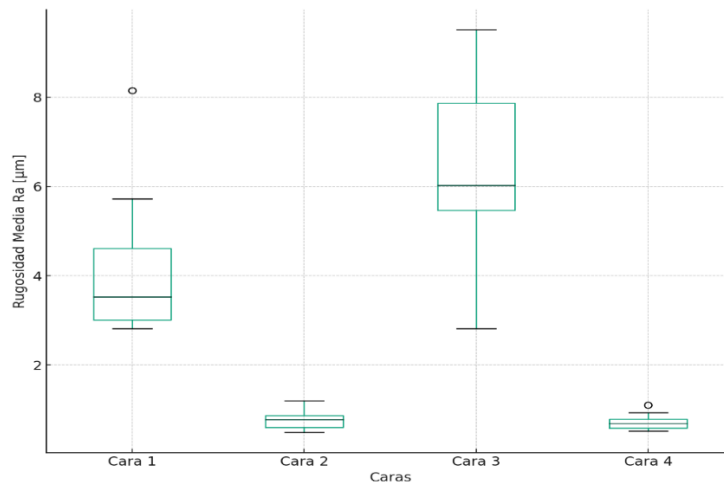
## Variabilidad y Rango

La variabilidad en las mediciones es más pronunciada en la Cara 3, lo que podría ser una indicación de inconsistencias en los procesos aplicados a esta cara o en la calidad del material. El rango de las mediciones en cada cara muestra que las Caras 1 y 3 tienen variaciones más amplias, mientras que las Caras 2 y 4 son más consistentes.

## Anomalías y Consistencia

Las probetas 18 y 20 muestran valores inusualmente altos en la Cara 1, lo que requiere una investigación adicional para determinar las causas de estas irregularidades. La consistencia en las Caras 2 y 4 sugiere que los procesos de acabado para estas caras son controlados de manera efectiva.

**Ilustración 3.** Diagrama de cajas de la rugosidad -Grupo A



**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Laboratorio de investigación, desarrollo e innovación en nuevas tecnologías de diseño, manufactura y producción (LABINTECDIMP)

El diagrama de cajas que se muestra ofrece una representación visual de la distribución de la rugosidad media ( $R_a$  [ $\mu\text{m}$ ]) para cuatro caras diferentes de unas probetas. A continuación, se proporcionará una interpretación y análisis de cada característica del diagrama:

**Cara 1:** Los valores de rugosidad para la Cara 1 tienen una mediana alrededor de  $4 \mu\text{m}$ . La distribución es relativamente proporcionada en relación a la mediana, con un rango intercuartílico (IQR) que indica que la mitad de los datos está entre aproximadamente  $3 \mu\text{m}$  y  $5 \mu\text{m}$ . Hay un punto atípico que se encuentra por encima de  $8 \mu\text{m}$ , lo que podría indicar un valor anormalmente alto en comparación con el resto de los datos.

**Cara 2:** La mediana de rugosidad es significativamente más baja que en la Cara 1, cerca de  $0.7 \mu\text{m}$ . El IQR es estrecho, sugiriendo que los valores están más agrupados y hay menos variabilidad en la rugosidad en comparación con la Cara 1. No hay valores atípicos evidentes

para esta cara, lo que indica que todos los valores caen dentro de un rango esperado sin anomalías significativas.

Cara 3: Esta cara muestra una variabilidad más amplia en los valores de rugosidad, con una mediana cerca de 6  $\mu\text{m}$ . El IQR es más amplio que en las Caras 1 y 2, lo que sugiere una variabilidad más grande en los datos. No hay valores atípicos presentes, pero la gama de valores es más extendida.

Cara 4: Los valores de rugosidad para la Cara 4 son similares a los de la Cara 2, con una mediana ligeramente por debajo de 0.7  $\mu\text{m}$ . El IQR es un poco más ancho que en la Cara 2, indicando una mayor variabilidad en la rugosidad. Hay un punto atípico que es considerablemente más alto que la totalidad de los otros valores.

**Tabla 9.** Resultados de la medición de rugosidad media Ra [ $\mu\text{m}$ ] de probetas del Grupo B.

<b>Nro.</b>	<b>Probeta</b>	<b>Cod. Probeta</b>	<b>Cara 1</b>	<b>Cara 2</b>	<b>Cara 3</b>	<b>Cara 4</b>
21	I1PT2-er21		3,651	0,422	1,036	0,613
22	I1PT2-er22		4,302	0,453	1,771	1,108
23	I1PT2-er23		6,309	0,598	5,649	0,520
24	I1PT2-er24		3,355	0,674	1,456	0,481
25	I1PT2-er25		4,421	1,051	5,787	0,600
26	I1PT2-er26		6,613	0,552	2,187	0,607
27	I1PT2-er27		4,270	0,597	1,403	0,864
28	I1PT2-er28		3,041	0,394	1,956	1,592
29	I1PT2-er29		4,126	0,544	3,625	0,525
30	I1PT2-er30		5,202	0,404	5,808	0,417
31	I1PT2-er31		5,468	0,600	4,835	0,594
32	I1PT2-er32		3,707	0,424	1,426	0,705
33	I1PT2-er33		4,017	0,530	3,022	0,575
34	I1PT2-er34		6,466	0,425	6,044	0,404
35	I1PT2-er35		6,844	0,528	5,298	0,853
36	I1PT2-er36		3,198	0,608	1,801	1,564
37	I1PT2-er37		5,745	0,429	4,746	0,809
38	I1PT2-er38		4,067	0,495	0,980	0,414
39	I1PT2-er39		7,648	0,609	4,840	0,532
40	I1PT2-er40		3,223	0,560	3,039	0,592

**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Laboratorio de investigación, desarrollo e innovación en nuevas tecnologías de diseño, manufactura y producción (LABINTECDIMP)

**Tabla 10** Estadísticas Descriptivas del grupo B

Descripción	Cara 1 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 2 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 3 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 4 ( $\mu\text{m}$ )	Observaciones
<b>Promedio de Rugosidad</b>	4.784	0.545	3.335	0.718	Promedio total: 2.3455 $\mu\text{m}$
<b>Rango de Rugosidad</b>	4.607	0.657	5.064	1.188	-
<b>Estadísticas Generales</b>					Rugosidad Máxima General: 7.648 $\mu\text{m}$
					Rugosidad Mínima General: 0.394 $\mu\text{m}$
<b>Observaciones Específicas</b>					Probeta con Mayor Rugosidad Media: Nro. 39
					Probeta con Menor Rugosidad Media: Nro. 21

**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Laboratorio de investigación, desarrollo e innovación en nuevas tecnologías de diseño, manufactura y producción (LABINTECDIMP)

### Análisis de resultados

**Variabilidad Significativa:** Se observa una variabilidad significativa en las mediciones de rugosidad entre las diferentes caras de las probetas. En particular, la Cara 1 tiende a tener valores de rugosidad mucho más altos en promedio, mientras que la Cara 2 presenta los valores más bajos.

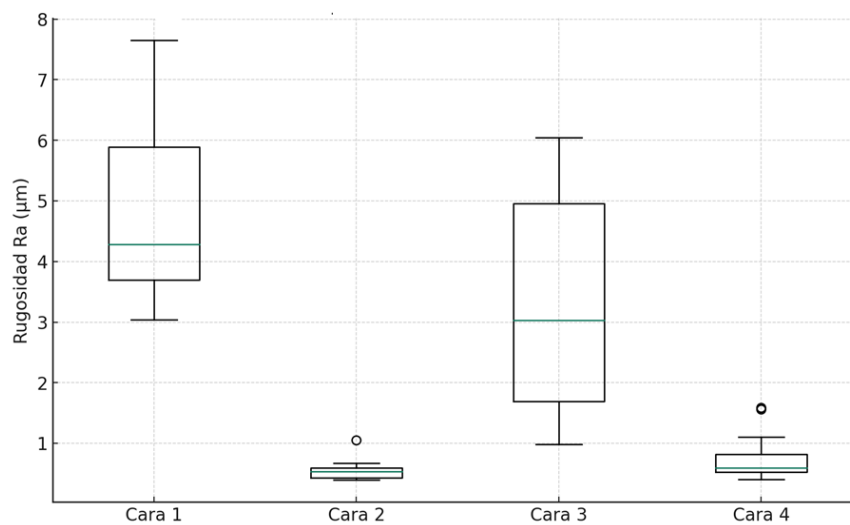
**Extremos de Rugosidad:** La Probeta Nro. 39 tiene la mayor rugosidad media, destacando con el valor máximo de rugosidad (7.648  $\mu\text{m}$ ) entre todas las mediciones. Por otro lado, la Probeta Nro. 21 tiene la menor rugosidad media, lo que sugiere una superficie más lisa en comparación con las demás probetas del grupo.

**Rango de Rugosidad:** La considerable diferencia entre los valores máximos y mínimos de rugosidad en cada cara indica una amplia dispersión en las condiciones de la superficie de las probetas. Esto puede deberse a variaciones en el proceso de fabricación, tratamiento de la superficie, o inconsistencias en el material.

Implicaciones: Los promedios y rangos de rugosidad por cara sugieren que ciertas caras de las probetas pueden estar sujetas a diferentes condiciones de procesamiento o tienen características intrínsecas distintas. La alta variabilidad en la rugosidad podría tener implicaciones significativas en aplicaciones prácticas, dependiendo de la tolerancia y requisitos específicos de rugosidad de las superficies.

Este análisis proporciona una visión general de las características de rugosidad de las probetas del Grupo B, resaltando la importancia de considerar la variabilidad y los promedios en el control de calidad y la evaluación de procesos.

**Ilustración 4.** Diagrama de caja de la Rugosidad por cara - grupo B



**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Laboratorio de investigación, desarrollo e innovación en nuevas tecnologías de diseño, manufactura y producción (LABINTECDIMP)

El diagrama de caja mostrado representa las distribuciones de las mediciones de rugosidad (Ra, en micrómetros) para cada cara de las probetas del Grupo B. Aquí, algunos puntos clave que se pueden observar:

Cara 1 muestra la mayor variabilidad en las mediciones de rugosidad, así como los valores más altos, lo que indica que esta cara tiende a tener una mayor rugosidad en comparación con las demás.

Cara 2 y Cara 4 tienen rangos más estrechos y valores medianos más bajos, lo que sugiere que estas caras son generalmente más lisas.

Cara 3 también presenta una variabilidad significativa, similar a la Cara 1, con algunos valores altos de rugosidad.

**Tabla 11.** Resultados de la medición de rugosidad media Ra [ $\mu\text{m}$ ] de probetas del Grupo C.

Nro. Probeta	Cod. Probeta	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4
41	I1PT3-er41	1,476	0,481	0,947	0,593
42	I1PT3-er42	1,618	0,351	2,136	0,425
43	I1PT3-er43	1,521	0,353	2,111	0,766
44	I1PT3-er44	1,014	1,680	3,307	0,577
45	I1PT3-er45	1,103	0,451	1,382	0,487
46	I1PT3-er46	1,974	0,246	0,942	0,459
47	I1PT3-er47	0,978	0,279	1,575	0,655
48	I1PT3-er48	1,266	0,517	2,491	0,613
49	I1PT3-er49	1,153	0,255	2,438	0,524
50	I1PT3-er50	3,287	0,385	2,282	0,433
51	I1PT3-er51	1,970	0,559	3,307	0,745
52	I1PT3-er52	1,292	0,316	2,188	0,403
53	I1PT3-er53	1,432	0,552	1,173	0,502
54	I1PT3-er54	1,802	0,448	1,486	0,604
55	I1PT3-er55	1,161	0,262	1,073	0,386
56	I1PT3-er56	1,573	0,567	2,980	0,385
57	I1PT3-er57	1,510	0,479	2,355	0,438
58	I1PT3-er58	1,429	0,377	2,495	0,635
59	I1PT3-er59	2,513	0,366	2,363	0,523
60	I1PT3-er60	3,326	0,454	2,413	0,694

**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Laboratorio de investigación, desarrollo e innovación en nuevas tecnologías de diseño, manufactura y producción (LABINTECDIMP)

**Tabla 12.** Estadísticas Descriptivas del Grupo C

Descripción	Cara 1 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 2 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 3 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 4 ( $\mu\text{m}$ )	Observaciones
Promedio de Rugosidad	1.670	0.469	2.072	0.542	Promedio total: 1.18825 $\mu\text{m}$
Rango de Rugosidad	2.348	1.434	2.365	0.381	
Rugosidad Máxima General	-	-	-	-	3.326 $\mu\text{m}$

Descripción	Cara 1 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 2 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 3 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 4 ( $\mu\text{m}$ )	Observaciones
Rugosidad Mínima General	-	-	-	-	0.246 $\mu\text{m}$
Probeta con Mayor Rugosidad Media	-	-	-	-	Probeta Nro. 60
Probeta con Menor Rugosidad Media	-	-	-	-	Probeta Nro. 55

**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Laboratorio de investigación, desarrollo e innovación en nuevas tecnologías de diseño, manufactura y producción (LABINTECDIMP)

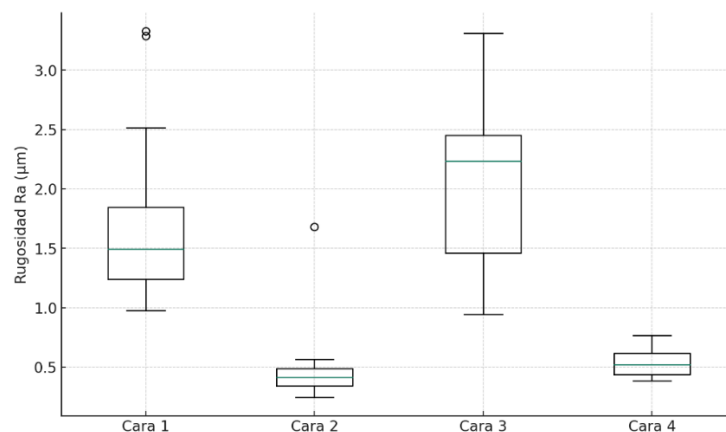
### Análisis de resultados

Los resultados muestran una variabilidad en las mediciones de rugosidad entre las diferentes caras de las probetas, con la Cara 3 presentando el promedio más alto de rugosidad. Esto sugiere que la Cara 3, en general, tiene una textura superficial más rugosa en comparación con las otras caras. La Cara 2 muestra el rango más amplio de variabilidad, lo que indica diferencias significativas en la rugosidad entre las probetas para esta cara.

La probeta con la mayor rugosidad media es la Nro. 60, lo que sugiere que esta probeta tiene, en promedio, la superficie más rugosa dentro del grupo. Por otro lado, la probeta Nro. 55 tiene la menor rugosidad media, indicando que es la más lisa en comparación con las demás probetas del grupo.

Comparando con el Grupo B, parece que el Grupo C, en promedio, tiene valores de rugosidad más bajos, lo que podría indicar diferencias en los procesos de fabricación, tratamiento de superficies, o material utilizado entre los dos grupos.

***Ilustración 5.** Diagrama de la caja de la Rugosidad por cara- grupo C*



**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Laboratorio de investigación, desarrollo e innovación en nuevas tecnologías de diseño, manufactura y producción (LABINTECDIMP)

El diagrama de caja ilustra las distribuciones de las mediciones de rugosidad (Ra, en micrómetros) para cada cara de las probetas del Grupo C. Los aspectos destacados del diagrama incluyen:

Cara 3 muestra la mayor mediana de rugosidad entre todas las caras, lo que corrobora el análisis de que esta cara tiende a ser la más rugosa. También presenta un rango más amplio, indicativo de una mayor variabilidad en las mediciones de rugosidad entre las probetas.

Cara 1 y Cara 4 tienen distribuciones más compactas en comparación con la Cara 3, pero la Cara 1 exhibe un rango más amplio de valores, lo que sugiere una variabilidad considerable en la rugosidad de esta cara entre diferentes probetas.

Cara 2 muestra la menor variabilidad y los valores de rugosidad más bajos, lo que indica que generalmente es la cara más lisa entre las probetas evaluadas.

Este análisis proporciona una perspectiva valiosa sobre las características de superficie de las probetas en el Grupo C, destacando diferencias en la rugosidad que podrían ser críticas para aplicaciones específicas o para la evaluación de procesos de manufactura y tratamiento superficial.

**Tabla 13.** Resultados de la medición de rugosidad media Ra [ $\mu\text{m}$ ] de probetas del Grupo D.

Nro. Probeta	Cod. Probeta	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4
61	I1PT4-er61	1.697	0.421	1.995	0.523
62	I1PT4-er62	0.511	0.346	0.656	0.406
63	I1PT4-er63	1.130	0.546	0.940	0.894
64	I1PT4-er64	0.611	0.590	1.028	0.623

Nro. Probeta	Cod. Probeta	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4
65	I1PT4-er65	1.612	0.391	1.622	0.541
66	I1PT4-er66	2.345	0.327	3.450	0.439
67	I1PT4-er67	0.942	0.880	1.050	0.749
68	I1PT4-er68	0.772	0.546	0.587	0.380
69	I1PT4-er69	0.745	0.495	0.587	0.663
70	I1PT4-er70	2.099	0.614	2.233	0.282
71	I1PT4-er71	2.880	0.656	1.432	0.434
72	I1PT4-er72	0.744	0.415	0.518	0.515
73	I1PT4-er73	0.537	0.375	0.717	0.313
74	I1PT4-er74	1.277	0.892	1.140	0.880
75	I1PT4-er75	0.602	0.557	0.540	0.937
76	I1PT4-er76	0.542	0.628	0.584	0.501
77	I1PT4-er77	0.427	0.534	0.689	0.339
78	I1PT4-er78	0.718	0.398	0.504	0.376
79	I1PT4-er79	2.775	0.384	2.726	0.517
80	I1PT4-er80	3.137	0.622	1.362	0.448

**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Laboratorio de investigación, desarrollo e innovación en nuevas tecnologías de diseño, manufactura y producción (LABINTECDIMP)

**Tabla 14.** Estadísticas Descriptivas del Grupo D

Descripción	Cara 1 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 2 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 3 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 4 ( $\mu\text{m}$ )	Observaciones
Promedio de Rugosidad	1.305	0.531	1.218	0.538	Promedio total: 0.898 $\mu\text{m}$
Rango de Rugosidad	2.710	0.565	2.946	0.655	
Rugosidad Máxima General	-	-	-	-	3.450 $\mu\text{m}$
Rugosidad Mínima General	-	-	-	-	0.282 $\mu\text{m}$
Probeta con Mayor Rugosidad Media	-	-	-	-	Probeta Nro. 66 (Promedio de todas las caras más alto)
Probeta con Menor Rugosidad Media	-	-	-	-	Probeta Nro. 62 (Promedio de todas las caras más bajo)

**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson



**Fuente:** Laboratorio de investigación, desarrollo e innovación en nuevas tecnologías de diseño, manufactura y producción (LABINTECDIMP)

### Análisis de Resultados

El valor máximo de rugosidad se encuentra en la Cara 3, lo cual indica que esta cara tiende a presentar las mayores irregularidades en el grupo.

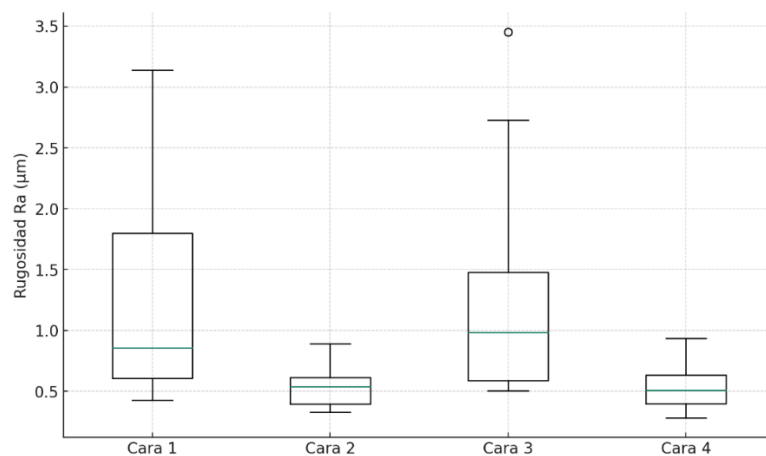
La Cara 2 muestra la menor variabilidad y los valores promedio más bajos, sugiriendo que generalmente es la superficie más lisa.

La Probeta Nro. 66 tiene la rugosidad promedio más alta, lo cual podría deberse a inconsistencias en el proceso de fabricación o a la naturaleza del material.

Por el contrario, la Probeta Nro. 62 muestra la rugosidad promedio más baja, lo que indica una superficie relativamente lisa en comparación con las demás probetas del grupo.

Este análisis puede ser útil para identificar posibles mejoras en los procesos de fabricación o tratamiento superficial, y para asegurar la calidad y la consistencia del acabado de las superficies.

**Ilustración 6.** Diagrama de caja de la Rugosidad por cara- grupo D



**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Laboratorio de investigación, desarrollo e innovación en nuevas tecnologías de diseño, manufactura y producción (LABINTECDIMP)

El diagrama de caja para el Grupo D muestra la distribución de las mediciones de rugosidad (Ra, en micrómetros) para las cuatro caras de las probetas. Aquí está la interpretación de los datos visualizados:

Cara 1: Esta cara muestra una variabilidad moderada en las mediciones de rugosidad con algunos valores atípicos en el extremo superior, lo que indica que hay algunas probetas con una rugosidad significativamente más alta que el promedio. El rango intercuartílico (IQR),

que es la distancia entre el primer y tercer cuartil, es relativamente estrecho, indicando de manera general todos los datos están agrupados cerca de la mediana.

Cara 2: La distribución de la rugosidad en la Cara 2 es bastante compacta, con el IQR más estrecho de todas las caras, lo que sugiere una consistencia mayor en las mediciones de esta cara. No hay valores atípicos, y el promedio es el más bajo, lo que indica que es la cara más lisa en general.

Cara 3: La Cara 3 presenta la mayor variabilidad en las mediciones, con el rango más amplio y un valor atípico significativo en el extremo superior. Esto sugiere que hay variaciones considerables en la rugosidad de esta cara entre las diferentes probetas, y algunas probetas tienen una rugosidad mucho más alta que otras.

Cara 4: Similar a la Cara 2, la Cara 4 muestra una variabilidad relativamente baja en las mediciones de rugosidad. Aunque hay un valor atípico, el rango intercuartílico es estrecho, lo que indica que la suma de ciertas mediciones se encuentra cerca de la mediana. Estos hallazgos son útiles para identificar oportunidades de mejora en los métodos para dicha fabricación y control de calidad para las probetas del Grupo D.

**Tabla 15.** Resultados de la medición de rugosidad media Ra [ $\mu\text{m}$ ] probetas del Grupo E.

Nro. Probeta	Cod. Probeta	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4
81	I1PT5-er81	1.022	0.905	0.587	0.713
82	I1PT5-er82	0.811	0.692	0.855	1.135
83	I1PT5-er83	0.468	0.572	0.616	0.509
84	I1PT5-er84	1.202	0.914	0.922	0.596
85	I1PT5-er85	1.206	0.578	0.965	1.042
86	I1PT5-er86	0.450	1.111	1.414	0.695
87	I1PT5-er87	0.498	0.785	0.841	1.170
88	I1PT5-er88	1.006	1.007	0.680	0.525
89	I1PT5-er89	0.988	0.538	0.724	0.870
90	I1PT5-er90	0.603	0.718	0.627	1.157
91	I1PT5-er91	0.920	0.743	0.983	0.861
92	I1PT5-er92	0.730	0.852	0.631	0.693
93	I1PT5-er93	0.728	1.093	0.926	0.752
94	I1PT5-er94	0.774	0.598	0.730	0.946
95	I1PT5-er95	0.637	0.673	0.811	0.946
96	I1PT5-er96	0.468	0.783	1.340	0.580
97	I1PT5-er97	0.962	0.494	0.864	0.657

Nro. Probeta	Cod. Probeta	Cara 1	Cara 2	Cara 3	Cara 4
98	I1PT5-er98	0.569	0.773	0.777	0.838
99	I1PT5-er99	0.699	0.622	1.016	0.611
100	I1PT5-er100	0.654	0.821	0.842	0.906

**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Laboratorio de investigación, desarrollo e innovación en nuevas tecnologías de diseño, manufactura y producción (LABINTECDIMP)

**Tabla 16** Estadísticas Descriptivas del Grupo E

Descripción	Cara 1 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 2 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 3 ( $\mu\text{m}$ )	Cara 4 ( $\mu\text{m}$ )	Promedio Total ( $\mu\text{m}$ )	Observaciones
Promedio de Rugosidad por Cara	0.770	0.764	0.858	0.810	0.8005	
Rango de Rugosidad por Cara	0.756	0.617	0.827	0.661	-	
Rugosidad Máxima General -	-	-	-	-	-	1.414 $\mu\text{m}$
Rugosidad Mínima General -	-	-	-	-	-	0.450 $\mu\text{m}$
Probeta con Mayor Rugosidad Media	-	-	-	-	-	Probeta Nro. 85 (promedio más alto de todas las caras)
Probeta con Menor Rugosidad Media	-	-	-	-	-	Probeta Nro. 83 (con el promedio de todas las caras más bajo)

**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Laboratorio de investigación, desarrollo e innovación en nuevas tecnologías de diseño, manufactura y producción (LABINTECDIMP)

## Análisis de Resultados

La Cara 3 muestra el mayor promedio de rugosidad, indicando que esta cara tiende a tener mayores irregularidades en la superficie en comparación con las otras caras.

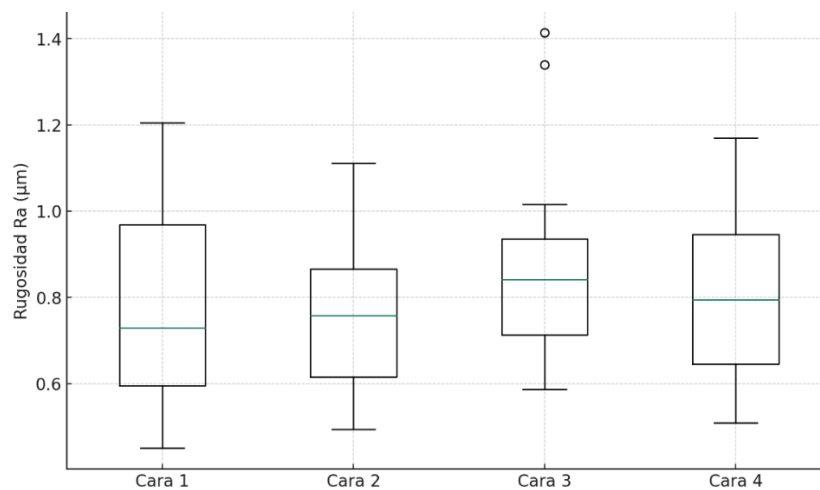
La Cara 1 tiene el promedio de rugosidad más bajo y un rango cercano al de las otras caras, lo que sugiere que las superficies de esta cara son, en general, más uniformes y lisas.

Los rangos de rugosidad en todas las caras son relativamente similares, indicando una variabilidad consistente a través de las diferentes caras de las probetas.

La Probeta Nro. 85 tiene la mayor rugosidad promedio, lo que podría señalar una anomalía en el proceso de fabricación o en el tratamiento de la superficie para esta probeta en particular.

Por otro lado, la Probeta Nro. 83 muestra la menor rugosidad promedio, destacando una calidad superficial mejor o diferencias en el material o proceso que podrían ser de interés para investigaciones de control de calidad.

**Ilustración 7.** Diagrama de caja de la Rugosidad por cara-grupo E



**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Laboratorio de investigación, desarrollo e innovación en nuevas tecnologías de diseño, manufactura y producción (LABINTECDIMP)

El diagrama de caja para el Grupo E proporciona una representación visual de la distribución de las mediciones de rugosidad en cada una de las caras de las probetas. Aquí, la interpretación de este diagrama:

**Cara 1:** Presenta una distribución de datos relativamente simétrica alrededor de la mediana con algunos valores extremos en la parte superior. Esto sugiere que hay algunas probetas con una rugosidad notablemente más alta que otras probetas en dicha cara.

**Cara 2:** Tiene una distribución similar a la Cara 1 con un rango intercuartílico (IQR) ligeramente más estrecho, lo que indica menos variabilidad en las mediciones de rugosidad. También se observan valores atípicos que indican la presencia de algunas probetas con rugosidad significativamente alta.

Cara 3: Muestra la mayor mediana de rugosidad y también tiene varios valores atípicos. Esto indica una tendencia hacia una mayor rugosidad en esta cara en comparación con las demás y sugiere una mayor variabilidad en las mediciones de rugosidad entre las probetas.

Cara 4: Similar a las Caras 1 y 2 en términos de IQR, pero con la mediana ligeramente más alta que las Caras 1 y 2, lo que indica una tendencia general hacia una rugosidad más alta. Los valores atípicos en esta cara también sugieren la existencia de probetas con rugosidad más alta de lo común.

**Centro de transparencia y tecnología FICM -UTA**  
**INGENIERÍA MECÁNICA ENSAYO DE DUREZA SHORE D - ISO 868**

**Tabla 17. PROBETAS GRUPO A (0 minutos)**

<b>Cod. Probeta</b>	<b>Dureza Shore D</b>
I1PT1-er1	93.5
I1PT1-er2	94.0
I1PT1-er3	92.5
I1PT1-er4	92.0
I1PT1-er5	93.0
I1PT1-er6	92.5
I1PT1-er7	91.5
I1PT1-er8	92.0
I1PT1-er9	93.0
I1PT1-er10	95.0
I1PT1-er11	92.5
I1PT1-er12	95.0
I1PT1-er13	91.5
I1PT1-er14	92.0
I1PT1-er15	94.5
I1PT1-er16	92.0
I1PT1-er17	92.5
I1PT1-er18	94.5
I1PT1-er19	92.5
I1PT1-er20	91.5
<b>Promedio</b>	<b>92.88</b>

**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson  
**Fuente:** Centro de transparencia y tecnología FICM -UTA

## **Análisis de resultados grupo A**

El análisis de los resultados de las mediciones de dureza Shore D para las probetas del Grupo A revela varios puntos importantes sobre las características de dureza de estas muestras:

### **Rango de Dureza**

Las mediciones de dureza Shore D para el Grupo A varían entre un mínimo de 91.5 y un máximo de 95.0, lo que indica una relativamente estrecha distribución de valores de dureza en este grupo. Esta variación limitada sugiere una consistencia en la dureza del material o en el proceso de fabricación de estas probetas.

### **Valor Promedio**

El valor promedio de dureza Shore D para este grupo es de 92.88, lo cual se sitúa cerca del centro del rango de valores medidos. Este promedio proporciona una buena indicación de la dureza típica que se puede esperar de las probetas del Grupo A.

### **Consistencia en la Dureza**

La relativa cercanía de las mediciones individuales al valor promedio y el rango limitado de las mediciones sugieren una alta consistencia en la dureza de las probetas del Grupo A. Esto puede ser indicativo de inspección de calidad efectivo en la producción de estas muestras o de la homogeneidad del material utilizado.

### **Observaciones Específicas**

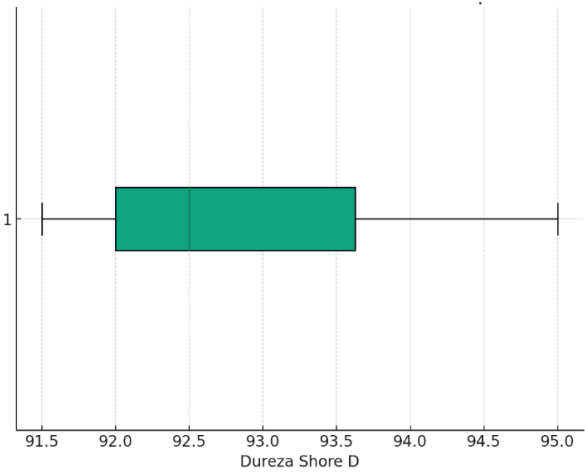
Valores Máximos: Las probetas I1PT1-er10 e I1PT1-er12 comparten el valor máximo de dureza en este grupo, con 95.0. Esto podría indicar una particularidad en el tratamiento o en la composición del material de estas probetas que las hace ligeramente más duras que las demás.

- Valores Mínimos: Las probetas I1PT1-er7, I1PT1-er13, y I1PT1-er20 presentan el valor mínimo de dureza (91.5), lo cual podría ser de interés para investigar cualquier variabilidad en el proceso o material que podría haber contribuido a una menor dureza en estas muestras específicas.

Los resultados muestran una calidad y consistencia generalmente buenas en términos de dureza Shore D para el Grupo A. Identificar y entender cualquier variación en los extremos del rango de dureza podría ofrecer oportunidades para optimizar aún más la homogeneidad del producto o para ajustar propiedades específicas del material para aplicaciones particulares. La dureza, siendo un indicador crítico de la resistencia y durabilidad del

material, es un parámetro clave para determinar su calidad y la adecuación para uso en aplicaciones específicas.

**Ilustración 8.** Distribución de la dureza Shore D- grupo A



**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson  
**Fuente:** Centro de transparencia y tecnología FICM -UTA

El diagrama de caja confirma la consistencia y homogeneidad en las mediciones de dureza Shore D para el Grupo A, con una variabilidad moderada y sin extremos inusuales. Estos resultados son indicativos de un proceso controlado al momento de su fabricación y de la uniformidad en las propiedades del material de las probetas examinadas.

**Tabla 18.** PROBETAS GRUPO B (5 minutos)

Cod. Probeta	Dureza Shore D
I1PT2-er21	90.0
I1PT2-er22	90.5
I1PT2-er23	90.5
I1PT2-er24	89.5
I1PT2-er25	88.5
I1PT2-er26	91.0
I1PT2-er27	90.0
I1PT2-er28	88.5
I1PT2-er29	88.5
I1PT2-er30	90.5
I1PT2-er31	88.0
I1PT2-er32	87.5

<b>Cod. Probeta</b>	<b>Dureza Shore D</b>
I1PT2-er33	88.5
I1PT2-er34	90.0
I1PT2-er35	91.0
I1PT2-er36	88.5
I1PT2-er37	90.0
I1PT2-er38	91.5
I1PT2-er39	90.0
I1PT2-er40	89.5
<b>Promedio</b>	<b>89.6</b>

**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Centro de transparencia y tecnología FICM -UTA

### **Análisis de resultados grupo B**

El análisis de cada resultado obtenido de las mediciones de dureza Shore D para las probetas del Grupo B proporciona información valiosa sobre las características de dureza de estas muestras, reflejando la uniformidad y las variaciones en el material o en el proceso de fabricación. A continuación, se detallan los puntos clave del análisis:

#### **Rango de Dureza**

Las mediciones de dureza Shore D en el Grupo B varían entre 87.5 como mínimo y 91.5 como máximo. Este rango de 4 puntos indica una variabilidad moderada en la dureza del material entre las diferentes probetas.

#### **Valor Promedio**

El valor promedio de dureza Shore D para este grupo es de 89.6, situándose cerca de la parte inferior del rango de valores medidos. Esto sugiere que, en promedio, las probetas tienden hacia valores de dureza ligeramente menores dentro del espectro de mediciones observadas.

#### **Consistencia en la Dureza**

La presencia de múltiples mediciones agrupadas en torno a valores específicos (como 88.5, 90.0, y 90.5) sugiere una cierta consistencia en el proceso de fabricación o en las propiedades del material. Sin embargo, la existencia de valores tanto en los extremos bajos (87.5 y 88.0) como en el alto (91.0 y 91.5) indica variaciones que podrían ser objeto de análisis para optimizar la uniformidad del producto.



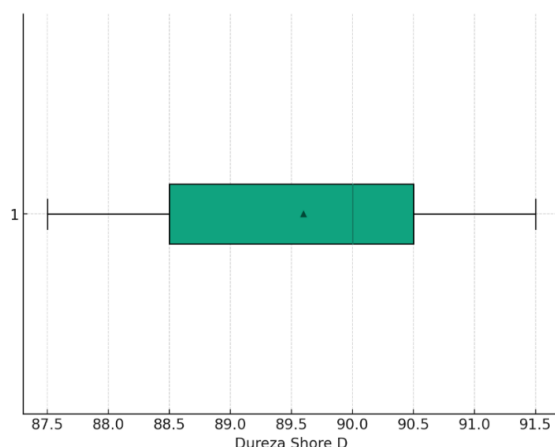
## Observaciones Específicas

Valores Máximos: La probeta I1PT2-er38 muestra el valor más alto de dureza Shore D (91.5), lo cual podría indicar características específicas del material o diferencias en el procesamiento que resultaron en una mayor dureza.

- Valores Mínimos: La probeta I1PT2-er32 tiene el valor mínimo de dureza (87.5), lo que podría sugerir variaciones en el material o en el proceso de fabricación que afectaron negativamente a la dureza de esta muestra específica.

El Grupo B muestra una buena uniformidad general en términos de dureza Shore D, con una variabilidad moderada que podría ser explorada para mejorar aún más la consistencia del producto.

**Ilustración 9.** Distribución de dureza Shore D - grupo D



**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Centro de transparencia y tecnología FICM -UTA

El diagrama de caja para el Grupo B ilustra la distribución de las mediciones de dureza Shore D, mostrando una concentración central de los datos con una mediana cercana al valor promedio, indicado por el diamante. La existencia de un valor atípico en el extremo superior, específicamente para una probeta con dureza de 91.5, destaca una ligera desviación respecto a la uniformidad general. El rango intercuartílico (IQR) es estrecho, lo que señala que la mayor parte de las mediciones se agrupa alrededor de la mediana, evidenciando una consistencia en la dureza de estas probetas. Esta concentración sugiere que, aunque hay una variabilidad moderada, el proceso de fabricación o el material utilizado para estas probetas del Grupo B mantiene una relativa uniformidad en términos de dureza.

**Tabla 19.** PROBETAS GRUPO C (10 minutos)

Cod. Probeta	Dureza Shore D
I1PT3-er41	90.5

<b>Cod. Probeta</b>	<b>Dureza Shore D</b>
I1PT3-er42	94.5
I1PT3-er43	92.0
I1PT3-er44	92.0
I1PT3-er45	93.0
I1PT3-er46	92.5
I1PT3-er47	92.0
I1PT3-er48	93.0
I1PT3-er49	93.0
I1PT3-er50	92.0
I1PT3-er51	92.5
I1PT3-er52	91.0
I1PT3-er53	90.5
I1PT3-er54	93.5
I1PT3-er55	92.5
I1PT3-er56	93.0
I1PT3-er57	92.5
I1PT3-er58	91.0
I1PT3-er59	92.5
I1PT3-er60	91.0
<b>Promedio</b>	<b>92.22</b>

**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson  
**Fuente:** Centro de transparencia y tecnología FICM -UTA

### **Análisis de resultados grupo C**

El análisis de resultados de las mediciones de dureza Shore D para las probetas del Grupo C revela varios aspectos sobre las características de dureza de estas muestras:

#### **Rango de Dureza**

Las mediciones de dureza Shore D para el Grupo C oscilan entre un mínimo de 90.5 y un máximo de 94.5, lo que indica una variabilidad limitada en la dureza del material entre las diferentes probetas. Esta variación moderada sugiere una relativa consistencia en la dureza del material o en el proceso de fabricación de estas probetas.

#### **Valor Promedio**

El valor promedio de dureza Shore D para este grupo es de 92.22, situándose cerca del centro del rango de valores medidos. Este promedio proporciona una indicación de la dureza típica que se puede esperar de las probetas del Grupo C.

### Consistencia en la Dureza

La cercanía de la mayoría de las mediciones al valor promedio y el rango moderado de las mediciones sugieren una alta consistencia en la dureza de las probetas del Grupo C. Esto puede indicar una calidad efectiva en la producción de estas muestras o la homogeneidad del material utilizado.

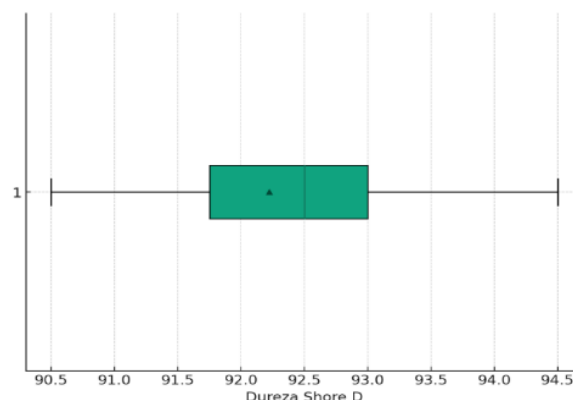
### Observaciones Específicas

Valores Máximos: La probeta I1PT3-er42 muestra el valor más alto de dureza Shore D (94.5), lo cual podría indicar características específicas del material o diferencias en el procesamiento que resultaron en una mayor dureza.

- Valores Mínimos: La probeta I1PT3-er52, junto con otras que tienen valores similares, presenta el valor mínimo de dureza (91.0), lo que podría sugerir variaciones en el material o en el proceso de fabricación que afectaron negativamente a la dureza de estas muestras específicas.

El Grupo C muestra una buena uniformidad general en términos de dureza Shore D, con una variabilidad moderada que podría ser objeto de análisis para mejorar aún más la consistencia del producto. La identificación de dichos factores aporta a la variabilidad observada en las mediciones de dureza podría ayudar en la optimización de procesos de fabricación o en la selección de materiales para lograr propiedades deseadas de manera más consistente. La comprensión de estas variaciones es crucial para asegurar la calidad y la adecuación del material para aplicaciones específicas, donde la dureza puede ser un factor determinante.

**Ilustración 10.** Distribución de la dureza Shore D- Grupo C



**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Centro de transparencia y tecnología FICM -UTA

El diagrama de caja para el Grupo C muestra una distribución bastante uniforme de las mediciones de dureza Shore D, con una mediana que refleja el promedio de dureza reportado de 92.22. No se observan valores atípicos, indicando una alta consistencia en la dureza entre las probetas de este grupo. El rango intercuartílico (IQR) es estrecho, lo que sugiere que en su mayoría las mediciones se agrupan estrechamente alrededor de la mediana, evidenciando una homogeneidad notable en la dureza de las probetas. Esto puede indicar un proceso de fabricación o un material de base bastante uniforme para este grupo de probetas.

**Tabla 20. PROBETAS GRUPO D (15 minutos)**

<b>Cod. Probeta</b>	<b>Dureza Shore D</b>
I1PT4-er61	93.0
I1PT4-er62	92.5
I1PT4-er63	91.0
I1PT4-er64	92.5
I1PT4-er65	93.0
I1PT4-er66	91.5
I1PT4-er67	92.0
I1PT4-er68	93.0
I1PT4-er69	91.0
I1PT4-er70	93.0
I1PT4-er71	93.0
I1PT4-er72	93.5
I1PT4-er73	93.0
I1PT4-er74	91.0
I1PT4-er75	93.5
I1PT4-er76	92.0
I1PT4-er77	92.5
I1PT4-er78	94.0
I1PT4-er79	93.5
I1PT4-er80	93.5
<b>Promedio</b>	<b>92.6</b>

**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Centro de transparencia y tecnología FICM -UTA

## **Análisis de resultados grupo D**

Las mediciones de dureza Shore D para las probetas del Grupo D revela varios aspectos importantes sobre las características de dureza de estas muestras:

### **Rango de Dureza**

Las mediciones de dureza Shore D en el Grupo D varían entre un mínimo de 91.0 y un máximo de 94.0, lo que indica una variabilidad relativamente baja en la dureza del material entre las diferentes probetas. Este rango de 3 puntos sugiere una consistencia notable en la dureza del material o en el proceso de fabricación de estas probetas.

### **Valor Promedio**

El valor promedio de dureza Shore D para este grupo es de 92.6, lo cual se sitúa cerca del centro del rango de valores medidos. Este promedio proporciona una indicación de la dureza típica que se puede esperar de las probetas del Grupo D.

### **Consistencia en la Dureza**

La mayoría de las mediciones se agrupan en torno a valores de dureza Shore D específicos (como 93.0 y 93.5), lo que indica una alta consistencia en la dureza de las probetas del Grupo D. Esto puede ser indicativo de calidad efectivo en la producción de estas muestras o de la homogeneidad del material utilizado.

### **Observaciones Específicas**

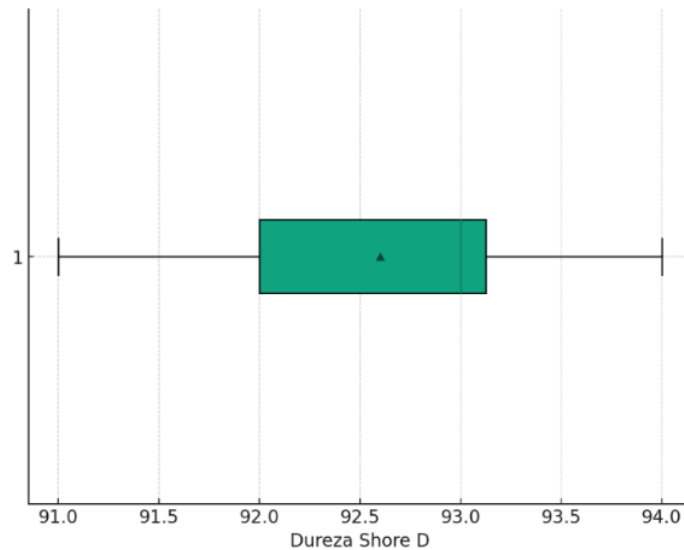
**Valores Máximos:** La probeta I1PT4-er78 muestra el valor más alto de dureza Shore D (94.0), lo cual podría indicar características específicas del material o diferencias en el procesamiento que resultaron en una mayor dureza.

**Valores Mínimos:** Las probetas I1PT4-er63, I1PT4-er69, y I1PT4-er74 presentan el valor mínimo de dureza (91.0), lo que podría sugerir variaciones en el material o en el proceso de fabricación que afectaron negativamente a la dureza de estas muestras específicas.

El Grupo D muestra una buena uniformidad general en términos de dureza Shore D, con una variabilidad relativamente baja que podría ser analizada para mejorar aún más la consistencia del producto. La identificación de factores que aportan en la variabilidad que está siendo observada en las mediciones de dureza podría ayudar en la optimización de procesos de fabricación o en la selección de materiales para lograr propiedades deseadas de manera más consistente.

La comprensión de estas variaciones es esencial para asegurar la calidad y la adecuación del material para aplicaciones específicas, donde la dureza puede ser un factor crítico.

**Ilustración 11.** Distribución de la dureza Shore D - grupo D



**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Centro de transparencia y tecnología FICM -UTA

El diagrama de caja para el Grupo D muestra que la mayoría de las mediciones de dureza Shore D están concentradas alrededor de la mediana, con una distribución simétrica alrededor del promedio indicado por el diamante. El rango intercuartílico (IQR) es estrecho, indicando que la mayor parte de las mediciones se encuentra agrupada cerca de la mediana, lo que sugiere una homogeneidad notable en la dureza de las probetas. No se observan valores atípicos significativos, lo cual es indicativo de una alta consistencia en la dureza entre las probetas de este grupo. Esto refleja un control de calidad efectivo y una uniformidad en el material o en el proceso de fabricación. La presencia de una mediana y un promedio muy cercanos entre sí también subraya la poca variabilidad en las mediciones de dureza dentro del grupo, apuntando hacia una estandarización exitosa en las propiedades del material.

**Tabla 21.** PROBETAS GRUPO E (20 minutos)

Cod. Probeta	Dureza Shore D
I1PT5-er81	94.0
I1PT5-er82	94.0
I1PT5-er83	94.5
I1PT5-er84	93.5
I1PT5-er85	94.5
I1PT5-er86	93.5
I1PT5-er87	94.5
I1PT5-er88	93.5

<b>Cod. Probeta</b>	<b>Dureza Shore D</b>
I1PT5-er89	92.5
I1PT5-er90	94.0
I1PT5-er91	94.5
I1PT5-er92	94.0
I1PT5-er93	94.5
I1PT5-er94	93.5
I1PT5-er95	93.5
I1PT5-er96	94.5
I1PT5-er97	93.0
I1PT5-er98	93.5
I1PT5-er99	94.5
I1PT5-er100	94.0
<b>Promedio</b>	<b>93.9</b>

**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Centro de transparencia y tecnología FICM -UTA

### **Análisis de resultados del grupo E**

El análisis de las mediciones de dureza Shore D para las probetas del Grupo E revela detalles importantes sobre las características de dureza de estas muestras, mostrando la uniformidad y las variaciones específicas en el material o en el proceso de fabricación:

#### **Rango de Dureza**

Las mediciones de dureza Shore D en el Grupo E oscilan entre un mínimo de 92.5 y un máximo de 94.5, lo que indica una variabilidad muy limitada en la dureza del material entre las diferentes probetas. Este rango estrecho de 2 puntos sugiere una notable consistencia en la dureza del material o en el proceso de fabricación de estas probetas.

#### **Valor Promedio**

El valor promedio de dureza Shore D para este grupo es de 93.9, lo cual se sitúa cerca del extremo superior del rango de valores medidos. Este promedio alto proporciona una indicación de la dureza típica que se puede esperar de las probetas del Grupo E, subrayando la tendencia hacia una mayor dureza en este grupo específico.

#### **Consistencia en la Dureza**

La cercanía de la mayoría de las mediciones al valor promedio y el rango extremadamente limitado de las mediciones sugieren una consistencia excepcional en la dureza de las probetas del Grupo E. Esto puede indicar un control de calidad muy efectivo en la producción de estas muestras o la homogeneidad del material utilizado.

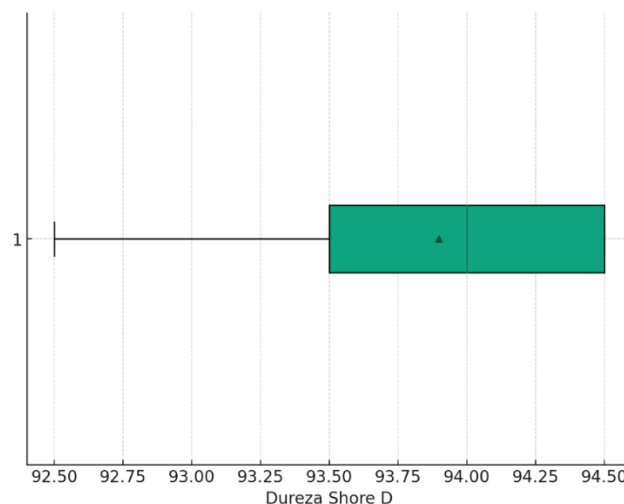
### Observaciones Específicas

**Valores Máximos:** Varias probetas, como I1PT5-er83, I1PT5-er85, I1PT5-er87, I1PT5-er91, I1PT5-er93, I1PT5-er96, y I1PT5-er99, muestran los valores más altos de dureza Shore D (94.5), lo cual podría indicar características específicas del material o diferencias en el procesamiento que resultaron en una mayor dureza.

**Valores Mínimos:** La probeta I1PT5-er89 presenta el valor mínimo de dureza (92.5), lo que podría sugerir variaciones en el material o en el proceso de fabricación que afectaron negativamente a la dureza de esta muestra específica.

El Grupo E muestra una uniformidad sobresaliente en términos de dureza Shore D, con una variabilidad extremadamente baja que destaca la alta calidad y consistencia del producto. La identificación contribuye a la homogeneidad observada en las mediciones de dureza podría ofrecer insights valiosos para mantener y posiblemente mejorar la consistencia del producto. Esta alta consistencia es crucial para asegurar la calidad y la adecuación del material para aplicaciones específicas, especialmente donde la dureza es un parámetro crítico.

**Ilustración 12.** Distribución de la dureza Shore D - grupo E



**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Centro de transparencia y tecnología FICM -UTA

El diagrama de caja para el Grupo E muestra una distribución concentrada de las mediciones de dureza Shore D, con la mediana y el promedio (indicado por el diamante) muy cercanos,



reflejando el promedio reportado de 93.9. El rango intercuartílico (IQR) es estrecho, indicando que la mayoría de las mediciones se agrupan cerca del valor central, lo que sugiere una homogeneidad destacable en la dureza de las probetas. No se observan valores atípicos, destacando la consistencia en la dureza a través de este grupo de probetas.

Esta uniformidad sugiere un control de calidad efectivo y una homogeneidad en el material o en el proceso de fabricación para el Grupo E. La presencia de una distribución tan estrecha y la falta de valores extremadamente altos o bajos refuerzan la idea de que las probetas de este grupo tienen propiedades de material muy similares, lo cual es crucial para aplicaciones donde la dureza y la consistencia del material son factores críticos.

**Tabla 22** Tabla Resultados de Mediciones de Rugosidad para los Grupos A - E (LABINTECDIMP)

	<b>Tiempo de Grupo poscurado (minutos)</b>	<b>Rugosidad Promedio Ra (µm) - Cara 1</b>	<b>Rugosidad Promedio Ra (µm) - Cara 2</b>	<b>Rugosidad Promedio Ra (µm) - Cara 3</b>	<b>Rugosidad Promedio Ra (µm) - Cara 4</b>
A	0	3.784	0.592	6.063	0.620
B	5	4.784	0.545	3.335	0.718
C	10	1.670	0.469	2.072	0.542
D	15	1.305	0.531	1.218	0.538
E	20	0.770	0.764	0.858	0.810

**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Laboratorio de investigación, desarrollo e innovación en nuevas tecnologías de diseño, manufactura y producción (LABINTECDIMP)

### **Análisis de Resultados**

En base a los datos de la tabla, se observa una disminución general en la rugosidad promedio de la Cara 1 con el aumento del tiempo de tratamiento, particularmente notable entre el Grupo A (sin tratamiento) y el Grupo E (20 minutos de tratamiento), lo que sugiere una mejora significativa en la suavidad de la superficie con tratamientos más prolongados.

Para las Caras 2 y 4, se aprecia una variabilidad en la rugosidad que no sigue un patrón tan claro como en la Cara 1, aunque también se detecta una tendencia general hacia una menor rugosidad en el Grupo E. Esto podría indicar que el efecto del tratamiento sobre estas caras es menos pronunciado o que las condiciones específicas del tratamiento influyen de manera diferente en estas superficies.

La Cara 3 muestra una reducción significativa de la rugosidad en el Grupo E en comparación con el Grupo A, similar a la observada en la Cara 1. Este patrón refuerza la idea de que el tratamiento aplicado tiene un efecto positivo en la reducción de la rugosidad superficial, mejorando potencialmente las propiedades estéticas o funcionales de las probetas.

Este análisis sugiere que el tiempo de tratamiento es un factor crucial en la optimización de la rugosidad superficial de las probetas, con implicaciones importantes para aplicaciones prácticas donde la minimización de la rugosidad es deseable.

**Tabla 23.** Resultados de Dureza Shore D para los Grupos A - E (UTA)

<b>Grupo</b>	<b>Tiempo de Tratamiento (minutos)</b>	<b>Promedio de Dureza Shore D</b>
A	0	92.88
B	5	89.6
C	10	92.22
D	15	92.6
E	20	93.9

**Elaborado por:** Carballo Angie y Coyago Jefferson

**Fuente:** Centro de transparencia y tecnología FICM -UTA

### **Análisis de Resultados**

Los resultados obtenidos de los ensayos de dureza Shore D reflejan la influencia del tiempo de tratamiento en las propiedades mecánicas de las probetas evaluadas. A continuación, se presentan algunas observaciones clave derivadas de la tabla:

#### **Variabilidad en la Dureza Shore D**

Se observa una variabilidad en los valores promedio de dureza Shore D entre los grupos. El Grupo A, sin tratamiento, presenta una dureza promedio alta (92.88), mientras que el Grupo B, sometido a 5 minutos de tratamiento, muestra la dureza promedio más baja (89.6). Esta disminución podría deberse al efecto del tratamiento en la modificación de la estructura superficial o interna de las probetas.

#### **Recuperación y Mejora en la Dureza**

A partir del Grupo C (10 minutos de tratamiento), se observa una recuperación en los valores de dureza Shore D, incrementándose gradualmente hasta alcanzar el valor más alto en el Grupo E (93.9), sometido a 20 minutos de tratamiento. Este incremento sugiere que el

proceso de tratamiento aplicado puede estar contribuyendo a una reorganización o endurecimiento de la matriz de las probetas, mejorando su resistencia mecánica.

### **Implicaciones para Aplicaciones Prácticas**

La variación observada en los valores de dureza Shore D tiene importantes implicaciones para la selección de materiales y procesos en aplicaciones prácticas. La capacidad de modificar la dureza a través del tratamiento abre posibilidades para la optimización de materiales según los requerimientos específicos de cada aplicación.

### **Recomendaciones para Futuras Investigaciones**

Los resultados sugieren la necesidad de investigaciones adicionales para comprender los mecanismos subyacentes que contribuyen a la variación de la dureza con el tiempo de tratamiento. Estudiar la relación entre los parámetros de tratamiento y las propiedades mecánicas de diferentes materiales podría proporcionar información valiosa para el diseño y mejora de materiales de ingeniería.

## DISCUSIÓN

La evaluación de las características físicas y la rugosidad de la resina Bio Crown, enfocada en el impacto del pulido y la dureza, nos ofrece insights cruciales para la odontología restaurativa. Los resultados de este estudio revelan que la dureza shore D de la resina Bio Crown pueden verse significativamente influenciadas por el tiempo de curado, alineándose con los hallazgos de Asmat y col (39), quienes destacaron el grado de impacto de la producción posterior en la optimización de las propiedades mecánicas de materiales impresos en 3D.

El análisis de rugosidad realizado, que refleja una mejora en la suavidad superficial con la aplicación de un correcto protocolo de pulido, sugiere que la manipulación post-impresión es un paso crítico para alcanzar las propiedades deseables en la resina. Este resultado es consistente con lo reportado por Humán y Col et al., donde se subraya la contribución de los procesos de acabado en la calidad final de las impresiones 3D, especialmente en materiales destinados a aplicaciones dentales donde tanto la estética como la relación con su funcionalidad son primordiales. (40) (41)

Por otro lado según Mohammed, Shaima y Jain S (42), nos muestra que pueden existir cambios evidentes en cada uno de los procesos, señalando tres factores influyentes, el primero es el factor de pre-impresión en donde destaca la consecuencia de deterioro de los cambios térmicos en las propiedades mecánicas de la resina impresa en 3D, fue significativamente mayor que el de la resina polimerizada por calor; en el segundo factor de impresión recalca que la orientación de construcción durante la impresión afecta las propiedades mecánicas concordando con los datos obtenidos. La orientación vertical (90°) hace que las capas se depositen perpendicularmente a la dirección de aplicación de la carga, por lo tanto, estos materiales muestran propiedades mecánicas superiores en comparación con los impresos en orientación Horizontal (0°), ya que en este caso la deposición de la capa es paralela a la dirección de la carga, también se indica que el grosor de la capa durante el proceso de impresión afecta las propiedades mecánicas de estos materiales. Cuanto menor sea el grosor de la capa de impresión, más interfaces de capa a capa estarán disponibles; así, cada capa se polimerizará de mejor manera, lo que incrementará las propiedades mecánicas de estos materiales. (43) Finalmente tenemos el factor de Post-impresión donde interviene el tiempo de fotopolimerización en donde destaca que lo ideal es de 15-30 minutos, en su temperatura mientras mayor sea esta, acrecentará la difusión de monómeros que se encuentren libres brindando mejores propiedades mecánicas de la impresión; por lo que en nuestro estudio establecimos que al fotopolimerizar 20 minutos tendremos una dureza shore D de 93,9 siendo el valor más alto de todo el grupo y comprobando así que conjuntamente con el pulido mejora sus propiedades mecánicas de manera significativa. (43)

De modo similar Pantea M y Valenti C, han llegado al consenso de que la impresión 3D supera las propiedades mecánicas de las técnicas sustractivas, ya que la tecnología 3D aditiva, ha mostrado tener baja fragilidad, mayor flexibilidad y la capacidad de absorber el

estrés inducido por la carga aplicada, además la polimerización capa por capa crea fuertes enlaces químicos en sus restauraciones y finalmente se someten a un proceso de postcurado, lo que aumenta el grado de conversión y libera menor cantidad de monómeros residuales. (44)

El uso de prototipos 3D resinosos ofrece una personalización sin precedentes y una adaptabilidad que tradicionalmente no se encontraba en la fabricación de coronas por métodos convencionales. Además, la resina nano híbrida, conocida por su estética mejorada y sus propiedades mecánicas robustas, se ha demostrado que resiste las fuerzas oclusales en un entorno intraoral simulado. (44) Sin embargo, es crucial considerar que, aunque los prototipos 3D ofrecen ventajas en términos de tiempo de producción y ajuste personalizado, la resistencia a la fractura sigue siendo un punto crítico. En este estudio, se pudo visualizar que aquellas coronas de resina nano híbridas cumplen con los umbrales de resistencia necesarios, lo que sugiere que la impresión 3D puede ser una técnica prometedora para la producción de coronas duraderas.

Los resultados obtenidos a partir del análisis de las características físicas de la resina bio Crown presentan una comprensión integral de su comportamiento y calidad como material restaurador en odontología. Consistente con el objetivo general de este estudio, se determinó que las propiedades de rugosidad de la resina bio Crown varían significativamente entre los diferentes tiempos de polimerización, sugiriendo que el proceso de pulido y acabado influye notoriamente en la rugosidad superficial. Específicamente, las mediciones más elevadas de rugosidad, grupo A y B de las probetas podrían ser indicativas de la necesidad de mejorar técnicas de pulido o ajustar los parámetros de fabricación (LABINTECDIMP).

Acorde con los objetivos específicos, la descripción detallada de la rugosidad en las diferentes caras de las probetas resalta la relevancia del acabado superficial en la resistencia y durabilidad de las restauraciones dentales. Los datos sugieren que un pulido adecuado puede ser esencial para obtener superficies más lisas y potencialmente más resistentes al desgaste y la depósito y acúmulo de placa bacteriana. Este hallazgo es compatible con la literatura existente que afirma la importancia de una superficie pulida para mejorar la resistencia de las restauraciones dentales.

Los objetivos de esta investigación se han cumplido satisfactoriamente, proporcionando una comprensión detallada de las características físicas de la resina bio Crown y la influencia del pulido y dureza en relación con el tiempo de curado. Estos hallazgos no solo contribuyen al campo de la odontología restauradora, sino que también ofrecen una base para futuras investigaciones destinadas a mejorar la calidad y durabilidad de las restauraciones dentales mediante la optimización de los materiales y técnicas utilizados en su fabricación y acabado final.

La variabilidad observada en los grupos B, C, D y E, con rangos de dureza Shore D que indican una consistencia general en la calidad del material, refuerza la relevancia de

seleccionar adecuadamente el material en donde influirá la calidad de impresión, el proceso de fotopolimerizado y un adecuado protocolo de pulido. Específicamente, la uniformidad en la dureza Shore D en el Grupo E, con un promedio de 93.9, destaca la posibilidad de alcanzar altos estándares de calidad y consistencia en materiales avanzados como la resina Biocrown Prizma impresa en 3D ya que da una ventaja al momento de reemplazar materiales restaurativos con un menor tiempo de ejecución y a menor costo.

## **CAPÍTULO V.**

### **8. CONCLUSIONES**

- Se ha confirmado que la resina Bio Crown posee propiedades físicas adecuadas para su uso odontológico. Los resultados evidencian una notable consistencia en la dureza Shore D a través de los distintos grupos de probetas (A, B, C, D, E), con variaciones que reflejan principalmente la influencia del tiempo de exposición y el tratamiento aplicado. Esta consistencia es indicativa de la calidad y uniformidad del material, así como de la precisión en el proceso de fabricación. Las características físicas, incluida la dureza Shore D, cumplen con los requisitos necesarios para asegurar la funcionalidad y durabilidad del material estudiado.
- Los resultados demuestran que el proceso de pulido tiene un impacto significativo en la reducción de la rugosidad superficial de la resina Bio Crown, mejorando así su calidad estética y potencialmente su compatibilidad biológica al minimizar la acumulación de placa, además de que otorga una dureza mayor con relación a aquellas probetas del estudio que no fueron sometidas al protocolo de pulido.
- El estudio ha evidenciado que el pulido no solo mejora las propiedades estéticas de la resina Bio Crown, sino que también puede influir positivamente en su resistencia mecánica. Esto sugiere que un adecuado protocolo de pulido puede contribuir a prolongar la vida útil de dicho material. Aunque la dureza y la rugosidad son propiedades distintas, los resultados sugieren una correlación donde las condiciones que favorecen una mayor dureza también pueden influir en la rugosidad superficial. Esta interrelación merece una exploración más profunda para entender cómo los tratamientos aplicados afectan simultáneamente ambas propiedades.
- Se pudo determinar que los procesos de pre-impresión, post-impresión y el tiempo de polimerización van a influir en las propiedades físicas del material, específicamente en su rugosidad y en la dureza shore D, brindándonos una pauta para estandarizar dichos parámetros y mejorar la estética y funcionalidad en el procesamiento de la resina Bio Crown impresa en 3D.

## **9. RECOMENDACIONES.**

- Se sugiere la realización de estudios complementarios que evalúen otras propiedades físicas como la elasticidad, la resistencia a la compresión y la estabilidad del color de la resina Bio Crown para obtener un perfil más completo de su aplicabilidad en odontología rehabilitadora.
- Se recomienda optimizar los protocolos de pulido para la resina Bio Crown, identificando las técnicas y materiales de pulido que maximizan la eficacia mientras se minimiza el tiempo de tratamiento.
- Es crucial incorporar un análisis exhaustivo sobre la dureza como un criterio de calidad en la selección de los procedimientos de pulido para las restauraciones de resina Bio Crown. Futuras investigaciones deberían explorar la relación entre diferentes grados de pulido y la dureza superficial de la resina bajo cargas masticatorias simuladas.
- Proporcionar a odontólogos y técnicos dentales acceso a formación actualizada sobre los últimos avances en materiales y técnicas de restauración dental es clave. La realización de talleres y seminarios dedicados a la selección de materiales, técnicas de pulido y procedimientos de adhesión puede elevar la calidad de los tratamientos y la satisfacción de los pacientes.



## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. Anthony Tahayeri MMAPF. 3D Printed Versus Conventionally Cured Provisional Crown and bridge dental. 1st ed. 3 , editor. portland: PMC; 2018.
2. Saurabh Jain MES,MS. Physical and Mechanical Properties of 3D-Printed Provisional Crowns and Fixed Dental Prosthesis Resins. 2nd ed. 4 , editor.: polymers; 2022.
3. Parque Ji-Man JSA,HSC,JHL. Resistencia al desgaste del material de resina de impresión 3D que se opone a los antagonistas metálicos y de circonio. 5th ed. 4 , editor.: materials; 2018.
4. Yoo-Jin Chung JMPTHK. 3D Printing of Resin Material for Denture Artificial Teeth. 17th ed. 11 , editor. seoul: MDPI; 2018.
5. Joseph Borrello PNJI. 3D Printing a Mechanically-Tunable Acrylate Resin on a Commercial DLP-SLA Printer. 19th ed. 8 , editor. new york: HS public access; 2018.
6. Aphiwat Pongwisuthiruchte SD. Mechanically tunable resins based on acrylate-based resin for digital light processing (DLP) 3D printing. 15th ed. 12 , editor.: nature; 2022.
7. Ali A. Alshaikh AK,IAA,MHA. 3D-Printed Nanocomposite Denture-Base Resins: Effect of ZrO<sub>2</sub> Nanoparticles on the Mechanical and Surface Properties. 14th ed. 12 , editor. saudi arabia: nanomaterials; 2022.
8. Gerelmaa Myagmar JHLJSA. Wear of 3D printed and CAD/CAM milled interim resin materials after chewing simulation. 4th ed. 12 , editor. seoul: orcid; 2021.
9. ANDRÉS FELIPE VÁSQUE- NIÑO JROADOA. Denture base polymers for analog and digital manufacturing: comparative study of the flexural strength, elastic modulus, and compressive strength of their mechanical properties. 13th ed. 5 , editor. Antioq: epub; 2020.
10. Belén Morón-Conejo ·JL. Accuracy of fve diferent 3D printing workflows for dental . models comparing industrial and dental desktop printers. 4th ed. 1 , editor.: springer; 2022.
11. Junichiro Wada KW1MG. Effect of 3D Printer Type and Use of Protection Gas during Post-Curing on Some Physical Properties of Soft Occlusal. 5th ed. 4 , editor. finland: polymer; 2022.
12. TFKSOEEU AN. Effect of finishing and polishing systems on the surface roughness and color change of composite resins. J Clin Exp Dent. 2021; 13(1).
13. Della Bona A CVBVCKSJ. 3D printing restorative materials using a stereolithographic technique: a systematic review. 5th ed. 4 , editor.: dent mater; 2021.
14. Miyazaki.T. Current status of zirconia restoration. Journal of Prosthodontic Research. . 2017; 57(4).
15. Gan Jina HGMJEBJHLJSSKWLJEK. Influence of postwashing process on the elution of residual monomers, degree of conversion, and mechanical properties of a 3D printed crown and bridge materials. science direct. 2022; 13(1).

- 16 Ioannis A. Tsolakis WP. Comparison in Terms of Accuracy between DLP and LCD . Printing Technology for Dental Model Printing. 7th ed. 12 , editor. Switzerland: destistry journal; 2022.
- 17 Alsandi Q IMNTTYSAYNSTTJ. Evaluation of mechanical properties of new elastomer . material applicable for dental 3D printer. 7th ed. 6 , editor.: Mech Behav Biomed Mater.; 2019.
- 18 Stanley M PAMICC. Fully digital workflow, integrating dental scan, smile design and . CAD-CAM. 5th ed. 4 , editor.: BMC Oral; 2018.
- 19 MakertechLabs. MakertechLabs. [Online].; 2021.. Disponible en: . <https://www.makertechlabs.com.br/produto/resina-prizma-3d-bio-crown-70162>.
- 20 Numan Aydın FTTSKEAOUE. Effect of finishing and polishing systems on the surface . roughness and color change of composite resins. Esthetic Dentistry. 2021; 13(5).
- 21 Josef Schweiger DE,JFG. 3D Printing in Digital Prosthetic Dentistry: An Overview of . Recent Developments in Additive Manufacturing. clin med. 2021; 10(9).
- 22 NIÑO AFV. Denture base polymers for analog and digital manufacturing: comparative . study of the flexural strength, elastic modulus, and compressive strength of their mechanical properties. 4th ed. 1 , editor. Antioquia; 2021.
- 23 Ugurlu M. Effect of repolishing on the discoloration of indirect composite block, . nanohybrid, and microhybrid resin composites. EOR. 2022; 56(3).
24. Jorge Soto Monteroa EFdCBdCR. Color alterations, flexural strength, and microhardness of 3D printed resins for fixed provisional restoration using different post-curing times. The Academy of Dental Materials. Published by Elsevier Inc. 2022.
- 25 Sabina Noreen Wuerschinga \*RHDEMK. Initial biocompatibility of novel resins for 3D . printed fixed dental prostheses. Elsevier. 2022; 38(12).
26. Roque J. COMPOSICIÓN DE RESINAS COMPUESTAS DE USO DIRECTO EN OPERATORIA DENTAL EN EL SIGLO XXI. RODYB. 2023; 12(2).
- 27 Robinson Jaramillo-Cartagena EJLGFLCaA. Effect of Polishing Systems on the . Surface Roughness of Nano - Hybrid and nano-filling composite. MDPI. 2021; 9(5).
- 28 Mouriño G. ODONTOLOGÍA DIGITAL EN LA CLÍNICA DIARIA. RAOO. 2021; . 15(1).
- 29 Gaoying Hong JYXJ. Mechanical Properties of Nanohybrid Resin Composites . Containing Various Mass Fractions of Modified Zirconia Particles. Dovepress. 2020; 15(1).
- 30 Anadioti E MLBMPGKP. 3D printed complete removable dental prostheses: a narrative . review. 3rd ed. 1 , editor.; 2020.
- 31 Hunter B. Rogers aLTZAKEZSSBCO. Dental resins used in 3D printing technologies . release ovo-toxic leachates. chemosphere. 2021; 11(2).
- 32 Kihara H SSYJTKFSTAHWKH. Applications of three-dimensional printers in . prosthetic dentistry.. 2nd ed. 4 , editor.: Oral Sci.; 2021.

- 33 DDS ASG, PhD AD, PhD. BZK. Profundidad de curado, propiedades mecánicas y morfología de resinas compuestas duales. ODOVTOS. 2022; 12(1).
- 34 Andrei Zoltan Farkas SVG,RN. The Influence of Printing Layer Thickness and Orientation on the Mechanical Properties of DLP 3D-Printed Dental Resin. Basel. 2023; 15(5).
- 35 Lalatovic Andjelaa VMASNVGIM. A review on Vat Photopolymerization 3D-printing processes for dental application. The Academy of Dental Materials. Published by Elsevier Inc. 2022;; p. e284–e296.
- 36 PYXYW LZ. Surface roughness and gloss of polished nanofilled and nanohybrid resin composites.. journal of dental sciences. 2021; 16(1).
- 37 Alvaro Della Bonaa VC. 3D printing restorative materials using a stereolithographic technique: a systematic review. 30th ed. 11 , editor. Colorado: HS public Access; 2020.
- 38 Keunbada Son JHLaKBL. Comparison of Intaglio Surface Trueness of Interim Dental Crowns Fabricated with SLA 3D Printing, DLP 3D Printing, and Milling Technologies. 8th ed. 9 , editor. seoul: healthcare; 2021.
39. Asmat Aea. REVISIÓN DE MATERIALES PARA IMPRESIÓN 3D. [Online]; 2023. Disponible en: [https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/14005/Revision\\_DamianAsmat\\_Alexandra.pdf?sequence=6](https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/14005/Revision_DamianAsmat_Alexandra.pdf?sequence=6).
- 40 Huamán A. Comparación de la resistencia a la tracción de dos cementos autoadhesivos y resina precalentada como agente cementante, in vitro. En [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/85090/Huam%C3%A1n\\_CA-Ruiz\\_ZASL-SD.pdf?sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/85090/Huam%C3%A1n_CA-Ruiz_ZASL-SD.pdf?sequence=1) , editor..; 2021.
- 41 Gallegos F. Utilización de prototipos 3D resinosos y la resistencia a la fractura de coronas de resina nano híbridas. En <https://www.uhemisferios.edu.ec/wp-content/uploads/2023/06/Utilizacion-de-prototipos-3D-resinosos-y-la-resistencia-a-la-fractura.pdf> , editor..; 2022.
- 42 Mohammed M. Gad BDS MSMFBMP. Factors affecting flexural strength of 3D-printed resins: A systematic review. the American College of Prosthodontists. 2023;; p. 1-15.
- 43 Sang-Mo Park ,JMP. Flexural Strength of 3D-Printing Resin Materials for Provisional Fixed Dental Prostheses. materials. 2020; 11(2).
- 44 NDRaMJ S.. Resin-composite Blocks for Dental CAD/CAM Application.. J DENT RES. 2014; 10(2).

## 11. ANEXOS

### Nº1 Informe técnico de muestras EPN



**Preparación del equipo:** Se procede a conectar y encender el equipo, además de configurar la fecha y hora en el mismo.

Para el presente ensayo se utiliza el siguiente equipo:

Tabla 2. Información del equipo.	
Nombre:	Rugosímetro digital
Marca:	MITUTOYO
Modelo:	SurfTest SJ-210

**Selección de parámetros a medir:** Se selecciona los parámetros a medir en función de la información suministrada por el cliente o de las necesidades manifestadas por el mismo.

Tabla 3. Condiciones del ensayo.	
Temperatura ambiente:	15 [°C]
Ángulo del detector:	90 [°]
Fuerza de medición estática del detector:	4 [mN]
Radio de la punta del detector:	5 [µm]
Norma:	ISO1997
Perfil:	R
Filtro:	Gauss
Longitud de medida de rugosidad:	8 [mm]
Velocidad de medición:	0,5 [mm/s]

**Calibración del equipo:** Antes de realizar las mediciones respectivas de rugosidad en las probetas, se calibra el equipo de medición con un espécimen de referencia de precisión MITUTOYO que debe estar cerca de  $R_a = 2,97$  [µm].



Ilustración 3. Calibración del equipo.



7	1IPT1-er7	4.059	0.777	4.045	0.639
8	1IPT1-er8	3.300	0.714	8.455	0.684
9	1IPT1-er9	2.812	0.814	7.693	0.722
10	1IPT1-er10	2.965	0.723	3.521	0.558
11	1IPT1-er11	3.583	1.152	3.984	0.593
12	1IPT1-er12	3.468	0.568	6.679	0.529
13	1IPT1-er13	3.023	1.195	4.709	1.096
14	1IPT1-er14	2.902	0.850	7.525	1.277
15	1IPT1-er15	3.044	0.584	6.019	0.682
16	1IPT1-er16	5.728	0.909	5.928	0.833
17	1IPT1-er17	2.870	0.974	8.195	0.865
18	1IPT1-er18	8.154	0.604	8.411	0.723
19	1IPT1-er19	4.534	0.809	5.974	0.931
20	1IPT1-er20	5.424	0.523	7.691	0.539

Tabla 5. Resultados de la medición de rugosidad media  $R_a$  [µm] de probetas del Grupo B.

GRUPO C (5 minutos)			Mediciones de Rugosidad, Ra (um)			
	Nro. Probeta	Cod. Probeta	cara 1	cara 2	cara 3	cara 4
	21	1IPT2-er21	3,651	0,422	1,036	0,613
	22	1IPT2-er22	4,302	0,453	1,771	1,108
	23	1IPT2-er23	6,309	0,598	5,649	0,520
	24	1IPT2-er24	3,355	0,674	1,456	0,481
	25	1IPT2-er25	4,421	1,051	5,787	0,600
	26	1IPT2-er26	6,613	0,552	2,187	0,607
	27	1IPT2-er27	4,270	0,597	1,403	0,864
	28	1IPT2-er28	3,041	0,394	1,956	1,592
29	1IPT2-er29	4,126	0,544	3,625	0,525	
30	1IPT2-er30	5,202	0,404	5,808	0,417	
31	1IPT2-er31	5,468	0,600	4,835	0,594	
32	1IPT2-er32	3,707	0,424	1,426	0,705	
33	1IPT2-er33	4,017	0,530	3,022	0,575	
34	1IPT2-er34	6,466	0,425	6,044	0,404	
35	1IPT2-er35	6,844	0,528	5,298	0,853	
36	1IPT2-er36	3,198	0,608	1,801	1,564	
37	1IPT2-er37	5,745	0,429	4,746	0,809	
38	1IPT2-er38	4,067	0,495	0,980	0,414	
39	1IPT2-er39	7,648	0,609	4,840	0,532	
40	1IPT2-er40	3,223	0,560	3,039	0,592	

Tabla 6. Resultados de la medición de rugosidad media  $R_a$  [µm] de probetas del Grupo C.

Tabla 7. Resultados de la medición de rugosidad media $R_a$ [µm] de probetas del Grupo D.					
Nro. Probeta	Cod. Probeta	cara 1	cara 2	cara 3	cara 4
41	1IPT3-er41	1,476	0,481	0,947	0,593
42	1IPT3-er42	1,618	0,351	2,136	0,425
43	1IPT3-er43	1,521	0,353	2,111	0,766
44	1IPT3-er44	1,014	1,680	3,307	0,577
45	1IPT3-er45	1,103	0,451	1,382	0,487
46	1IPT3-er46	1,974	0,246	0,942	0,459
47	1IPT3-er47	0,978	0,279	1,575	0,655
48	1IPT3-er48	1,266	0,517	2,491	0,613
49	1IPT3-er49	1,153	0,255	2,438	0,524
50	1IPT3-er50	3,287	0,385	2,282	0,433
51	1IPT3-er51	1,970	0,559	3,307	0,745
52	1IPT3-er52	1,292	0,316	2,188	0,403
53	1IPT3-er53	1,432	0,552	1,173	0,502
54	1IPT3-er54	1,802	0,448	1,486	0,604
55	1IPT3-er55	1,161	0,262	1,073	0,386
56	1IPT3-er56	1,573	0,567	2,980	0,385
57	1IPT3-er57	1,510	0,479	2,355	0,438
58	1IPT3-er58	1,429	0,377	2,495	0,635
59	1IPT3-er59	2,513	0,366	2,363	0,523
60	1IPT3-er60	3,326	0,454	2,413	0,694

Tabla 7. Resultados de la medición de rugosidad media  $R_a$  [µm] de probetas del Grupo D.

Tabla 8. Resultados de la medición de rugosidad media $R_a$ [µm] de probetas del Grupo E.					
Nro. Probeta	Cod. Probeta	cara 1	cara 2	cara 3	cara 4
61	1IPT4-er61	1,697	0,421	1,995	0,523
62	1IPT4-er62	0,511	0,346	0,656	0,406
63	1IPT4-er63	1,130	0,546	0,940	0,894
64	1IPT4-er64	0,611	0,590	1,028	0,623
65	1IPT4-er65	1,612	0,391	1,622	0,541
66	1IPT4-er66	2,345	0,327	3,450	0,439
67	1IPT4-er67	0,942	0,880	1,050	0,749
68	1IPT4-er68	0,772	0,546	0,587	0,380
69	1IPT4-er69	0,745	0,495	0,587	0,663
70	1IPT4-er70	2,099	0,614	2,233	0,282

Tabla 8. Resultados de la medición de rugosidad media  $R_a$  [µm] de probetas del Grupo E.



#### 5. Resultados obtenidos

ESCUOLA POLITÉCNICA NACIONAL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN EN NUEVAS TECNOLOGÍAS DE DISEÑO, MANUFACTURA Y PRODUCCIÓN (LABINTECDIMP)			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
Fecha:	16-02-2024	Ciudad:	Quito
Lugar:	Laboratorio LABINTECDIMP / Departamento de Ingeniería Mecánica		
Equipo:	Rugosímetro Digital MITUTOYO SurfTest SJ-210		
Realizado por:	Ing. Javier Valverde, M.Sc.	Supervisado por:	Ing. Mario Carabán, M.Sc.
Tipo de material de probetas:	RESINAS DENTALES	Orden de trabajo No.:	LABINTECDIMP-01-2024
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de medición:	Medición de Rugosidad (Ra)	Norma:	ISO 4287:2007
Configuración de probetas:	Acorde a configuración del cliente	Nro. de probetas:	100



Ilustración 7. Foto de recolección de datos.

Tabla 4. Resultados de la medición de rugosidad media  $R_a$  [µm] de probetas del Grupo A.

		Mediciones de Rugosidad, Ra (um)				
GRUPO A (0 minutos)	Nro. Probeta	Cod. Probeta	cara 1	cara 2	cara 3	cara 4
	1	1IPT1-er1	3.422	0.484	9.298	0.514
	2	1IPT1-er2	2.886	0.582	8.851	0.706
	3	1IPT1-er3	3.914	1.003	2.812	0.769
	4	1IPT1-er4	4.485	0.779	9.513	0.591
	5	1IPT1-er5	4.979	0.601	7.539	0.531
	6	1IPT1-er6	4.855	0.781	6.023	0.848



Tabla 6. Resultados de la medición de rugosidad media  $R_a$  [µm] de probetas del Grupo C.

GRUPO C (10 minutos)			Mediciones de Rugosidad, Ra (µm)			
	Nro. Probeta	Cod. Probeta	cara 1	cara 2	cara 3	cara 4
	41	1IPT3-er41	1,476	0,481	0,947	0,593
	42	1IPT3-er42	1,618	0,351	2,136	0,425
	43	1IPT3-er43	1,521	0,353	2,111	0,766
	44	1IPT3-er44	1,014	1,680	3,307	0,577
	45	1IPT3-er45	1,103	0,451	1,382	0,487
	46	1IPT3-er46	1,974	0,246	0,942	0,459
	47	1IPT3-er47	0,978	0,279	1,575	0,655
	48	1IPT3-er48	1,266	0,517	2,491	0,613
49	1IPT3-er49	1,153	0,255	2,438	0,524	
50	1IPT3-er50	3,287	0,385	2,282	0,433	
51	1IPT3-er51	1,970	0,559	3,307	0,745	
52	1IPT3-er52	1,292	0,316	2,188	0,403	
53	1IPT3-er53	1,432	0,552	1,173	0,502	
54	1IPT3-er54	1,802	0,448	1,486	0,604	
55	1IPT3-er55	1,161	0,262	1,073	0,386	
56	1IPT3-er56	1,573	0,567	2,980	0,385	
57	1IPT3-er57	1,510	0,479	2,355	0,438	
58	1IPT3-er58	1,429	0,377	2,495	0,635	
59	1IPT3-er59	2,513	0,366	2,363	0,523	
60	1IPT3-er60	3,326	0,454	2,413	0,694	

Tabla 7. Resultados de la medición de rugosidad media  $R_a$  [µm] de probetas del Grupo D.

		Mediciones de Rugosidad, Ra (µm)				
GRUPO D (5 minutos)	Nro. Probeta	Cod. Probeta	cara 1	cara 2	cara 3	cara 4
	61	1IPT4-er61	1,697	0,421	1,995	0,523
	62	1IPT4-er62	0,511	0,346	0,656	0,406
	63	1IPT4-er63	1,130	0,546	0,940	0,894
	64	1IPT4-er64	0,611	0,590	1,028	0,623
	65	1IPT4-er65	1,612	0,391	1,622	0,541
	66	1IPT4-er66	2,345	0,327	3,450	0,439
	67	1IPT4-er67	0,942	0,880	1,050	0,749
	68	1IPT4-er68	0,772	0,546	0,587	0,380
	69	1IPT4-er69	0,745	0,495	0,587	0,663
70	1IPT4-er70	2,099	0,614	2,233	0,282	

Tabla 7. Resultados de la medición de rugosidad media  $R_a$  [µm] de probetas del Grupo D.

Tabla 8. Resultados de la medición de rugosidad media $R_a$ [µm] de probetas del Grupo E.					
Nro. Probeta	Cod. Probeta	cara 1	cara 2	cara 3	cara 4
61	1IPT4-er61	1,697	0,421	1,995	0,523
62	1IPT4-er62	0,511	0,346	0,656	0,406
63	1IPT4-er63	1,130	0,546	0,940	0,894
64	1IPT4-er64	0,611	0,590	1,028	0,623
65	1IPT4-er65	1,612	0,391	1,622	0,541
66	1IPT4-er66	2,345	0,327	3,450	0,439
67	1IPT4-er67	0,942	0,880	1,050	0,749
68	1IPT4-er68	0,772	0,546	0,587	0,380
69	1IPT4-er69	0,745	0,495	0,587	0,663
70	1IPT4-er70	2,099	0,614	2,233	0,282

Tabla 8. Resultados de la medición de rugosidad media  $R_a$  [µm] de probetas del Grupo E.

Tabla 9. Resultados de la medición de rugosidad media $R_a$ [µm] de probetas del Grupo F.					
Nro. Probeta	Cod. Probeta	cara 1	cara 2	cara 3	cara 4
71	1IPT4-er71	1,697	0,421	1,995	0,523
72	1IPT4-er72	0,511	0,346	0,656	0,406
73	1IPT4-er73	1,130	0,546	0,940	0,894
74	1IPT4-er74	0,611	0,590	1,028	0,623
75	1IPT4-er75	1,612	0,391	1,622	0,541
76	1IPT4-er76	2,345	0,327	3,450	0,439
77	1IPT4-er77	0,942	0,880	1,050	0,749
78	1IPT4-er78	0,772	0,546	0,587	0,380
79	1IPT4-er79	0,745	0,495	0,587	0,663
80	1IPT4-er80	2,099	0,614	2,233	0,282

Tabla 9. Resultados de la medición de rugosidad media  $R_a$  [µm] de probetas del Grupo F.



71	I1PT4-er71	2,880	0,656	1,432	0,434
72	I1PT4-er72	0,744	0,415	0,518	0,515
73	I1PT4-er73	0,537	0,375	0,717	0,313
74	I1PT4-er74	1,277	0,892	1,140	0,880
75	I1PT4-er75	0,602	0,557	0,540	0,937
76	I1PT4-er76	0,542	0,628	0,584	0,501
77	I1PT4-er77	0,427	0,534	0,689	0,339
78	I1PT4-er78	0,718	0,398	0,504	0,376
79	I1PT4-er79	2,775	0,384	2,726	0,517
80	I1PT4-er80	3,137	0,622	1,362	0,448

Tabla 8. Resultados de la medición de rugosidad media Ra [um] de probetas del Grupo E.



	Nro. Probeta	Cod. Probeta	Mediciones de Rugosidad, Ra (um)			
			cara 1	cara 2	cara 3	cara 4
GRUPO E (20 minutos)	81	I1PT5-er81	1,022	0,905	0,587	0,713
	82	I1PT5-er82	0,811	0,692	0,855	1,135
	83	I1PT5-er83	0,468	0,572	0,616	0,509
	84	I1PT5-er84	1,202	0,914	0,922	0,596
	85	I1PT5-er85	1,206	0,578	0,965	1,042
	86	I1PT5-er86	0,450	1,111	1,414	0,695
	87	I1PT5-er87	0,498	0,785	0,841	1,170
	88	I1PT5-er88	1,006	1,007	0,680	0,525
	89	I1PT5-er89	0,988	0,538	0,724	0,870
	90	I1PT5-er90	0,603	0,718	0,627	1,157
	91	I1PT5-er91	0,920	0,743	0,983	0,861
	92	I1PT5-er92	0,730	0,852	0,631	0,693
	93	I1PT5-er93	0,728	1,093	0,926	0,752
	94	I1PT5-er94	0,774	0,598	0,730	0,946
	95	I1PT5-er95	0,637	0,673	0,811	0,946
	96	I1PT5-er96	0,468	0,783	1,340	0,580
	97	I1PT5-er97	0,962	0,494	0,864	0,657
	98	I1PT5-er98	0,569	0,773	0,777	0,838
	99	I1PT5-er99	0,699	0,622	1,016	0,611
	100	I1PT5-er100	0,654	0,821	0,842	0,906



## 6. Conclusiones

Todas las mediciones de rugosidad se realizaron con normalidad en el centro de cada una de las caras de las probetas solicitadas, tomado en cuenta las consideraciones del caso y, de esta manera el ensayo se realizó satisfactoriamente.

Atentamente,

 JAVIER VALVERDE VALVERDE JAVIER	 MARIO CESÉN CESÉN MARIO
Elaborado por: Ing. Javier Valverde, Mgs.	Supervisado y Aprobado por: Ing. Mario Cesén, M.Sc.
Analista de Laboratorio	Coordinador de Laboratorio LABINTECDIMP
Fecha: 19/02/2024	Fecha: 19/02/2024



## Nº 2 Informe técnico de muestras UTA



CENTRO DE TRANSFERENCIA Y TECNOLOGÍA FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA - UTA



Las lecturas se muestran en la forma de dureza Shore "D/1.60" la cual indica una lectura de 60 en el durómetro tipo D obtenida en 1 segundo.

### RESULTADOS PROBETAS

PROBETAS GRUPO A (0 minutos)	
Codificación	Dureza Shore D
IIPT1-er1	D/1.93.5
IIPT1-er2	D/1.94
IIPT1-er3	D/1.92.5
IIPT1-er4	D/1.92
IIPT1-er5	D/1.93
IIPT1-er6	D/1.92.5
IIPT1-er7	D/1.91.5
IIPT1-er8	D/1.92
IIPT1-er9	D/1.93
IIPT1-er10	D/1.95
IIPT1-er11	D/1.92.5
IIPT1-er12	D/1.95
IIPT1-er13	D/1.91.5
IIPT1-er14	D/1.92
IIPT1-er15	D/1.94.5
IIPT1-er16	D/1.92
IIPT1-er17	D/1.92.5
IIPT1-er18	D/1.94.5
IIPT1-er19	D/1.92.5
IIPT1-er20	D/1.91.5
POMEDIO	92.88



CENTRO DE TRANSFERENCIA Y TECNOLOGÍA FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA - UTA



### PROBETAS GRUPO B (5 minutos)

Codificación	Dureza Shore D
IIPT2-er21	D/1.90
IIPT2-er22	D/1.90.5
IIPT2-er23	D/1.90.5
IIPT2-er24	D/1.89.5
IIPT2-er25	D/1.88.5
IIPT2-er26	D/1.91
IIPT2-er27	D/1.90
IIPT2-er28	D/1.88.5
IIPT2-er29	D/1.88.5
IIPT2-er30	D/1.90.5
IIPT2-er31	D/1.88
IIPT2-er32	D/1.87.5
IIPT2-er33	D/1.88.5
IIPT2-er34	D/1.90
IIPT2-er35	D/1.91
IIPT2-er36	D/1.88.5
IIPT2-er37	D/1.90
IIPT2-er38	D/1.91.5
IIPT2-er39	D/1.90
IIPT2-er40	D/1.89.5
POMEDIO	89.6



CENTRO DE TRANSFERENCIA Y TECNOLOGÍA FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA - UTA



### PROBETAS GRUPO D (15 minutos)

Codificación	Dureza Shore D
IIPT4-er61	D/1.93
IIPT4-er62	D/1.92.5
IIPT4-er63	D/1.91
IIPT4-er64	D/1.92.5
IIPT4-er65	D/1.93
IIPT4-er66	D/1.91.5
IIPT4-er67	D/1.92
IIPT4-er68	D/1.93
IIPT4-er69	D/1.91
IIPT4-er70	D/1.93
IIPT4-er71	D/1.93
IIPT4-er72	D/1.93.5
IIPT4-er73	D/1.93
IIPT4-er74	D/1.91
IIPT4-er75	D/1.93.5
IIPT4-er76	D/1.92
IIPT4-er77	D/1.92.5
IIPT4-er78	D/1.94
IIPT4-er79	D/1.93.5
IIPT4-er80	D/1.93.5
POMEDIO	92.6



CENTRO DE TRANSFERENCIA Y TECNOLOGÍA FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA - UTA



### PROBETAS GRUPO C (10 minutos)

Codificación	Dureza Shore D
IIPT3-er41	D/1.90.5
IIPT3-er42	D/1.94.5
IIPT3-er43	D/1.92
IIPT3-er44	D/1.92
IIPT3-er45	D/1.93
IIPT3-er46	D/1.92.5
IIPT3-er47	D/1.92
IIPT3-er48	D/1.93
IIPT3-er49	D/1.93
IIPT3-er50	D/1.92
IIPT3-er51	D/1.92.5
IIPT3-er52	D/1.91
IIPT3-er53	D/1.90.5
IIPT3-er54	D/1.93.5
IIPT3-er55	D/1.92.5
IIPT3-er56	D/1.93
IIPT3-er57	D/1.92.5
IIPT3-er58	D/1.91
IIPT3-er59	D/1.92.5
IIPT3-er60	D/1.91
POMEDIO	92.22



PROBETAS GRUPO E (20 minutos)	
Codificación	Dureza Shore D
11PTS-er81	D/1:94
11PTS-er82	D/1:94
11PTS-er83	D/1:94,5
11PTS-er84	D/1:93,5
11PTS-er85	D/1:94,5
11PTS-er86	D/1:93,5
11PTS-er87	D/1:94,5
11PTS-er88	D/1:93,5
11PTS-er89	D/1:92,5
11PTS-er90	D/1:94
11PTS-er91	D/1:94,5
11PTS-er92	D/1:94
11PTS-er93	D/1:94,5
11PTS-er94	D/1:93,5
11PTS-er95	D/1:93,5
11PTS-er96	D/1:94,5
11PTS-er97	D/1:93
11PTS-er98	D/1:93,5
11PTS-er99	D/1:94,5
11PTS-er100	D/1:94
POMEDIO	93,9



SEbastián Pérez

REALIZADO POR  
Ing. Christian Pérez  
LABORATORIO DE MATERIALES



SEbastián Villegas S.

SUPERVISADO POR  
Ing. Sebastián Villegas S.  
TÉCNICO DE LABORATORIO