



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Facultad de
ESTOMATOLOGÍA

ADAPTACIÓN DE COFIAS METÁLICAS CONFECCIONADAS
CON LA TÉCNICA DE FUSIÓN SELECTIVA LÁSER SEGÚN
ÁNGULO DE CONVERGENCIA, ALTURA DEL MUÑÓN Y
CURVATURA DE LÍNEA DE TERMINACIÓN

ADAPTATION OF METAL CAPS MADE WITH THE SELECTIVE
LASER FUSION TECHNIQUE ACCORDING TO ANGLE OF
CONVERGENCE, HEIGHT OF THE TRUNK AND CURVATURE
OF THE TERMINATION LINE

TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN
REHABILITACIÓN ORAL

AUTOR

JAVIER ALEXANDER GONZALES VALDIVIA

ASESOR

MARTIN GILBERTO QUINTANA DEL SOLAR

CO-ASESOR

JOSSEP MAURO GOMEZ ALARCO

LIMA – PERÚ

2024

ASESORES DE TRABAJO ACADÉMICO

ASESOR

Mg. Esp. Martin Gilberto Quintana Del Solar

Departamento Académico de Clínica Estomatológica.

ORCID: [Https://Orcid.Org/0000-0002-7087-7874](https://Orcid.Org/0000-0002-7087-7874)

CO-ASESOR

Mg. Esp. Jossep Mauro Gomez Alarco

Departamento Académico de Clínica Estomatológica.

ORCID: [Https://Orcid.Org/0000-0002-6575-5987](https://Orcid.Org/0000-0002-6575-5987)

Fecha de aprobación: 19/07/2024

Calificación: Aprobado

DEDICATORIA

A MI MADRE Y HERMANOS POR TODO SU APOYO

AGRADECIMIENTO

A MI ASESOR PRINCIPAL POR TODO EL TIEMPO Y DEDICACION

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

PROPIO

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

ADAPTACIÓN DE COFIAS METÁLICAS CONFECCIONADAS CON LA TÉCNICA DE FUSIÓN SELECTIVA LÁSER SEGÚN ÁNGULO DE CONVERGENCIA, ALTURA DEL MUÑÓN Y CURVATURA DE LÍNEA DE TERMINACIÓN

ORIGINALITY REPORT

| | | | |
|------------------|------------------|--------------|----------------|
| 24 % | 24 % | 1 % | 1 % |
| SIMILARITY INDEX | INTERNET SOURCES | PUBLICATIONS | STUDENT PAPERS |

PRIMARY SOURCES

| | | |
|----------|---|----------------|
| 1 | repositorio.upch.edu.pe Internet Source | 22 % |
| 2 | revistas.upch.edu.pe Internet Source | <1 % |
| 3 | www.coursehero.com Internet Source | <1 % |
| 4 | e.se-todo.com Internet Source | <1 % |
| 5 | www.scielo.org.pe Internet Source | <1 % |
| 6 | repositorio.uax.es Internet Source | <1 % |
| 7 | journals.copmadrid.org Internet Source | <1 % |
| 8 | npt.tums.ac.ir Internet Source | <1 % |

TABLA DE CONTENIDOS

| | Pág. |
|--------------------------------|------|
| Resumen | |
| Abstract | |
| I. Introducción | 1 |
| II. Objetivos | 8 |
| III. Materiales y métodos | 10 |
| IV. Resultados esperados | 21 |
| V. Conclusiones | 23 |
| VI. Referencias bibliográficas | 24 |
| VII. Presupuesto y cronograma | 28 |
| Anexos | 29 |

RESUMEN

Introducción: La adaptación de las cofias es uno de los factores más importantes para el éxito en un tratamiento de prótesis fija; existen varios parámetros que influyen en esta adaptación siendo alguno de estos el ángulo de convergencia, altura del muñón y curvatura de la línea de terminación. En la actualidad son varias las técnicas que se emplean en la fabricación de cofias de cobalto-cromo (Co-Cr), una de ellas es la técnica de fusión selectiva láser (SLM). Actualmente son pocos los estudios que evalúen la influencia del ángulo de convergencia, altura del muñón y curvatura de la línea de terminación en la adaptación de las cofias utilizando SLM.

Objetivo: Determinar la adaptación de cofias metálicas confeccionadas con la técnica de fusión selectiva laser según ángulo de convergencia, altura del muñón y curvatura de la línea de terminación. **Materiales y métodos:** El presente estudio será de tipo analítico, experimental in vitro y comparativo. Procedimientos básicos: Se dividirán 8 grupos de estudio con las alturas de 4 y 6 mm, angulación de 12° y 16° y curvatura de 0.5 y 1.5 mm, para cada grupo se fabricará 13 cofias de aleación Co-Cr con SLM; se procederá a evaluar la adaptación marginal e interna utilizando la técnica de réplica de silicona con VPES Fit Checker™ Advance (GC Corporation, Tokyo, Japan), las muestras de silicona serán seccionadas en sentido vestíbulo-palatino y en sentido mesio-distal, observadas mediante estéreo microscopio con aumento de 40X. Se realizarán 12 medidas, las cuales serán evaluadas a nivel de la zona cervical, axial y oclusal. Se realizará el análisis univariado evaluando la media aritmética y desviación estándar; para el análisis bivariado se empleará la prueba de t de Student para una sola muestra, prueba ANOVA/Tukey para cuatro grupos. El presente estudio utilizara un nivel de confianza del 95%.

Palabras claves: Adaptación, Láseres de Estado Sólido, Técnica de Colado Dental (Decs).

ABSTRACT

Introduction: The adaptation of copings is one of the most important factors for success in a fixed prosthesis treatment; there are several parameters that influence this adaptation being some of these; the degree of total convergence, height of the trunk and curvature of the termination line. Several techniques are currently used in the fabrication of cobalt-chromium (Co-Cr) copings, one of which is the selective laser melting (SLM) technique. Currently there are few studies that evaluate the influence of the degree of total convergence, height of the trunk and curvature of the termination line of copings using SLM. **Objective:** To determine the fit of metal copings fabricated using selective laser melting according to the angle of convergence, the height of the abutment and curvature of the termination line. **Materials and methods:** The present study will be analytical, in vitro experimental and comparative. Basic procedures: 8 study groups will be divided with height of 4 and 6mm, angulation of 12° and 16° and curvature of 0.5 and 1.5 mm, for each group 13 Co-Cr alloy copings with SLM will be fabricated; the marginal and internal adaptation will be evaluated using the silicone replica technique with VPES Fit Checker™ Advance (GC Corporation, Tokyo, Japan), the silicone samples will be sectioned in vestibulo-palatal and mesio-distal directions, observed by means of a stereo-microscope with 40X magnification. Twelve measurements will be taken, which will be evaluated at the cervical, axial and occlusal levels. Univariate analysis will be performed by evaluating the arithmetic mean and standard deviation; for bivariate analysis Student's t-test will be used for a single sample, ANOVA/Tukey test for four groups. The present study will use a confidence level of 95%.

Keywords: Adaptation, Solid State Lasers, Dental Casting Technique (Decs).

I. INTRODUCCIÓN

En la odontología contemporánea, uno de los principales objetivos es lograr restauraciones dentales que combinen funcionalidad con una apariencia estética atractiva. Las prótesis fijas de metal-cerámica son una opción destacada debido a su capacidad para replicar la apariencia natural de los dientes y su compatibilidad biológica. Estas prótesis son ampliamente reconocidas como un tratamiento estándar para la restauración de dientes con pérdida significativa de estructura. La efectividad de estas restauraciones se basa en tres pilares esenciales: su estética, su resistencia a las fracturas y su capacidad para adaptarse de manera precisa al contorno de la encía (1,2).

La preparación de los dientes y la cantidad de tejido dental que se retira son factores decisivos que afectan el éxito mecánico, biológico y estético de las prótesis fijas de metal-cerámica. Al preparar un diente para una restauración, es esencial considerar varios parámetros clave, como el grado de convergencia total, la altura del muñón, la ubicación y las características de la línea de terminación como tipo y curvatura, así como la textura de la superficie preparada. Se considera que una preparación adecuada es vital para el éxito de una prótesis fija de metal-cerámica. Para mejorar las características de la preparación, se recomienda maximizar la retención para prevenir el desplazamiento axial debido a fuerzas de tracción y asegurar la resistencia o estabilidad para limitar el desplazamiento axial causado por fuerzas oblicuas (3,4).

Una de las variables que afecta la capacidad de retención y resistencia de una preparación dental es el ángulo de convergencia total, que se define como la suma de los ángulos formados entre las superficies axiales preparadas que son paralelas entre sí. La relación inversa entre la retención y el ángulo de convergencia fue demostrada experimentalmente por Jørgensen en 1955. Wilson, en un artículo de 1994, corroboró que los ángulos de convergencia entre 6° y 12° son los más adecuados cuando se usa fosfato de zinc como agente de cementación. Malone, en su obra "La teoría y la práctica de la prostodoncia" publicada en 1989, sugiere que este ángulo debería situarse idealmente entre 4° y 10°. En 1985, Dodge et al. demostraron que un ángulo de convergencia total de 16° proporciona óptima retención y resistencia. Sin embargo, estas recomendaciones son principalmente teóricas y pueden ser difíciles de alcanzar en la práctica clínica, como señalan varios autores (Shillingburg et al., 2002; Goodacre et al.). Mientras que Shillingburg et al. sugieren un rango de angulación entre 10° y 22°, Goodacre et al. abogan por un ángulo más limitado de 10° a 20° (1,5,6,7).

Otro factor crucial en la retención y resistencia de una preparación dental es la altura del muñón. Diversos estudios han investigado la dimensión mínima ocluso-cervical necesaria para garantizar una resistencia óptima a la tracción y al desplazamiento. En un artículo publicado por Goodacre CJ. en 2004, se recomienda una altura de muñón de al menos 4 mm para molares, junto con un ángulo de convergencia total de 17°. Si esta altura es menor, el ángulo de convergencia tendría que reducirse por debajo de los 17° para lograr una retención y resistencia adecuadas, lo cual es poco práctico en la clínica. Para dientes anteriores y premolares, se sugiere una altura

mínima de 3 mm, ya que en estos casos es más fácil alcanzar un ángulo de convergencia total inferior a 17°. Un estudio realizado por Nogueira JL. en 2008 evaluó la relación entre la resistencia y la altura del muñón, concluyendo que a partir de 3 mm de altura, la resistencia es óptima y aumenta con cada incremento adicional en la altura del muñón. En situaciones donde la preparación dental no cumple con estos requisitos, puede ser necesario realizar modificaciones adicionales, como la incorporación de ranuras o cajas, para aumentar la resistencia (3,8,9).

Un factor clínico adicional que debe considerarse para asegurar el éxito a largo plazo es la línea de terminación, que se define como la configuración del margen cervical de las preparaciones dentales que serán restauradas con una prótesis fija (10). Es crucial que haya un contacto estrecho entre la prótesis fija y la línea de terminación de la preparación para evitar complicaciones biológicas, estéticas y técnicas. Además, se deben seguir ciertos criterios durante su preparación: debe ser sencilla y conservadora, claramente identificable en la impresión y el modelo de trabajo, proporcionar un espacio adecuado para el material de restauración y asegurar suficiente resistencia durante la función masticatoria. No debe ser irregular ni presentar ángulos de esmalte sin soporte (11,12).

Existen varios tipos de líneas de terminación, como el bisel, el hombro recto y el chamfer. La línea de terminación tipo chamfer, recomendada por diversos autores para restauraciones metal-cerámica, se realiza con una fresa diamantada troncocónica de extremo redondeado. Este tipo de terminación ofrece una buena adaptación marginal y proporciona mayor espacio a nivel cervical para el opaquer y la cerámica (11,13). En 1990, Hunter y Hunter señalaron en su revisión de

literatura que el tipo de línea de terminación puede influir en la adaptación marginal de las restauraciones, concluyendo que el chamfer tiende a presentar la mejor adaptación marginal con mayor frecuencia (14).

Es fundamental considerar que la línea de terminación está determinada por la arquitectura gingival y la anatomía dental. La altura de los márgenes cervicales varía según el tipo de diente; por ejemplo, en la región anterior, la línea presenta una mayor curvatura que en la región posterior. Además, las líneas de terminación vestibular de los dientes incisivos y caninos suelen estar ubicadas más cerca del ápice, lo cual se debe a la recesión gingival. En el área de los premolares, las piezas dentales tienen una superficie de contacto proximal en lugar de puntos de contacto, creando una concavidad debido al contorno de la superficie. En estas zonas, las papilas interdentes tienen una porción vestibular y una porción lingual o palatina, formando una curvatura en esas áreas (15).

En 2013, Asavapanumas y Leeivaloj evaluaron diferentes alturas de curvatura de la línea de terminación (1, 3 y 5 mm) en incisivos centrales superiores preparados en un diente de marfil A5A-500 (Acteon Group, Burdeos, Francia) con un ángulo de convergencia oclusal total de 6°. Replicaron estos dientes para obtener modelos maestros colados en Cobalto-Cromo-Molibdeno mediante la técnica de cera perdida para cada altura de curvatura de la línea de terminación. Se fabricaron un total de 108 cofias, distribuidas en 12 cofias para cada altura de curvatura, utilizando Zirconia con los sistemas Cercon (Ceramco Dentsply, York, USA) y Lava™ System (3M-ESPE, Minesota, USA), además de disilicato de litio IPS e.max (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein). La discrepancia marginal fue medida con un estereomicroscopio, encontrando diferencias significativas en la adaptación

marginal entre las tres alturas de curvatura de la línea de terminación en cada uno de los sistemas cerámicos. La línea de curvatura de 1 mm fabricada con el sistema Cercon mostró los mejores resultados ($38.30 \pm 6.85\mu\text{m}$) en comparación con las cofias de IPS e.max ($52.22 \pm 10.66\mu\text{m}$) y Lava ($69.99 \pm 6.77\mu\text{m}$). También se observó que, al aumentar la curvatura a 3 mm y 5 mm, el gap marginal se incrementaba (16).

En 2009, Tao y Han evaluaron diferentes alturas de curvatura de la línea de terminación (1, 3 y 5 mm) en incisivos centrales superiores preparados en un diente de marfil A1-500 (Nissin Dental Products Inc, Kioto, Japón) con hombro recto y un ángulo de convergencia de 12° . Replicaron estos dientes para obtener modelos colados en aleación noble y midieron la discrepancia marginal a nivel vestibular, lingual, mesial y distal. Para cada altura de curvatura de la línea de terminación, se fabricaron 5 cofias de Zirconia con el Sistema Cercon (Ceramco Dentsply, York, USA) y 5 cofias coladas en aleación de metal noble utilizando una máquina de presión y vacío Caspac MK-3 (Dentronics, Tokio, Japón). Ambos grupos de cofias fueron recubiertos con cerámica feldespática, y las mediciones se realizaron antes y después de la aplicación de la cerámica feldespática para cada material de cofia. Encontraron que las cofias de Zirconia mostraron gaps marginales similares en todos los puntos de medición, independientemente de la curvatura. Para las cofias de aleación noble, los gaps marginales aumentaron en las áreas mesial y distal a medida que aumentaba la curvatura de la línea de terminación, en comparación con las áreas vestibular y lingual. Después de la aplicación de cerámica feldespática, la adaptación marginal de las coronas de Zirconia cambió poco en comparación con las cofias, mientras que en las coronas metalcerámicas, los gaps marginales

aumentaron en las zonas vestibular y lingual con mayor curvatura, en comparación con las zonas mesial y distal (17).

La adaptación marginal se refiere al ajuste preciso entre la línea de terminación del diente preparado y el margen de la corona a nivel cervical. El espacio entre estos dos puntos se denomina discrepancia marginal o "gap" marginal, y una mejor adaptación se logra cuando esta distancia es mínima. Una adaptación marginal ideal reduce la irritación gingival, disminuye la probabilidad de caries, reduce el riesgo de enfermedad periodontal, limita la disolución del cemento y minimiza la tasa de fallos. Aunque no hay un valor exacto definido como aceptable para la adaptación marginal, la literatura menciona que dimensiones de la interfaz entre 50 y 200 μm son clínicamente aceptables. Autores como Holmes, McLean y von Fraunhofer han informado que discrepancias marginales de hasta 120 μm son aceptables, mientras que otros sugieren que valores de hasta 100 μm son adecuados para una longevidad clínica satisfactoria (18,19,20).

La adaptación interna se refiere al espacio entre las paredes axiales y oclusales del diente preparado y la estructura interna de la restauración, siendo crucial para que la corona se asiente adecuadamente sin comprometer su retención y resistencia. Idealmente, este espacio para el agente cementante debería estar entre 20 y 40 μm , aunque en la práctica clínica los valores suelen oscilar entre 50 y 350 μm . En cuanto a las aleaciones de metales utilizadas en coronas metal-porcelana, el cromo-cobalto (Co-Cr) es una de las más comunes debido a sus buenas propiedades mecánicas, alta resistencia a la corrosión, baja tendencia a provocar reacciones alérgicas y costos reducidos. La técnica predominante para fabricar cofias de cromo-cobalto

sigue siendo la cera perdida colada, aunque es laboriosa y requiere habilidades técnicas específicas, lo que a menudo resulta en la presencia de defectos internos como poros y fallos, según evidencia documentada (21-25).

Recientemente, la tecnología CAD/CAM ha revolucionado la fabricación de cofias dentales, dividiéndose en dos categorías principales: sustractiva y aditiva. La fabricación sustractiva utiliza herramientas como fresas y sierras para esculpir bloques de material controladas por programas de computadora, aunque su eficacia se limita en formas complejas y conlleva una pérdida considerable de material. En contraste, la fabricación aditiva, particularmente mediante tecnología de manufactura aditiva (AM) o fusión selectiva por láser (SLM), ha ganado popularidad en odontología. Esta técnica implica la fusión de polvo de metal en capas mediante un láser de fibra de Nd-YAG de alta potencia, creando restauraciones con alta densidad y precisión, además de minimizar la distorsión térmica y la pérdida de material. El polvo sobrante puede reutilizarse, reduciendo el desperdicio. Los sistemas SLM han avanzado para producir capas más delgadas, actualmente de 20 μm , optimizando su aplicación en odontología. Comparada con otras técnicas, la SLM minimiza errores del operador, defectos y pérdida de material, haciéndola altamente eficiente para la fabricación de cofias y otros dispositivos dentales (23-28).

En base a lo anteriormente expuesto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la discrepancia en la adaptación marginal e interna de las cofias metálicas fabricadas mediante la técnica de SLM en relación con el ángulo de convergencia total, la altura del muñón y curvatura de la línea de terminación?

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la adaptación de cofias metálicas confeccionadas con la técnica de fusión selectiva laser según ángulo de convergencia, altura del muñón y curvatura de la línea de terminación.

Objetivos específicos

1. Determinar la discrepancia marginal e interna de cofias metálicas Co-Cr fabricadas con la técnica de SLM en función de un ángulo de convergencia total de 12° y altura de muñón de 4mm y de 6mm y curvatura de la línea de terminación de 0.5 mm.
2. Determinar la discrepancia marginal e interna de cofias metálicas Co-Cr fabricadas con la técnica de SLM en función de un ángulo de convergencia total de 12° y altura de muñón de 4mm y de 6mm y curvatura de la línea de terminación de 1.5 mm.
3. Determinar la discrepancia marginal e interna de cofias metálicas Co-Cr fabricadas con la técnica de SLM en función de un ángulo de convergencia total de 16° y altura de muñón de 4mm y de 6mm y curvatura de la línea de terminación 0.5 mm.
4. Determinar la discrepancia marginal e interna de cofias metálicas Co-Cr fabricadas con la técnica de SLM en función de un ángulo de convergencia

total de 16° y altura de muñón de 4mm y de 6mm y curvatura de la línea de terminación 1.5 mm.

5. Comparar la adaptación marginal e interna de cofias metálicas Co-Cr fabricadas con la técnica de SLM en función del ángulo de convergencia total 12° y altura del muñón de 4mm y de 6mm y curvatura de la línea de terminación de 0.5 mm.
6. Comparar la adaptación marginal e interna de cofias metálicas Co-Cr fabricadas con la técnica de SLM en función del ángulo de convergencia total 12° y altura del muñón de 4mm y de 6mm y curvatura de la línea de terminación de 1.5 mm.
7. Comparar la adaptación marginal e interna de cofias metálicas Co-Cr fabricadas con la técnica de SLM en función del ángulo de convergencia total 16° y altura del muñón de 4mm y de 6mm y curvatura de la línea de terminación de 0.5 mm.
8. Comparar la adaptación marginal e interna de cofias metálicas Co-Cr fabricadas con la técnica de SLM en función del ángulo de convergencia total 16° y altura del muñón de 4mm y de 6mm y curvatura de la línea de terminación de 1.5 mm.
9. Comparar la adaptación marginal e interna de cofias metálicas Co-Cr fabricadas con la técnica de SLM en función del ángulo de convergencia total de 12° y 16°; con altura del muñón de 4mm y de 6mm y curvatura de la línea de terminación de 0.5 y 1.5 mm.

III. MATERIALES Y METODOS

Diseño del Estudio

Experimental *in vitro*, analítico y transversal.

Muestra

Para obtener el tamaño muestral del estudio se utilizará 13 cofias por cada grupo.

Se tomó como referencia el estudio de Oliveira (15).

$$n = \frac{(Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2 * (S_1^2 + S_2^2)}{(X_1 - X_2)^2}$$

Siendo:

n = Tamaño de muestra.

$Z_{1-\alpha/2}$ = Nivel de confianza

$Z_{1-\beta}$ = Potencia

S_1^2 = Varianza del grupo 1

S_2^2 = Varianza del grupo 2

X_1 = Media del grupo 1

X_2 = Media del grupo 2

Remplazando los resultados en la misma fórmula se obtiene:

$$n = \frac{(1,96 + 1,645)^2 * (73.96 + 201.64)}{(47.3 - 64.1)^2} = 12.69$$
$$= 13 \text{ cofias}$$

Serán 8 grupos de 13 cofias por grupo haciendo un total de 104 cofias.

Criterios de selección

Modelos de trabajo sin imperfecciones, tales como burbujas o discontinuidades en el margen.

Cofias metálicas unitarias que, tras una inspección visual, muestren un margen cervical intacto y continuo en la zona de medición, elaboradas mediante la técnica de fusión selectiva por láser.

Muestras de silicona que demuestren integridad y continuidad en la zona de medición.

Cofias metálicas unitarias que presenten un asentamiento pasivo en el modelo de trabajo.

Operacionalización de variables

Variables dependientes

Adaptación marginal: Nivel de ajuste con el que una restauración se acopla al margen cervical de una preparación. Se define operacionalmente como la discrepancia en la zona cervical entre la superficie de la preparación en el modelo y la superficie interna de la cofia metálica. Es una medida cuantitativa que se evalúa mediante el espesor de la película de silicona en la zona cervical entre la preparación y la cofia metálica, con secciones A: marginal vestibular y B: marginal palatina. Se mide en micrómetros (μm).

Adaptación interna: Grado de ajuste con el que una restauración se encaja en una preparación a nivel axial y oclusal. Se define operacionalmente como la discrepancia en la zona axial y oclusal entre la superficie de la preparación en el modelo y la superficie interna de la cofia metálica. Es una medida cuantitativa que se evalúa mediante el espesor de la película de silicona en la zona axial y oclusal entre la preparación y la cofia metálica, con secciones A: interna axial vestibular, B: interna oclusal vestibular, C: interna oclusal palatina y D: interna axial palatina. Se expresa en micrómetros (μm).

Variables independientes

Ángulo de convergencia: Es la evaluación de la combinación de los ángulos de inclinación de las paredes axiales opuestas. Se define operacionalmente como el ángulo formado por las paredes axiales que convergen hacia la región oclusal. Es una variable cualitativa dicotómica y se utiliza el Software 3D Autodex Inventor Professional 2017 para su medición, con valores de 12° y 16°.

Altura del muñón: Es la medición de la longitud desde la región oclusal hasta la cervical de la estructura dental. Se define operacionalmente como la longitud de la estructura dental desde la región oclusal hasta la cervical en la dirección vestibular. Es una variable cualitativa dicotómica y se utiliza el Software 3D Autodex Inventor Professional 2017 para su medición, con valores de 4 mm para la dirección vestibular y 3 mm para la dirección palatina; 6 mm para la dirección vestibular y 5 mm para la dirección palatina.

Curvatura de la línea de terminación: Se define como la configuración del margen cervical de la preparación dental. Esta línea delimita la transición entre el diente preparado y la prótesis fija que lo restaurará. La curvatura debe ser cuidadosamente diseñada para asegurar una adaptación precisa de la prótesis, proporcionar un sellado adecuado y evitar espacios que puedan propiciar la acumulación de placa bacteriana. Además, la curvatura debe permitir un contacto íntimo entre la prótesis y la preparación dental, lo que es crucial para prevenir complicaciones biológicas,

Es una variable cualitativa dicotómica y se utiliza el Software 3D Autodesk Inventor Professional 2017 para su medición, con valores de 0.5 mm y 1.5 mm

Ver cuadro de operacionalización de variables (Anexo 1).

Técnicas y procedimientos

Los grupos conformados para las medidas serán los siguientes:

- Grupo 1: Angulo de convergencia total 12°; altura del muñón 4mm a vestibular y 3 a palatino y curvatura de la línea de terminación de 0.5 mm.
- Grupo 2: Angulo de convergencia total 12°; altura del muñón 4mm a vestibular y 3 a palatino y curvatura de la línea de terminación de 1.5 mm.
- Grupo 3: Angulo de convergencia total 12°; altura del muñón 6mm a vestibular y 5 a palatino y curvatura de la línea de terminación de 0.5 mm.
- Grupo 4: Angulo de convergencia total 12°; altura del muñón 6mm a vestibular y 5 a palatino y curvatura de la línea de terminación de 1.5 mm.
- Grupo 5: Angulo de convergencia total 16°; altura del muñón 4mm a vestibular y 3 a palatino y curvatura de la línea de terminación de 0.5 mm.
- Grupo 6: Angulo de convergencia total 16°; altura del muñón 4mm a vestibular y 3 a palatino y curvatura de la línea de terminación de 1.5 mm.
- Grupo 7: Angulo de convergencia total 16°; altura del muñón 6mm a vestibular y 5 a palatino y curvatura de la línea de terminación de 0.5 mm.

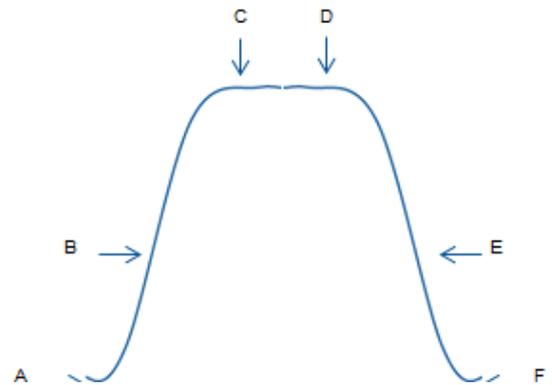
- Grupo 8: Angulo de convergencia total 16°; altura del muñón 6mm a vestibular y 5 a palatino y curvatura de la línea de terminación de 1.5 mm.

Instrumentos

Se trabajará con una ficha de recolección de datos en la cual se registrará los niveles de adaptación marginal e interna en cada una de las réplicas de polivinilsiloxano (µm); en total se realizarán 12 medidas por muestra, seis en sentido vestibulo-palatino y seis en sentido distal- mesial.

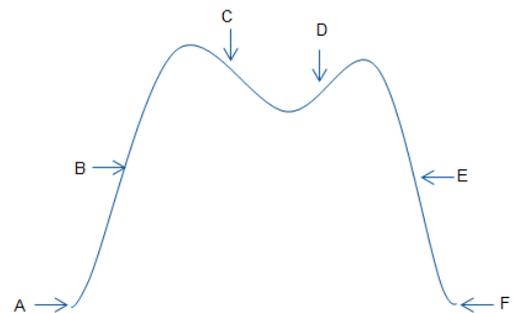
Corte vestibulo palatino

- A1: Sección marginal vestibular.
- B1: Sección interna axial vestibular.
- C1: Sección interna oclusal vestibular.
- D1: Sección interna oclusal palatino.
- E1: Sección interna axial palatino.
- F1: Sección marginal palatino



Corte mesio distal

- A2: Sección marginal distal.
- B2: Sección interna axial distal.
- C2: Sección interna oclusal distal.
- D2: Sección interna oclusal mesial.
- E2: Sección interna axial mesial.



F2: Sección marginal mesial.

La lectura de los datos se evaluará a través del estéreomicroscopio con 40X de aumento.

Capacitación y calibración

La capacitación y calibración al investigador para realizar los diversos procedimientos del estudio estarán a cargo del Mg. Esp. Martín Quintana del Solar. Estos incluyen el diseño de los modelos maestro, la elaboración de los modelos de trabajo, el diseño de las cofias de cobalto cromo, la evaluación de la adaptación marginal e interna y la capacitación en el uso del estéreomicroscopio que se llevara a cabo en las instalaciones de la universidad Cayetano Heredia.

Fabricación del modelo maestro

Para llevar a cabo el presente estudio, se crearán ocho modelos maestros en forma de premolar superior de Co-Cr con ángulos de convergencia total de 12° y 16° respectivamente. Estos modelos se diseñarán en formato STL con las siguientes especificaciones: el muñón tendrá una altura de 4 mm en la región vestibular y 3 mm en la región palatina para uno de los modelos, y una altura de 6 mm en la región vestibular y 5 mm en la región palatina para el otro modelo (las medidas se tomarán desde la línea de terminación hasta la punta de la cúspide); se utilizará un tipo de terminación chamfer de grosor de 1 mm y una curvatura de la línea de terminación

de 0.5 y 1.5 mm en relación con la posición de la terminación cervical en las regiones vestibular y palatina. Estos diseños se realizarán utilizando el software 3D Autodesk Inventor Professional 2017 (Autodesk, EE. UU.). Posteriormente, los diseños se imprimirán en una impresora láser 3D Mlab Cusing R (CONCEPT LASER, Lichtenfelds, Alemania) de la empresa 3DWORKS.

Elaboración de los modelos de trabajo

Después de transcurrido el tiempo recomendado (1 hora), se llevará a cabo el vaciado de los modelos utilizando un yeso tipo IV extraduro Elite Master® (Zhermack, Badia Polesine, Italia), en una proporción de 50 gramos de polvo por cada 10 ml de agua desionizada. Posteriormente, la mezcla será homogeneizada en una mezcladora Smartmix® (Amann Girrbach, Koblach, Austria) para asegurar la uniformidad y evitar la formación de porosidades. El vaciado se realizará sobre la impresión, aplicando movimientos vibratorios para prevenir la acumulación de aire y burbujas en las impresiones. Una vez completado este proceso, se dejará reposar durante los 40 minutos recomendados por el fabricante para obtener el modelo.

Confección de cofias en Co-Cr

Para la fabricación, se empleará una impresora 3D Mlab Cusing R (CONCEPT LASER, Lichtenfelds, Alemania), mientras que para los escaneos se utilizará un escáner de alta precisión, el 3Shape D2000 (3Shape, Copenhague, Dinamarca), que cumple con la normativa ISO 12836 para implantes, con una precisión de escaneo

de 5 μm / 8 μm . Este escáner opera mediante la captura del modelo a través de haces de luz por medio de sensores 3D. La información obtenida será transferida a una computadora y procesada utilizando el software 3Shape Dental Designer (3Shape, Copenhague, Dinamarca) para crear un modelo en 3D, el cual posteriormente será impreso.

Evaluación de la adaptación marginal e interna

Se realizará una inspección visual de las cofias piloto para garantizar que no giren y que tengan un ajuste pasivo adecuado. Para evaluar esto, se utilizará la técnica de réplica de silicona. En primer lugar, se aplicará una capa de vaselina (Vaselina Pura Maribel, Lima, Perú) en los modelos maestros para facilitar la extracción de las cofias. Una vez lubricada la superficie, se colocará silicona Fit Checker™ Advance (GC Corporation, Tokio, Japón) en el interior de las cofias y se presionará contra los modelos maestros con una fuerza constante de 50 N durante 5 minutos, el tiempo de fraguado indicado por el fabricante. Luego, se retirará la cofia, dejando una capa de silicona en su interior, y se inyectará una segunda silicona polivinilsiloxano, Elite HD+ Ligth Body Normal Set® (Zhermack Group, Badia Polesine, Italia), para estabilizar la primera silicona. Esta segunda silicona se dejará polimerizar durante 5 minutos y 30 segundos según las indicaciones del fabricante, antes de retirarla del interior de la cofia.

Pasados 30 minutos desde la remoción, se seccionarán las muestras en sentido vestibulo-palatino y disto-mesial, obteniendo dos muestras por corte. Se evaluará

la muestra vestibular por el corte vestíbulo-palatino y la muestra mesial por el corte disto-mesial.

Todas estas muestras serán examinadas bajo un estereomicroscopio Greenough Leica S8 APO (Leica Biosystems GmbH, Wetzlar, Alemania) a un aumento de 40X, utilizando el software Leica Application Suite LAS v3.4 (Leica Biosystems GmbH, Wetzlar, Alemania). Se elaborará una ficha de recolección de datos y se registrarán en micrómetros los valores de adaptación marginal e interna observados en cada una de las réplicas de silicona VPES de cada sistema de fabricación. Se realizarán doce mediciones por muestra, seis en sentido vestíbulo-palatino y seis en sentido mesio-distal (ver Anexo 2). Para la capacitación y calibración del estereomicroscopio se contará con la participación del técnico encargado del Servicio de Laboratorio de Patología y Medicina Oral de la Universidad Peruana Cayetano Heredia

Aspectos éticos del estudio

El proyecto será sometido a evaluación y registro por parte de la DUICT para su aprobación. Se procederá a la inscripción en el SIDISI (Sistema Descentralizado de Información y Seguimiento a la Investigación). Se adjuntará el certificado del curso de Conducta Responsable en Investigación, emitido por el Centro Andino de Investigación y Entrenamiento en Informática para la Salud Global. Se presentará la solicitud de autorización para el uso del estereomicroscopio en el laboratorio de

Patología y Medicina Oral de la Facultad de Estomatología (FAEST) de la UPCH. También se incluirá el certificado de capacitación para el uso del equipo de ensayo universal para presión constante Instron, proporcionado por la empresa High Technology Laboratory (HTL).

Plan de análisis

Se llevará a cabo el análisis utilizando el software SPSS versión 24.0. Se creará una base de datos con la información recopilada, y se verificarán los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilks. Se realizará un análisis univariado, calculando la media aritmética y la desviación estándar. Para el análisis bivariado, se utilizará la prueba t de Student para muestras independientes y la prueba ANOVA/Tukey para comparar cuatro grupos. Este estudio empleará un nivel de confianza del 95%.

IV. RESULTADOS ESPERADOS

Desde una perspectiva de resultados esperados de la investigación, se anticipa que un estudio enfocado en la altura del muñón proporcionará una comprensión más profunda de los principios biomecánicos, biológicos y estéticos fundamentales para el éxito a largo plazo de los tratamientos restaurativos dentales. Se espera que esta investigación arroje luz sobre la idoneidad de los ángulos de convergencia de 12° o 16° en relación con una altura de muñón de 4 mm para lograr una adaptación marginal adecuada de las restauraciones con una curvatura de la línea de terminación de 0.5 y 1.5 mm. Del mismo modo, se prevé determinar qué ángulo de convergencia es más apropiado, ya sea 12° o 16°, cuando la altura del muñón es de 6 mm para obtener una adaptación marginal óptima de las restauraciones con una curvatura de terminación de 0.5 y 1.5 mm.

En términos de resultados clínicos esperados, se anticipa que los hallazgos proporcionarán una guía práctica para los odontólogos en la planificación y ejecución de restauraciones dentales. Se espera que esta investigación facilite la toma de decisiones clínicas al determinar la mejor manera de tallar los muñones para lograr una adaptación marginal mejorada de las restauraciones, lo que podría conducir a un mayor éxito clínico y a una mayor satisfacción del paciente con el tratamiento dental.

Desde una perspectiva práctica, se espera que los resultados de esta investigación proporcionen una guía práctica para los operadores al decidir el ángulo de

convergencia más adecuado a utilizar con muñones de diferentes alturas. Esto permitirá una mejor adaptación marginal de las restauraciones y, en última instancia, contribuirá a mejorar la eficiencia y la calidad de los procedimientos restaurativos dentales.

V. CONCLUSIONES

Nuestro estudio, de llevarse a cabo, respaldaría la importancia crítica de evaluar minuciosamente tanto la altura del muñón como su interacción con el ángulo de convergencia y la curvatura de la línea de terminación durante la planificación y ejecución de tratamientos restaurativos. Esta comprensión más profunda tiene el potencial de traducirse en mejoras significativas en los resultados clínicos y en la satisfacción general del paciente. Sin embargo, para una comprensión completa y precisa de las implicaciones clínicas y biomecánicas de la altura del muñón en diversos contextos clínicos, así como del efecto de los diferentes ángulos de convergencia en la adaptación marginal y las diferentes curvaturas de la línea de terminación, se requiere la realización de estudios adicionales y más detallados. Estos futuros estudios pueden ofrecer una visión más completa y precisa que contribuya aún más al avance del conocimiento en el campo de la odontología restaurativa.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Contrepolis M, Soenen A, Bartala M, Laviolle O. Marginal adaptation of ceramic crowns: a systematic review. *J Prosthet Dent*. 2013 Dec;110(6):447-454.e10.
2. Vojdani M, Torabi K, Farjood E, Khaledi A. Comparison the Marginal and Internal Fit of Metal Copings Cast from Wax Patterns Fabricated by CAD/CAM and Conventional Wax up Techniques. *J Dent (Shiraz)*. 2013 Sep;14(3):118-29.
3. Goodacre CJ. Designing tooth preparations for optimal success. *Dent Clin North Am*. 2004 Apr;48(2):v, 359-85.
4. Tiu J, Al-Amleh B, Waddell JN, Duncan WJ. Clinical tooth preparations and associated measuring methods: a systematic review. *J Prosthet Dent*. 2015 Mar;113(3):175-84.
5. Wilson AH Jr, Chan DC. The relationship between preparation convergence and retention of extracoronary retainers. *J Prosthodont*. 1994 Jun;3(2):74-8
6. Dodge W, Weed R, Baez R, Buchanan R. The effect of convergence angle on retention and resistance form. *Quintessence Int*, 16:191-194,1985.
7. Ayad MF, Maghrabi AA, Rosenstiel SF. Assessment of convergence angles of tooth preparations for complete crowns among dental students. *J Dent*. 2005 Sep;33(8):633-8.

8. Goodacre CJ, Campagni WV, Aquilino SA. Tooth preparations for complete crowns:an art form based on scientific principles. *J Prosthet Dent.* 2001 Apr;85(4):363-76.
9. Nogueira JL, Salazar Marocho SM, Pavanelli AC, Zamboni Costa S, Vasconcellos LG. Altura de los tallados coronales en la retención de prótesis parcial fija. *Rev Estomatol Herediana.* 2008; 18(2):114-117.
10. Suarez M. Evaluación del sellado marginal de coronas de titatio colado y mecanizado con dos líneas de determinación. [Tesis para obtener el Grado de Doctor]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2004. 14p
11. Pegoraro LF. Prótesis Fija. 1ed.Sao Paulo: Artes Médicas; 2001.
12. Rosenstiel, Land, Fujimoto. Protesis Fija contemporánea. 4 ed. Barcelona: Elsevier; 2009.
13. Mezzomo E. Rehabilitación Oral Contemporanea. 1 ed.Colombia: Amolca; 2010.
14. Hunter A, Hunter A. Gingival crown margin configurations: A review and discussion. Part I: Terminology and widths. *The Journal of Prosthetic Dentistry.* 1990;64(5):548-52.
15. Oliveira G. Evaluaciones in vitro del efecto de la curvatura de la línea de terminación en la adaptación de cofias metálicas fabricadas con la técnica de fusión selectiva laser. [tesis de especialidad]. Escuela de pos grado: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2019.
16. Asavapanumas C, Leevailoj C. The influence of finish line curvature on the marginal gapwidth of ceramic copings. *The Journal of Prosthetic Dentistry.* 2013;109(4):227-33

17. Tao J, Han D. The effect of finish line curvature on marginal fit of all-ceramic CAD/CAM crowns and metal-ceramic crowns. *Quintessence International*. 2009;40:745- 52.
18. Flores Y. Evaluación in vitro de las adaptaciones marginal e interna de cofias metálicas de aleación cobalto cromo (Co-Cr) sobre una línea de terminación tipo chamfer, confeccionadas con dos técnicas: cera pérdida colada por centrifugación convencional y el sistema fusión selectiva por láser asistido por computador (CAD/CAM) [Tesis para obtener el título profesional de especialista en Rehabilitación Oral]. Lima: UPCH; 2017.
19. Huang Z, Zhang L, Zhu J, Zhang X. Clinical marginal and internal fit of metal ceramic crowns fabricated with a selective laser melting technology. *J Prosthet Dent*. 2015 Jun;113(6):623-7.
20. Ortega R, Gonzalo E, Gomez-Polo M, Lopez-Suarez C, Suarez MJ. SEM evaluation of the precision of fit of CAD/CAM zirconia and metal-ceramic posterior crowns. *Dent Mater J*. 2017 Jul 26;36(4):387-393.
21. Chochlidakis KM, Papaspyridakos P, Geminiani A, Chen CJ, Feng IJ, Ercoli C. Digital versus conventional impressions for fixed Prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent*. 2016 Aug;116(2):184-190.
22. Örtorp A, Jönsson D, Mouhsen A, Vult von Steyern P. The fit of cobalt-chromium three-unit fixed dental prostheses fabricated with four different techniques: a comparative in vitro study. *Dent Mater*. 2011 Apr;27(4):356-63.

23. Nesse H, Ulstein DM, Vaage MM, Øilo M. Internal and marginal fit of cobalt-chromium fixed dental prostheses fabricated with 3 different techniques. *J Prosthet Dent.* 2015 Nov;114(5):686-92.
24. Quante K, Ludwig K, Kern M. Marginal and internal fit of metal-ceramic crowns fabricated with a new laser melting technology. *Dent Mater.* 2008 Oct;24(10):1311-5.
25. Kocaağaoğlu H, Kılınç Hİ, Albayrak H, Kara M. In vitro evaluation of marginal,axial, and occlusal discrepancies in metal ceramic restorations produced with new technologies. *J Prosthet Dent.* 2016 Sep;116(3):368-74.
26. Han X, Sawada T, Schille C, Schweizer E, Scheideler L, Geis-Gerstorfer J, Rupp F, Spintzyk S. Comparative Analysis of Mechanical Properties and Metal-Ceramic Bond Strength of Co-Cr Dental Alloy Fabricated by Different Manufacturing Processes. *Materials (Basel).* 2018 Sep 22;11(10).
27. Antanasova M, Kocjan A, Kovač J, Žužek B, Jevnikar P. Influence of thermo-mechanical cycling on porcelain bonding to cobalt-chromium and titanium dental alloys fabricated by casting, milling, and selective laser melting. *J Prosthodont Res.* 2018 Apr;62(2):184-194.
28. Al Maaz A, Thompson GA, Drago C, An H, Berzins D. Effect of finish line design and metal alloy on the marginal and internal gaps of selective laser melting printed copings. *J Prosthet Dent.* 2019 Aug;122(2):143-151.

V. PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA

Presupuesto

| MATERIALES | CANTIDAD | PRECIO UNIDAD | TOTAL |
|---|----------|---------------|----------------|
| Mascarillas | 8 | 0.50 | 4.00 |
| Caja de Guantes | 1 | 18.00 | 18.00 |
| Lápiz bicolor | 2 | 2.50 | 2.50 |
| Lapicero tinta azul | 2 | 3.00 | 6.00 |
| Campos descartable | 10 | 0.50 | 5.00 |
| Hoja de bisturí | 5 | 1.00 | 5.00 |
| Kilo de yeso tipo IV | 1 | 27.00 | 27.00 |
| Diseño modelo maestro 3D | 4 | 225.00 | 900.00 |
| Impresión 3D modelo maestro | 4 | 60.00 | 240.00 |
| Silicona PVS fluida Elite HD+ Ligth Body Normal Set | 1 | 150.00 | 150.00 |
| Silicona VPES Fit Cheker | 1 | 350.00 | 350.00 |
| Pistola dispensadora para silicona | 1 | 80.00 | 80.00 |
| Cofias Co- Cr realizadas por fusión laser | 52 | 40.00 | 2080.00 |
| Uso de estéreomicroscopio | 4 | 50 | 200.00 |
| Uso de máquina de ensayo universal | 15 | 26.00 | 390.00 |
| Análisis Estadístico | 1 | 600.00 | 600.00 |
| TOTAL | | | 5057.50 |

Cronograma

| Actividades | Mayo 2024 | Junio 2024 | Junio 2024 | Agosto 2024 | Setiembre 2024 | Octubre 2024 |
|----------------------------|-----------|------------|------------|-------------|----------------|--------------|
| Presentación del protocolo | X | | | | | |
| Aceptación del protocolo | | X | | | | |
| Recojo de datos | | | X | | | |
| Procesamiento de datos | | | | X | | |
| Análisis de los datos | | | | | X | |
| Informe final | | | | | | X |

ANEXOS

Anexos 1. Operacionalizacion de variables

| VARIABLE | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | TIPO | INDICADOR | ESCALA DE MEDICION | VALORES O CATEGORIAS |
|---|---|--|------------------------|---|--------------------|-------------------------------|
| Adaptación marginal (variable dependiente) | Grado de ajuste con el que encaja una restauración sobre el margen cervical de una preparación. | Discrepancia a nivel de la zona cervical entre la superficie de la preparación en el modelo y la superficie interna de la cofia metálica. | Cuantitativa Continua | Espesor en la zona cervical de la película de silicona entre la preparación y la cofia metálica: A: Sección marginal vestibular B: Sección marginal palatino | De Razón | Micrómetros (μm) |
| Adaptación interna (variable dependiente) | Grado de ajuste con el que encaja una restauración sobre una preparación a nivel axial y oclusal. | Discrepancia a nivel de la zona axial y oclusal entre la superficie de la preparación en el modelo y la superficie interna de la cofia metálica. | Cuantitativa Continua | Espesor en la zona axial y oclusal de la película de silicona entre la preparación y la cofia metálica: A: Sección interna axial vestibular B: Sección interna oclusal vestibular. C: Sección interna oclusal palatino D: Sección interna axial palatino. | De Razón | Micrómetros (μm) |
| Angulo de convergencia (variable independiente) | Es la medida de la combinación de los ángulos de conicidad de las paredes axiales opuestas. | Ángulo producido por las paredes axiales convergentes a oclusal. | Cualitativo Dicotómica | Software 3D Autodesk Inventor Professional 2017. | Ordinal | 12° 16° |

| | | | | | | |
|--|---|--|------------------------|--|---------|---|
| Altura del muñón (variable independiente) | Es la medida de la longitud desde oclusal hasta cervical de la estructura dentaria. | Longitud de la estructura dentaria por vestibular desde oclusal hasta cervical | Cualitativo Dicotómico | Software 3D Autodesk Inventor Professional 2017. | Ordinal | 4mm a vestibular y 3mm a palatino; 6mm a vestibular y 5mm a palatino. |
| Curvatura de línea de terminación (variable independiente) | Se define como la configuración del margen cervical de la preparación dental | Longitud de la curvatura de la terminación. | Cualitativo Dicotómico | Software 3D Autodesk Inventor Professional 2017. | Ordinal | 0.5mm y 1.5mm |

Anexo 2. Ficha de recolección de datos

| TECNICA DE FUSION SELECTIVA POR LASER CAD/CAM | | | | | | | | | | | | |
|--|---------|----------|----------|----------|----------|----------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| ANGULO DE CONVERGENCIA TOTAL _____ ; ALTURA DE MUÑON _____ | | | | | | | | | | | | |
| SECCION MESIAL, CORTE VESTIBULO PALATINO | | | | | | | SECCION VESTIBULAR, CORTE MESIO DISTAL | | | | | |
| PUNTOS DE EVALUACION | A1 m | B1 µm | C1 µm | D1 µm | E1 µm | F1 µm | A2 µm | B2 µm | C2 µm | D2 µm | E2 µm | F2 µm |
| Muestra N° 1 | | | | | | | | | | | | |
| Muestra N° 2 | | | | | | | | | | | | |
| Muestra N° 3 | | | | | | | | | | | | |
| Muestra N° 4 | | | | | | | | | | | | |
| Muestra N° 5 | | | | | | | | | | | | |
| Muestra N° 6 | | | | | | | | | | | | |
| Muestra N° 7 | | | | | | | | | | | | |
| Muestra N° 8 | | | | | | | | | | | | |
| Muestra N° 9 | | | | | | | | | | | | |
| Muestra N° 10 | | | | | | | | | | | | |
| Muestra N° 11 | | | | | | | | | | | | |
| Muestra N° 12 | | | | | | | | | | | | |
| Muestra N° 13 | | | | | | | | | | | | |

ANEXO 3(15)

