



EFFECTO DE LOS PROTOCOLOS DE LIMPIEZA Y
TRATAMIENTOS DE SUPERFICIE PRE-CEMENTACIÓN
SOBRE LA RESISTENCIA DE UNIÓN DE DIFERENTES
RESINAS COMPUESTAS INDIRECTAS

Trabajo de Investigación
requisito para optar al
Título de Cirujano Dentista

Alumnas: Ximena Cabezas F.
Rocío Carrasco P.
Gabriela Jerez D.
Bárbara Valenzuela F.
Docente Guía: Dr. Miguel Muñoz P.
Dra. Iسس Luque M.

Valparaíso-Chile
2017

Dedicatoria

A nuestras familias y amigos.

Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Miguel Muñoz, a la Dra. Issis Luque y al Dr. Mirko Riveros por su apoyo incondicional y preocupación a lo largo de este proceso, y por compartir desinteresadamente su conocimiento con nosotras en esta última etapa de nuestra vida universitaria.

Al personal de la facultad por su buena disposición y por habernos facilitado los medios necesarios para la realización del trabajo de investigación.

Índice

I Introducción	1
1 Planteamiento del problema	2
1.1 Descripción de la realidad problemática	2
1.2 Formulación del problema	3
1.3 Justificación	3
1.4 Viabilidad	4
1.5 Consecuencias	4
II Marco Teórico	5
2.1 Materiales de Resina Compuesta en Odontología	5
2.1.1 ¿Qué es un material de resina compuesta?	5
2.1.2 Clasificación de las resinas compuestas de uso odontológico	6
2.1.2.1 Clasificación según tamaño y distribución de las partículas de relleno	6
1.- Resinas Compuestas convencionales o de macrorelleno	7
2.- Resinas Compuestas de microrelleno	7
3.- Resinas Compuestas híbridas	7
4.- Resinas Compuestas microhíbridas	7
5.- Resinas Compuestas de nanorelleno	8
2.1.2.2 Clasificación según el tipo de restauración definitiva	8
1.- Resinas Compuestas directa	8
2.- Resinas Compuestas indirecta	8
2.2 Protocolos de limpieza para las Resinas Compuestas Indirectas	11
2.2.1 Ácido Ortofosfórico	11
2.2.2 Clorhexidina	11
2.2.3 Etanol	12
2.2.4 Ultrasonido	12
2.3 Tratamientos de superficie para las resinas compuestas indirectas de uso odontológico	12
2.3.1 Silano	12
2.3.2 Monómeros de fosfato	13
2.3.2.1 Primer MDP (Clearfill Ceramic Primer)	13
2.3.2.2 Monobond Plus	13
2.4 Cementos de resina	14
2.4.1 Clasificación de los cementos de resina	14
2.5 Microcizallamiento	15
III Objetivos	17
3.1 Objetivo General	17
3.2 Objetivos Específicos	17
IV Metodología	18
4.1 Diseño del estudio	18
4.2 Tipo y selección de la muestra	18
4.3 Hipótesis de investigación	19
4.4 Variables de investigación	20
4.5 Forma de recolección de datos	22

4.6 Control de sesgo y limitaciones	22
4.7 Consideraciones generales	23
4.8 Consideraciones de bioseguridad	23
4.9 Materiales a utilizar	23
4.10 Preparación de la muestra	25
4.11 Análisis estadístico	30
V Resultados	31
VI Discusión	39
VII Conclusiones	47
VIII Resumen	48
IX Referencias Bibliográficas	49
X Anexos	60

Introducción

La cementación adhesiva es un paso crucial y crítico en el proceso de restauración con Resinas Compuestas Indirectas^{1,2,3} y para la longevidad de éstas⁴.

Las Resinas Compuestas Indirectas se introducen como una alternativa de bajo costo que ofrece restauraciones estéticas y funcionales de alto rendimiento⁵, las cuales mejoraron los problemas de las Resinas Compuestas Directas, sin embargo, tienen como punto crítico la técnica de cementación, ya que requieren procedimientos previos a ésta para compatibilizar con el agente cementante. Los procedimientos de pre-cementación consideran la limpieza y acondicionamiento de la superficie (químico- mecánico)^{3,6,7}, existiendo varios protocolos que buscan mejorar la relación cemento/material, sin embargo, los protocolos de limpieza no han sido el principal foco de investigación.

Los tratamientos de superficie existentes para cerámicas han sido evaluados por múltiples investigadores^{6,9,10} pudiendo ser físico-micromecánicos o químicos⁹ (arenado, silicatización triboquímica, er-YAG), y los químicos (grabado químico, silano, y los monómeros de fosfato). Para las resinas compuestas indirectas los tratamientos de superficie se han establecido^{1,8,12,13} para mejorar la resistencia de unión, utilizándose ultrasonido, ácido fosfórico, fluorhídrico y microarenado¹⁴, sin embargo, los protocolos de limpieza pre-cementación son aún poco claros, hasta la fecha, la literatura no ha determinado claramente si los métodos de limpieza de superficies mejoran la unión cemento/resina¹⁵.

El uso de agua/ultrasonido ha sido propuesto como tratamiento convencional o gold standard, por ser seguro y fácil¹⁵, sin embargo, la utilización del ácido ortofosfórico como protocolo de limpieza es ampliamente empleado^{16,17}, a pesar de reportar que, independiente de su concentración y tiempo no mejora la unión de cemento /resina^{1,8}, siendo necesario probar su uso por tiempos más prolongados, y junto a *primers* que contengan monómeros de fosfato, para poder ver su interacción.

Es por lo anterior que, el propósito de este estudio es evaluar el efecto de los diferentes protocolos de limpieza pre-cementación sobre la resistencia de unión a Resinas Compuestas Indirectas bajo diferentes protocolos de cementación.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1 Descripción de la realidad problemática.

El uso de materiales para la rehabilitación de las estructuras dentales está cambiando constantemente para el beneficio del paciente y el clínico¹⁸, de allí que lograr restauraciones con mayor estética, longevidad y resistencia constituye uno de los principales desafíos de la Odontología Restauradora¹⁹.

Los materiales de Resina Compuesta Directa presentan algunas deficiencias²¹ como, la alta contracción de polimerización^{18 20}, la inestabilidad del color, la falta de integridad marginal²², entre otras. En el intento de mejorar estos problemas surgen las restauraciones de Resina Compuesta Indirecta (RCI)²⁰.

Este tipo de restauraciones deben ser cementadas en la preparación cavitaria, lo que requiere un procedimiento previo de limpieza y posterior tratamiento de superficie²³ para compatibilizar la restauración con el agente cementante²⁴.

La cementación adhesiva es un paso crucial en el proceso de restauración con RCI^{1,2,3} y considerado el punto más vulnerable para la preservación en el tiempo⁴. Esta etapa puede ser susceptible a la contaminación de fluidos tales como: saliva, sangre o plasma durante los procedimientos de ajuste intraoral^{15,17}, afectando la hibridización del sustrato. Erikson S. et al ²⁵ (2004) informaron que, la contaminación con saliva reduce significativamente la fuerza de adhesión resina- resina, y a su vez Van Schalkwyk J. et al ²⁶ (2003), reportaron que durante la prueba clínica es difícil evitar la contaminación sobre las superficies. Aquí yace la importancia de los procedimientos de limpieza pre-cementación, ya que se hace necesario garantizar un sustrato libre de contaminación cuando la adhesión tome lugar.

Los procedimientos de pre-cementación consideran la limpieza y acondicionamiento de la superficie (mecánico- químico)^{3,27,23}, existiendo varios protocolos que buscan mejorar la relación cemento/restauración. Estos protocolos han sido ampliamente evaluados para cerámicas dentales^{27,28,29}. Por otro lado, para las RCI, los tratamientos de superficie se han establecido^{1,8,13,30} utilizando ultrasonido, etanol, ácido fosfórico, fluorhídrico y microarenado¹⁴, sin embargo, no así con los protocolos de limpieza pre-cementación para los cuales, hasta la fecha la literatura no ha determinado claramente si los métodos de limpieza de superficie mejoran la unión cemento/restauración²⁶.

El uso de agua/ultrasonido ha sido propuesto como convencional o gold standard, por ser segura y fácil¹⁵, no obstante, la utilización del ácido ortofosfórico como protocolo de limpieza es ampliamente empleado ^{17,31}, reportándose que, a una

concentración y tiempo constante, no mejora la unión cemento /restauración^{1,8}, siendo necesario probar su uso por tiempos más prolongados. Considerando, además, que los *primers* utilizados en los procedimientos de pre-cementación contiene monómero de fosfato éster, y necesitan interactuar con la superficie, éstas deben estar activas para ello, por lo que el ácido ortofosfórico podría generar algún tipo de interacción química entre ellos.

Es por lo anterior, que surge la interrogante: ¿Los protocolos de limpieza y tratamiento de superficie pre-cementación afectan la resistencia de unión cemento/RCI en comparación al tratamiento convencional?

1.2 Formulación del problema.

¿Los diferentes protocolos de limpieza y tratamientos de superficie pre-cementación afectan la resistencia de unión cemento/RCI en comparación al tratamiento convencional?

1.3 Justificación

La presente investigación busca poder aportar conocimientos que mejores u optimicen las técnicas de la Odontología Adhesiva, la cual siempre ha estado en la búsqueda de nuevas técnicas y/o materiales que tengan óptimas propiedades estéticas, biomecánicas y compatibles con la estructura biológica dentaria¹⁹.

Dentro de estos materiales, hoy en día destacan las RCI, las cuales vinieron a mejorar los problemas de las Resinas Compuestas Directas, sin embargo, tienen como punto crítico en su desempeño clínica la cementación, que si logra ser exitosa aumenta la retención y resistencia a la fractura del diente y de la restauración, reduciendo así mismo la microinfiltración²⁴.

Los procedimientos de pre-cementación son de vital importancia para evitar la contaminación de la superficie cuando la adhesión tome lugar. Es por ello, que realizar este paso clínico de la mejor manera otorgaría una mejor fuerza de unión/adhesiva entre el material restaurador y el agente cementante.

Diversos estudios han centrado sus investigaciones sobre los protocolos de cementación^{1,2,3}, en donde en sus grupos de estudio han aplicado opciones de protocolos de limpieza (ultrasonido/agua, ácido ortofosfórico, etanol), pero que no han sido el objetivo de la investigación, por lo que no se ha demostrado si efectivamente existe influencia de éstos en la cementación. Es por ello, que este estudio indagará si la cementación se ve influenciada por los diferentes protocolos de limpieza pre-cementación; además, no se ha especificado cuál es el tiempo que se deben aplicar estas técnicas para limpiar las restauraciones de RCI. Por ello, se obtendría un beneficio tanto para los profesionales y pacientes, al tener restauraciones con mayor longevidad.

1.4 Viabilidad:

Dentro de los recursos necesarios para la ejecución de este estudio estuvo: Recursos Humanos, es decir, el grupo investigador. Los recursos físicos y técnicos que fue: el Laboratorio de Ciencias Odontológicas de la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso, que cuenta con la máquina de ensayo universal Instron Emic 23-5S. Finalmente los recursos económicos, específicamente materiales en los que se invirtió son los siguientes:

- Bloques de Resina VITA ENAMIC (CAD/CAM).
- Bloques de Resina In:Joy (Dentsply).
- Tratamientos de limpieza: Ácido Ortofosfórico 37%, agua/ultrasonido, etanol 96°.
- Tratamientos de superficie: Silano, Clearfill ceramic primer (KURARAY), Monobond Plus (Ivoclar Vivadent).
- Cemento de Resina Variolink Esthetic LC (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein).

Todos los materiales e insumos se entregaron por el profesor guía de la investigación.

El desarrollo de la investigación fue planificado para tres meses y medio, desde su aprobación.

1.5 Consecuencias

Dentro de las consecuencias de la investigación está la divulgación de resultados mediante la exposición y/o publicación en congresos o revistas científicas tales como: CONADEO 2017, Congreso IADR 2017, Dental Materials Journals, Operative Dentistry Journal, entre otras. Lo que implica difusión de nueva información acerca de los materiales involucrados en este estudio y las técnicas desarrolladas; hecho que podría tener repercusión en la aplicación de los protocolos de limpieza pre-cementación para resinas compuestas indirectas; generando nuevo conocimiento para la Odontología Adhesiva, tanto en su área teórica como en la práctica clínica (longevidad de la restauración).

CAPÍTULO II

2 Marco Teórico

2.1 Materiales de Resina Compuesta en Odontología.

2.1.1 ¿Qué es un material de resina compuesta?

Una definición generalizada para referirse a las Resinas Compuestas es que corresponden a un polímero formado por una matriz orgánica, una fase inorgánica y una fase de acoplamiento entre ambas²¹, resultando en un material con propiedades mejoradas³².

Las resinas compuestas dentales, son una mezcla compleja de resinas polimerizables mezcladas con partículas de rellenos inorgánicos. Para unir las partículas de relleno a la matriz plástica de resina, el relleno es recubierto con vinil silano, un agente de conexión o acoplamiento. Otros aditivos se incluyen en la formulación para facilitar la polimerización, ajustar la viscosidad y mejorar la opacidad radiográfica³³. La era de las resinas compuestas modernas se inicia hacia el año 1962 cuando el Dr. Ray L. Bowen³⁴ combinó las ventajas de las resinas epóxicas con las de los acrilatos, desarrollando una molécula compuesta, llamada Bis-GMA (Bisfenol-A-Glicidil Metacrilato) que su parte central es la resina epóxica, pero, además, contiene grupos terminales de metacrilato, provenientes de las resinas acrílicas. A esta matriz orgánica se le agregó relleno inorgánico unido a través de un agente de unión (Vinil silano) que cubría las partículas de relleno, logrando así un enlace químico, con lo que se mejoraron las propiedades físicas y mecánicas de este material^{34,35}.

En cuanto a su composición, las resinas compuestas constan básicamente de tres componentes esenciales^{33,35}: Una matriz orgánica de alto peso molecular, un relleno inorgánico y un agente de acoplamiento. A lo anterior, se adiciona un sistema de activación, pigmentos e inhibidores de la polimerización.

La matriz orgánica está formada por un monómero bifuncional, siendo los más usados el BIS-GMA y el DMU (Dimetacrilato de uretano). Éstos tienen el inconveniente de ser muy viscosos a temperatura ambiente, lo cual dificulta su manipulación, por lo que se encuentran diluidos en otro monómero bifuncional de menor viscosidad que es el TEGDMA (Trietilenglicol dimetacrilato), el cuál actúa como plastificante, permitiendo la obtención de una pasta clínicamente manejable.

El relleno inorgánico corresponde a partículas/fibras derivadas del cuarzo, que otorgan a la resina las propiedades mecánicas y disminuyen la contracción de polimerización, debido a que disminuyen la cantidad de matriz orgánica. En general, la cantidad de relleno varía entre 30% a 70% en volumen³³.

Como las fases antes nombradas son incompatibles entre sí, se utiliza un

agente de acoplamiento, vinil silano, el cual permite su unión, siendo fundamental para que la resina mantenga sus propiedades³⁷.

Para que la polimerización se pueda llevar a cabo, es necesario que los monómeros se transformen en polímeros, siendo necesario para esto, un agente iniciador, el cual transforma radicales libres a partir de las moléculas de monómero, generando un compuesto reactivo^{21,33} capaz de iniciar la reacción química. A su vez, el agente iniciador, debe ser activado por el agente activador el cual le otorga la energía suficiente para que éste rompa el doble enlace de carbono de la molécula monomérica. Dentro de este sistema activador- iniciador, se necesita de un medio físico o químico, que le permita al iniciador activarse, los cuales pueden ser: calor y luz, siendo este último el más ampliamente utilizado²¹.

Para evitar que las resinas compuestas polimericen espontáneamente, se agregan inhibidores a los sistemas de resina activados físicamente por luz, tal como el hidroxitolueno butilado^{33,37}.

2.1.2 Clasificación de las resinas compuestas de uso odontológico:

A lo largo de los años, las resinas compuestas se han clasificado de distintas formas con el fin de facilitar al clínico su identificación y posterior uso terapéutico, Echeverría S. (2006)³⁸ y Butorovic F. (2012)¹⁹ propusieron la siguiente clasificación:

1. Según contenido de relleno.
2. Según composición de la matriz BIS-GMA o UDMA.
3. Según el tamaño de las partículas del relleno⁴⁸.
4. Según sistema de polimerización.
5. Según la consistencia³³.

Para efectos de este trabajo y por ser una clasificación válida, se analizará la propuesta por Lutz y Phillips (1983)⁴⁸.

2.1.2.1 Clasificación según tamaño y distribución de las partículas de relleno:

Esta clasificación divide las resinas en: Convencionales o Macrorelleno (Partículas de 0,1 a 100 mm), microrelleno (Partículas de 0,04 mm) y Resinas Híbridas (Con rellenos de diferentes tamaños).

Actualmente se pueden reunir las resinas compuestas en cinco categorías principales:

1. Resinas Compuestas Convencionales o de Macrorrelleno.
2. Resinas Compuestas de Micropartículas o Microrrelleno.
3. Resinas Compuestas Híbridas.

4. Resinas Compuestas Microhíbridas.
5. Resinas Compuestas de Nanorrelleno^{24,15}.

1. Resinas Compuestas Convencionales o de Macrorrelleno:

Corresponde a la primera generación de Resinas Compuestas. La partícula de relleno era de gran tamaño, entre 1 y 100 micrones (μm). Intentando mejorar las propiedades el tamaño de las partículas se disminuyó de 1 a $35 \mu\text{m}$, quedando en un tamaño promedio de 10 y $50 \mu\text{m}$ ³⁹. Esto permitió un aumento en la carga inorgánica (hasta 60% en volumen), lo que disminuye la contracción de polimerización y aumenta la resistencia mecánica, sin embargo, tenían un pulido deficiente⁴⁰. Actualmente, este tipo de Resinas Compuestas está prácticamente en desuso⁴¹.

2. Resinas Compuestas de Microrrelleno:

Éstas contienen relleno de sílice coloidal con un tamaño de partícula entre 0.01 y $0.05 \mu\text{m}$ ⁴². Clínicamente las resinas se comportan mejor en la región anterior, donde las ondas mecánicas y la tensión masticatoria son relativamente pequeñas, proporcionan un alto pulido y brillo superficial, confiriendo alta estética a la restauración⁴³. Cuando se aplican en la región posterior muestran algunas desventajas, debido a sus inferiores propiedades mecánicas y físicas, ya que presentan mayor porcentaje de sorción acuosa, alto coeficiente de expansión térmica y menor módulo de elasticidad³³.

3. Resinas Compuestas Híbrida:

Son una solución intermedia entre las Resinas Compuestas de micro y macrorrelleno⁴¹. Están reforzadas por una fase inorgánica de vidrios de diferente composición y tamaño en un porcentaje en peso de 60% o más, con tamaños de partículas que oscilan entre $0,6$ y 1 mm , incorporando sílice coloidal con tamaño de $0,04 \text{ mm}$ ⁴². Esta mezcla de tamaño de partículas otorga la resistencia mecánica de las resinas compuestas de macrorrelleno y las cualidades estéticas y de pulido⁴⁵ de las de microrrelleno^{33,44}.

4. Resinas Compuestas Microhíbridas:

Tienen un alto porcentaje de relleno de partículas sub- micrométricas (más del 60% en volumen). Su tamaño de partícula reducida (desde $0.4\mu\text{m}$ a $1.0\mu\text{m}$), unido al porcentaje de relleno provee una óptima resistencia al desgaste y otras propiedades mecánicas adecuadas. Sin embargo, estas resinas son difíciles de pulir y el brillo superficial se pierde con rapidez⁴⁶.

5. Resinas Compuestas de Nanorelleno:

Este tipo de resinas son un desarrollo reciente, contienen partículas con tamaños menores a 10 nm (0.01µm). Este relleno se dispone de forma individual o agrupados en “nanoclusters” o nanoagregados de aproximadamente 75 nm⁴³. Ofrecen alta translucidez, un pulido superior similar a las resinas de microrelleno pero manteniendo propiedades físicas y resistencia al desgaste equivalente a las resinas compuestas híbridas. Por estas razones, tienen aplicaciones tanto en el sector anterior como en el posterior⁴⁷.

2.1.2.2 Clasificación según el tipo de restauración definitiva.

Esta clasificación divide las resinas en: Resinas Compuestas Directas e Indirectas⁴⁹.

1. Resina Compuesta Directa:

Este grupo de resinas fue descrito con anterioridad, por lo que se describe la resina a utilizar en esta investigación.

Resina In:Joy (Dentsply):

Es un composite fotopolimerizable, de uso inmediato, para recubrimientos de alta calidad sobre estructuras metálicas y restauraciones no metálicas. Ofrece una reproducción del color exacta y precisa, incluso en condiciones de espacio desfavorables⁵⁰.

Sus componentes son: Triacrilato etoxilado de trimetilolpropano en un 10-25% y Óxido de difenil (2,4,6-trimetilbenzoil) fosfina en un 0-5%⁵⁰. Dentro de las indicaciones que tiene esta resina encontramos: Inlay, onlays, veeners, estructuras como coronas o puentes fijos con o sin soporte metálico, coronas telescópicas o cónicas, además de superestructuras de implantes.

En su aplicación clínica de In:Joy las diferentes capas no deben sobrepasar un espesor de 1mm, con polimerización intermedia entre éstas y una final⁵¹.

2. Resina Compuesta Indirecta:

También recibe el nombre de Incrustación de Composite. Éstas son confeccionadas con un composite para alta carga, híbrido o de micropartículas, que se polimeriza por luz, calor, presión, o la combinación de estos métodos⁴⁹. Poseen las mismas indicaciones que una restauración de Resina Compuesta Directa, logrando a diferencia de las anteriores, recubrir y reforzar cúspides, reconstruyendo dientes debilitados.

Según el grado de compromiso dentario podemos encontrar intra o extra

coronarias, donde las primeras están alojadas en su totalidad dentro del diente, mientras que las extracoronarias recubren, protegen o reconstruyen cúspides, siendo denominadas onlays ⁵².

Ahora bien, según la técnica utilizada para su construcción, las incrustaciones pueden realizarse por ⁵². a) técnica indirecta, b) por técnica directa o c) por técnica mixta:

- a) **Técnica Indirecta:** Es aquella que, una vez terminada la preparación dentaria, se continúa con la toma de impresiones, para ser llevado el troquel al laboratorio, el cual confecciona la incrustación para posteriormente ser cementada por el clínico.
- b) **Técnica Directa:** Tiene como ventaja poder terminar el caso en una sola sesión clínica. Al igual que la técnica indirecta, se debe realizar la preparación dentaria, pero sin realizar la toma de impresión posterior, esto se reemplaza por la confección de la incrustación de composite directamente en boca, cumpliendo una serie de pasos.
- c) **Técnica Mixta:** Combina las dos técnicas descritas anteriormente. La preparación es igual y la toma de impresión también, pero en lugar de vaciar la preparación con yeso, se realiza con un material elástico, como silicona, que sea diferente al que se utilizó en la toma de impresiones. Se obtiene así un modelo elástico, donde se construye la incrustación polimerizando por capas. Una vez acabada, se pule definitivamente y se endurece en horno a 120°C.

Una de las clasificaciones más actuales para las resinas compuestas indirectas es la propuesta por Mainjot A. et al.^{4,53} (2016), la cual las divide según el proceso de manufacturación:

Artesanal: Las resinas compuestas indirectas artesanales son acumulaciones de materiales compuestos hechos a manos como las resinas directas. Su composición y estructura también son idénticos a estos últimos, sin embargo, su fotopolimerización es realizada extraoralmente, evitando el efecto negativo del estrés de contracción ⁵⁴.

Industrial: Son las denominadas Resinas CAD/CAM. Este tipo de incrustación ha revolucionado el mundo de las resinas compuestas indirectas, introduciendo materiales de alto rendimiento que son industrialmente producidos y secundariamente molidos⁵³. Estos procesos industriales de producción aumentan la homogeneidad del material, disminuye la presencia de grietas y poros, y aumenta su fiabilidad, en comparación con los materiales hechos a mano⁵⁵. También, permiten el aumento del contenido en volumen de relleno, esto no es posible con los composites directos, que deben ser suficientemente plásticos para la restauración a construir. Actualmente, existen bloques

CAD/CAM libres debisfenol A-metacrilato de glicidilo (Bis-GMA) que no necesitan de la fotopolimerización, ya que polimerizan a altas temperaturas (<100°C) y a veces a alta presión (<150 MPa) después de haber sido confeccionados ^{56,57}.

Estas incrustaciones de Resina CAD/CAM pueden ser divididas en dos subclases, según su microestructura⁵³: De Relleno Disperso o de Red Cerámica Polimérica Infiltrada.

Resinas CAD/CAM de relleno disperso: El primer bloque de este tipo de resina CAD/CAM contenía un 85% en peso de materiales de carga de sílice-óxido de zirconio en un dimetacrilato de Bis-GMA y trietilenglicol (TEGDMA), su matriz era similar a la de la Resina Compuesta Z-100 (3M-ESPE) de la misma casa comercial. Luego se introdujo Lava Ultimate que contiene 79% de nanorelleno de zirconio- sílice, su matriz contiene uretano dimetacrilato (UDMA), esta molécula otorgaría mayor grado de conversión⁵⁸, baja absorción de agua y solubilidad menor a la conseguida por Bis-GMA⁵⁹.

Resinas CAD/CAM de red cerámica polimérica infiltrada (PICN): Nacen en 1997, con la idea de reemplazar el vidrio por un polímero, por tanto, este material es el resultado de la infiltración de un presinterizado de vidrio-cerámica, con un monómero, que es secundariamente polimerizado ⁵³.

Un ejemplo de resina CAD/CAM, es la VITA ENAMIC, material híbrido que combina las características positivas de los materiales cerámicos, con las de las resinas compuestas, para la tecnología CAD/CAM. La cerámica híbrida se realiza mediante la infiltración de un cuerpo de cerámica poroso con una mezcla de monómero y la posterior polimerización. El componente cerámico alcanza un 85% en peso, y 75% del volumen - cerámica de feldespato de estructura fina enriquecida con óxido de aluminio- mientras que el monomérico es de 14% en peso, y 25% en volumen (Tabla I)⁶⁰.

Dióxido de silicio	SiO ₂	58 – 63%
Óxido de aluminio	Al ₂ O ₃	20 – 23%
Óxido de sodio	Na ₂ O	9 – 11%
Óxido de potasio	K ₂ O	4 – 6%
Trióxido de boro	B ₂ O ₃	0,5 – 2%
Dióxido de circonio	ZrO ₂	< 1%
Óxido de calcio	CaO	< 1%

TABLA I. Composición VITA ENAMIC.

Las principales ventajas de este tipo de resina es tener propiedades similares a la estructura dentaria, con una gran capacidad de carga, siendo

considerado un tratamiento conservador del remanente dentario, además se obtienen resultados de gran precisión y fiabilidad de detalles ⁶⁰.

2.2 Protocolos de limpieza para las Resinas Compuestas Indirectas.

Así como existen diversos protocolos adhesivos para la cementación de RCI, que buscan una adhesión efectiva entre el diente y la restauración, también se han propuesto diferentes protocolos de limpieza o desinfección previo a la cementación, debido a que éstas son vulnerables a la contaminación de fluidos tal como saliva, sangre o plasma durante los procedimientos de ajuste intraoral ¹⁵.

Erikson S. et al. (2004) ²⁵, informaron que la contaminación con saliva reduce significativamente la fuerza de adhesión resina-resina, y a su vez Van Schalkwyk J. (2003)²⁶, reportó que, durante la prueba clínica es difícil evitar la contaminación sobre las superficies. Por lo tanto, es importante garantizar un sustrato libre de contaminación cuando la adhesión tome lugar.

Dentro de los protocolos de limpieza pre-cementación encontramos:

2.2.1 Ácido Ortofosfórico (AO): Llamado también como ácido fosfórico (Fig. 1); es un compuesto químico (H_3PO_4) que tiene aplicación odontológica como agente grabador utilizado en esmalte y dentina, el cual es acompañado por un sistema adhesivo. Usualmente se usa a una concentración del 37% y produce micro-rugosidades que favorece la adhesión de la resina por retención micro-mecánica en el caso del esmalte ⁶¹. Esto genera una mayor área de superficie de contacto, lo que mejora la interacción entre el agente de cementación y la cerámica⁶². En restauraciones estéticas este material es usado para desinfectar el área interna ^{17 31}.

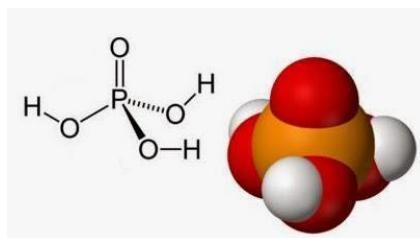


Fig. 1 Estructura Química Ácido Ortofosfórico

2.2.2 Clorhexidina (CHX): Es un compuesto químico sintético descubierto de algunas polibiguanidas, presentando la mayor actividad antibacteriana. Actualmente, se ha reportado que es capaz de inhibir la actividad proteolítica de la MMPS (Metaloproteinasas), sin embargo, la clorhexidina puede ser aplicada en tres momentos diferentes: antes del grabado ácido, incorporado dentro del ácido fosfórico, o después del grabado ácido (esta última llamada de primer terapéutico y es la usada en los estudios in vivo) ⁶³.

Soares C. et al. (2008)⁶⁴ demostraron que al utilizar clorhexidina antes, durante (incorporado en el ácido fosfórico) y después del grabado ácido en la

cementación de restauraciones indirectas de resina compuesta no genera diferencias significativas en la resistencia de unión inmediata.

2.2.3 Etanol (E): Es un líquido incoloro, volátil, este compuesto químico se obtiene principalmente, al tratar etileno con ácido sulfúrico concentrado y posterior hidrólisis. El llamado alcohol desnaturalizado consiste en etanol al que se le agregan sustancias como metanol, isopropanol o incluso, piridinas y benceno. Estos compuestos desnaturalizantes son altamente tóxicos por lo que, este tipo de etanol no debe de ingerirse. Este material se ha utilizado para desinfectar la parte interna de las restauraciones compuestas indirectas, pero la literatura muestra que al sumergirla en esta solución puede acelerarse la degradación de la resina porque tiene un parámetro de solubilidad similar al Bis-GMA, por ende, habría un ablandamiento de éste ⁶⁵. Si se utiliza solo como un limpiador superficial y no para inmersión, el etanol no influye en la fuerza adhesiva de las resinas compuestas indirectas a la estructura dental ⁶⁶.

Ultrasonido (U): Es la energía mecánica transmitida por ondas de presión en un medio material, y abarca todos los tipos de sonido: Ondas sísmicas de baja frecuencia, sonido audible y ultrasonido ⁶⁷. Tiene una frecuencia superior a la del sonido audible. Los sonidos audibles se extienden de los 20 a los 20.000Hz. Esta alta frecuencia es la que da al ultrasonido la capacidad de ser utilizado en diagnóstico (ecografías), en terapéutica y en odontología ⁶⁸. Dentro de los usos odontológicos, se destaca en periodoncia, endodoncia y en operatoria dental, para aquellas restauraciones indirectas. En esto último, ha sido utilizado como procedimiento de limpieza, previo al protocolo de cementación, en conjunto con agua destilada en donde la restauración es inmersa en un baño ultrasónico por 5 minutos ⁶⁹ y otros estudios han documentado que las muestras se han inmerso por un tiempo de 10 minutos ⁷⁰.

2.3 Tratamientos de superficie para las resinas compuestas indirectas de uso odontológico.

Un alto grado de conversión de las RCI puede obtenerse con post-curado mediante calor, luz, vacío y/o presión ^{71,72}. Por consiguiente, la baja cantidad de enlaces libres de carbono disponibles para vincularse con monómeros de la matriz orgánica del cemento de resina estimuló el uso de tratamientos de superficie para mejorar la resistencia de la unión ⁶⁶. Dentro de los tratamientos de superficie de las R.C.I encontramos:

2.3.1 Silano (S): El silano es una molécula orgánica que contiene uno o más átomos de silicio (Fig.2). El utilizado en odontología es 3-metacriloxipropiltrimetoxisilano, como un acoplador químico uniendo lo orgánico (materiales basados en resina) a lo inorgánico (ejemplo: porcelana y algunos materiales oxidados) ⁷³. Esto se logra ya que la molécula de silano es bifuncional y puede unirse a los grupos hidroxilos presentes en la superficie de sílice de las

cerámicas y también al grupo metacrilato presente en cemento de resina o adhesivo⁷⁴. Es uno de los agentes de acoplamiento para la restauración y el agente cementante, éste mejora la humectabilidad de la superficie rugosa a partir de su aplicación en el sustrato, estudios han reportado valores altos de fuerza adhesiva a la estructura dental de RCI⁷⁵. Sin embargo, en otro estudio la aplicación de silano luego del arenado o ácido ortofosfórico no influyó en los valores de fuerza adhesiva⁶⁶.

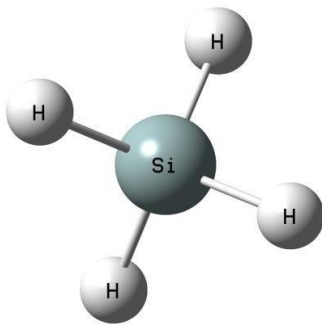


Fig. 2 Estructura Química Silano

2.3.2 Monómeros de fosfato:

2.3.2.1 Clearfill Ceramic Primer (MF)

El 10-MDP (metacriloxidecyl dihidrógeno fosfato), originalmente, fue diseñado para la adhesión a óxidos de metales⁷⁶. En 1981 se presenta a la comunidad científica la cementación adhesiva de restauraciones indirectas mediante resinas que contenían 4 META y 10-MDP (Panavia, Kuraray) dado sus altos valores adhesivos y longevidad llegó a constituir el gold standard de las cementaciones de restauraciones metálicas indirectas^{62,77}.

2.3.2.2 Monobond Plus (MN):

Es un primer universal para el acondicionamiento de todo tipo de superficies de restauración. Su composición química comprende de una solución de alcohol de metacrilato de silano, metacrilato de ácido fosfórico y sulfuro metacrilato. Permite lograr una adhesión duradera y resistente en cualquier material restaurativo dental (entre cementos resinosos y restauraciones de cerámicas de vidrio/cerámicas de óxido, metal, composite y composites reforzados con fibra)⁷⁸. En relación al método de uso del MN en restauraciones indirectas de resina, se aconseja arenar la superficie del material restaurador (dependiendo del fabricante), luego limpiar la restauración con ultrasonido durante aproximadamente 1 minuto y enjuagar minuciosamente con agua y secar con aire. A continuación, se debe aplicar una fina capa de Monobond Plus con pincel o Microbrush sobre las superficies pre-tratadas. Dejar al material reaccionar durante 60 segundos, dispersar cualquier exceso remanente con una fuerte corriente de aire. Y por último aplicar el cemento resinoso (ej. Variolink Esthetic LC) de acuerdo con las correspondientes instrucciones de uso e insertar la restauración.

2.4 Cementos de Resina:

Estos materiales actúan como agentes cementantes, fijando la restauración indirecta al diente. Dentro de su composición, la cual es semejante a la de las resinas compuestas restauradoras, poseen una matriz orgánica formada por Bis- GMA (bisfenol A glicidil metacrilato) o UEDMA (uretano dimetacrilato) y monómeros de bajo peso molecular, como el TEGDMA (tri-etilenoglicol dimetacrilato), también tienen grupos funcionales hidrofílicos para promover la adhesión a la dentina como el HEMA (hidroxietil metacrilato), el 4-META (4-metacriloxietil trimelitano anidro) y el 10-MDP (10-metacriloxidecil dihidrógeno fosfato) ⁷⁹. Poseen propiedades físicas y mecánicas comunes con el resto de la familia de las resinas compuestas, pero presentan algunas diferencias como, por ejemplo, menor viscosidad que las resinas compuestas convencionales. Este agente debe cumplir con ciertas condiciones, como biocompatibilidad, delgada línea de cementación, baja viscosidad, resistencia mecánica, adhesión al diente y a la restauración, baja solubilidad, estabilidad de color en el tiempo, fácil manipulación y radiopacidad ⁸⁰.

2.4.1 Clasificación de los cementos de resina.

I. Según su esquema adhesivo:

Encontramos, 1.- Los de grabado total: Donde se trata la superficie dental mediante un ácido grabador y luego la aplicación de un sistema adhesivo convencional (etch-and rinse resin cements), 2.- Los que utilizan un adhesivo autograbante, donde se elimina el uso del ácido (self-etch resin cements) y 3.- Los cementos que no requieren un sistema adhesivo previo ya que estos mismos pueden interactuar con la superficie dental y lograr adhesión (self-adhesive resin cements) ⁸¹.

II. Según tipo de polimerización:

Encontramos los cementos autopolimerizables (donde la polimerización es iniciada por una reacción química), cementos fotopolimerizables (para iniciar la polimerización es necesaria una fuente lumínica), cementos de polimerización dual (tienen la capacidad de polimerizar mediante un estímulo luminoso y se complementa con una reacción química), y los cementos fotoduales (que según los requerimientos pueden polimerizar de una u otra forma)⁸², lo que permite por tanto, su aplicación tanto de estructuras metálicas como cerámicas ⁸³.

En esta investigación se utilizó el Cemento Variolink Esthetic LC (Ivoclar Vivadent) razón por la cual se realizará una breve descripción de éste.

Variolink Esthetic LC:

Es un composite de polimerización dual y foto para cementación permanente de restauraciones de cerámica y composites. (Fig.3) La composición de partículas de relleno otorga una alta radiopacidad.

Su composición es:

- La matriz de monómero de Variolink Esthetic LC está compuesta por dimetacrilato de uretano y otros monómeros de metacrilato.
- Los rellenos inorgánicos son trifluoruro de iterbio y óxido mixto esferoide.
- Ingredientes adicionales: Iniciadores, estabilizadores y pigmentos.

Dentro de sus indicaciones encontramos: Cementación adhesiva permanente de restauraciones de composite, cerámica vítrea de disilicato de litio y cerámica vítrea (inlays, onlays y carillas) ⁸⁴.



Fig. 3 Sistema de Cemento de Resina Variolink Esthetic LC

2.5 Micro-cizallamiento:

Esta prueba se implementó con el fin de investigar el funcionamiento de sistemas y técnicas adhesivas ⁸⁵. Emplea la misma configuración del cizallamiento convencional, pero se trabaja con áreas reducidas de adhesión. En esta prueba, la unión es rota por una fuerza aplicada paralelamente a la interfase adhesiva. Para la realización de este ensayo, especímenes en forma de cilindro con diámetro de 1 mm son unidos a un sustrato plano por medio de un adhesivo, para entonces ser aplicada una carga a través de un haz metálico, un pedazo de alambre de acero o matriz de acero acoplada a una máquina de ensayo universal, induciendo el rompimiento de la unión a través de una tensión de micro-cizallamiento. La relación entre área de unión y respectivo valor de resistencia adhesiva también es aplicada a la prueba de micro-cizallamiento, es decir, los valores aparentes de resistencia del área de unión tienden a ser mayores que los

observados en los experimentos convencionales que emplean áreas adhesivas mayores. Por lo tanto, la reducción del área adhesiva no modifica la producción de tensiones en menor magnitud, lo que generará un menor número de fracturas cohesivas de sustrato ⁸⁶.

A pesar de todas las ventajas de la prueba de micro-cizallamiento, hay una falta de la estandarización metodológica entre los diferentes estudios ⁸⁵.

CAPÍTULO III

3.Objetivos

Objetivo General:

Evaluar el efecto de los protocolos de limpieza y tratamientos de superficie pre-cementación en la resistencia de unión al micro-cizallamiento de diferentes protocolos de cementación de resinas compuestas indirectas.

Objetivos Específicos:

- 1) Evaluar la influencia de diferentes protocolos de limpieza pre-cementación (Ultrasonido; Etanol 96°; Ácido Ortofosfórico al 37%) en la resistencia de unión al micro-cizallamiento (MPa) de diferentes protocolos de cementación adhesiva de resinas compuestas indirectas.
- 2) Evaluar el efecto del tiempo de aplicación de los protocolos de limpieza (5,15,30 segundos) en la resistencia de unión al micro-cizallamiento (MPa) de diferentes protocolos de cementación adhesiva de resinas compuestas indirectas.
- 3) Evaluar la influencia de diferentes tratamientos de superficie (Silano; Monómeros de Fosfato) en la resistencia de unión al micro-cizallamiento (MPa) de diferentes protocolos de cementación adhesiva de resinas compuestas indirectas.

CAPÍTULO IV

4. Metodología

4.1 Diseño de estudio:

Estudio Experimental *in vitro*.

4.2 Tipo de muestra:

No probabilístico, debido a que los cuerpos de prueba serán seleccionados por el operador para la aplicación de cada protocolo de forma predeterminada por una lista aleatorizada simple, la cual definirá qué tratamiento será aplicado en cada grupo, esto será ciego para el operador que traccione las muestras.

4.2.1 Selección de la muestra:

Para el cálculo de muestra se consideraron protocolos disponibles en la literatura en relación a los grupos control seleccionando el valor promedio (30 MPa) y desviación estándar (10,5) de la resistencia de unión. De esta forma se propone una magnitud de efecto (20 MPa) para los grupos experimentales, los cuales indican utilizar un total de 5 cuerpos de prueba mínimo por grupo ($n=5$), valor obtenido a través de un test de cálculo de superioridad, considerando un nivel de significancia de 5% y una potencia de 80%.

Basados en la literatura (Perdigao y cols, 2014)⁸⁷ fueron necesarios 5 cuerpos de prueba por grupo para observar una magnitud del efecto detectable entre el grupo control y los experimentales con una potencia de 80% y nivel de significancia de 5% (alfa). Los materiales utilizados presentan una alta homocedasticidad y la técnica de evaluación utilizada una alta sensibilidad.

Se utilizó las siguientes fórmulas:

$$n = f(\alpha/2, \beta) \times 2 \times \sigma^2 / (\mu_1 - \mu_2)^2$$

$$f(\alpha, \beta) = [\Phi^{-1}(\alpha) + \Phi^{-1}(\beta)]^2$$

Donde μ_1 y μ_2 son el *outcome* del control y del grupo experimental respectivamente y σ^2 es la desviación estándar (10,5), Φ^{-1} es la función de distribución acumulativa de una desviación normal estandarizada. Ajustes por cruce basados en la fórmula:

$n_{adj} = n \times 10,000 / (100 - c_1 - c_2)^2$, Donde c_1 and c_2 son los porcentajes de cruce en el control y el grupo experimental respectivamente.

Por lo anterior, es que al tener dos resinas compuestas que fueron

sometidas a tres protocolos de limpieza con tres tiempos de aplicación (en segundos), y posterior aplicación de tres tratamientos de superficie sin variación de tiempo, nos da un total de 54 grupos, con una muestra total de 270 cuerpos de prueba. Esto queda resumido en la Tabla II, la cual contiene todas las variables del estudio: tratamientos de limpieza (vertical), diferentes tiempos (horizontal) y tratamientos de superficie (horizontal).

T´(Segundos)	5			15			30		
Tto superficie	S	MF	MN	S	MF	MN	S	MF	MN
(AO)	AO	AO	AO	AO	AO	AO	AO	AO	AO
	5´S	5´MF	5´MN	15´S	15´MF	15´MN	30´S	30´MF	30´MN
(U)	U	U	U	U	U	U	U	U	U
	5´S	5´MF	5´MN	15´S	15´MF	15´MN	30´S	30´MF	30´MN
(E)	E	E	E	E	E	E	E	E	E
	5´S	5´MF	5´MN	15´S	15´MF	15´MN	30´S	30´MF	30´MN

TABLA II. AO: Ácido ortofosfórico, U: Ultrasonido, E: Etanol, S: Silano, MF: Clearfil Ceramic Primer, MN: Monobond Plus.

La totalidad de los cuerpos de prueba (270) se dividieron en dos grandes grupos, correspondientes a las dos resinas a estudiar (135 cuerpos para cada resina), estos 135 cuerpos de prueba se dividieron en tres grupos iguales, según el tiempo de aplicación del tratamiento de limpieza, dentro de éstos hay 9 subgrupos (5 cuerpos en cada uno), donde se les asignó (a través de la lista aleatorizada previamente) a qué tratamiento de limpieza y de superficie fueron sometidos.

4.3 Hipótesis de investigación:

- Los diferentes protocolos de limpieza pre-cementación (ultrasonido; etanol 96°; ácido ortofosfórico al 37%) no influyen en la resistencia de unión al micro-cizallamiento (MPa) de diferentes protocolos de cementación adhesiva de Resinas Compuestas Indirectas.
- Los diferentes tiempos de aplicación de los protocolos de limpieza (5-15-30 segundos) no afectan la resistencia de unión al micro-cizallamiento (MPa) de diferentes protocolos de cementación adhesiva de Resinas Compuestas Indirectas.
- Los diferentes tratamientos de superficie (silano; monómeros de fosfato) no influyen en la resistencia de unión al micro-cizallamiento (MPa) de diferentes protocolos de cementación adhesiva de Resinas Compuestas Indirectas.

4.4 Variables:

4.4.1 Variables Independientes:

4.4.1.1 Tipo de Resina: (Cualitativa, nominal)

- **Definición conceptual: Resinas indirectas CAD/CAM híbridas:** Material híbrido formado por una matriz cerámica sinterizada cuyos poros se han llenado con un material polimérico.
- **Definición Operacional: Resina indirecta CAD/ CAM híbrida:** Bloques de resina, VITA ENAMIC (Bad Säckingen Alemania).
- **Definición Conceptual: Resina Compuesta Directa:** Polímero formado por una matriz orgánica, una fase inorgánica y una fase de acoplamiento entre ambas.
- **Definición Operacional: Resina Compuesta Directa:** In:Joy (Dentsply).

4.4.1.2 Tipo de protocolo de limpieza pre- cementación: (cualitativa, nominal)

- **Definición Conceptual:** Modificación de la superficie de resina, mediante compuestos químico o procesos físicos, con el propósito de mejorar la unión entre ésta y el cemento de resina.
- **Definición Operacional:** Será el protocolo de limpieza pre-cementación en el cual se aplicarán los siguientes materiales en los tiempos 5, 15 y 30 segundos.
- **Acondicionamiento con ácido ortofosfórico (AO):** Aplicación de ácido ortofosfórico en gel al 37% (3M ESPE), sobre la superficie de la resina, en los tiempos 5, 15 y 30 segundos, y posterior lavado con agua por misma cantidad de tiempo.
- **Agua/Ultrasonido (U):** Aplicación de agua destilada con ultrasonido sobre la superficie de la resina en los tiempos 5, 15 y 30 segundos.
- **Etanol (E):** Aplicación de etanol a una concentración 96° por medio de un microcepillo, el cual se frotó por 5, 15 y 30 segundos.

Tipo de tratamiento de superficie: (cualitativa, nominal)

- **Definición Conceptual:** Alteración de la superficie de resina, mediante compuestos químicos, con el propósito de mejorar la adhesión entre ésta y el cemento de resina.

- **Definición Operacional:**
- **Acondicionamiento con Silano (S):** Aplicación de agente de unión, Silano (Dentsply Sirona, Salzburgo, Austria), dosificado 1:1 de activador y primer, respectivamente, sobre la superficie de resina, con un microcepillo, se deja actuar por 60 segundos, y secado por 10 segundos.
- **Acondicionamiento con monómero de fosfato (MN):** Aplicación Monobond Plus (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), sobre la superficie de resina, con un microcepillo, se deja actuar por 60 segundos, y secado por 10 segundos.
- **Acondicionamiento con Monómeros de fosfato (MF):** Aplicación de monómeros de fosfato, Clearfill Ceramic Primer (Kuraray), sobre la superficie de resina, con un microcepillo, se deja actuar por 60 segundos y secado por 10 segundos.

Tiempos de aplicación: (cuantitativa, continua).

- **Definición Conceptual:** Magnitud física fundamental, que puede ser medido utilizando un proceso periódico, entendiéndose como un proceso que se repite de manera idéntica e indefinidamente. La unidad de tiempo seleccionada es el segundo, definido como la 86.400 avas parte del día solar medio ⁸⁸.
- **Definición Operacional:** Variación del tiempo en 5, 15 y 30 segundos en cada protocolo de tratamiento de limpieza.

4.4.2 Variables Dependientes:

Resistencia de unión (cuantitativa, continua):

- **Definición conceptual:** Es la fuerza que impide la separación de dos estructuras.
- **Definición operacional:** Valores obtenidos al someter los cuerpos de estudio, a una prueba bajo carga de cizallamiento constante, cuyo resultado en Newtons y su relación con el área transversal del cuerpo de prueba, permiten la obtención de la resistencia en Mega Pascal (MPa), utilizando la fórmula que posteriormente será descrita.

4.5 Forma de recolección de datos:

Una vez obtenidos los cuerpos de prueba se aplicó como técnica la prueba de micro-cizallamiento, prueba de carga constante en máquina de ensayo universal Instron Emic 23-5S (Fig.4) a una velocidad de ensayo de 0.5 mm/min hasta el punto de fractura. La carga se mide en Newton que en relación al área de contacto determina la resistencia al cizallamiento en MPa (Fuerza (F) por Área). Para lo anterior se realizó la estandarización de los cuatro operadores mediante una prueba piloto de calibración en conformidad, aplicándose posteriormente el Índice de Lin.



Fig. 4 Máquina de ensayo universal Instron Emic 23-5s

$$F \text{ (Newton)} = \frac{\mu\text{TBS (MPa)}}{\text{Área (mm}^2\text{)}}$$

Los datos obtenidos se ingresaron al programa Microsoft Excel para hacer análisis estadístico.

4.5.1 Pertinencia de la técnica:

En cuanto a la pertinencia de la metodología, se escogió la realización de un estudio Experimental *in vitro* debido a que las pruebas *in vitro* han sido utilizadas para evaluar a los diferentes materiales dentales, con el fin de analizar sus propiedades e intentar correlacionar con su comportamiento clínico, presentando múltiples ventajas: 1. La rapidez de reunir los datos sobre un parámetro/propiedad específica, 2. La relativa facilidad de la metodología del test utilizado comúnmente. 3. La posibilidad (necesidad) de medir un parámetro específico, mientras se mantienen otras variables constantes, 4. Ser capaz de comparar directamente el desempeño de un material/técnica nueva y/o experimental con un Gold standard, 5. Ser capaz de probar simultáneamente muchos (dentro de ciertos límites) grupos experimentales, dentro de un mismo estudio, y 6. Ser capaz de utilizar instrumentos/protocolos de bajo costo. En cuanto a la técnica utilizada - micro- cizallamiento- es pertinente debido a que usa la mayor cantidad de muestras a partir de un solo cuerpo, además de ser más confiable que su homólogo (macro- cizallamiento), siendo esta metodología la que puede probar mejor la interfase de unión ⁸⁹.

4.6 Control de sesgo y limitaciones:

Una limitación del estudio es su naturaleza experimental *in vitro*, obteniéndose resultados en tiempo inmediato. Se debe considerar, además, que sólo fueron sometidos al estudio materiales dentales de marca comercial específicos, existiendo en el mercado una amplia gamma de ellos, con composición única.

El sesgo de medición podría haber surgido de un error en la recolección de datos al someterlo a prueba en la máquina Instrom Emic 23-5s. Para controlarlo, el alambre de ortodoncia se posicionó lo más cercano a la interfase cemento/RCI para ejercer la fuerza de forma correcta.

Las muestras pasaron por una aleatorización previa, en que se usó un servicio de asignación aleatoria simple (Sealed Envelope Ltd. 2016. Create a blocked randomisation list.), para que el operador que tenga el rol de traccionar no conozca a qué grupo pertenece el cuerpo de prueba.

El sesgo del instrumento se eliminó con la calibración por concordancia en conformidad de los operadores a través de un estudio piloto. Además, se tomaron varias muestras para eliminar algún resultado defectuoso.

4.7 Consideraciones generales:


Debido al manejo con muestras y protocolos de cementación, se considera adecuado aclarar que ocurrirá ante ciertas situaciones: si se pierde o se rompe una muestra, se utilizará una de repuesto, gracias a un stock de repuesto del que se dispondrá; si alguno de los investigadores tiene algún problema al estar realizando las pruebas, le cae algo a los ojos, irritación de la piel debido al ácido ortofosfórico, se apartará del laboratorio hasta que esté sin sintomatología.

4.8 Consideraciones de bioseguridad:

Se deberá ingresar al laboratorio con guantes, mascarilla, delantal y lentes de protección; debido a que uno de los problemas que se podría tener es la manipulación del ácido ortofosfórico, ya que este al contactar puede generar irritación al contactar con la piel.

4.9 Materiales utilizados en este estudio:

Todos los materiales utilizados para la preparación de las muestras se describen en la Tabla III:

Material/ N°Lote	Fabricante	Composición	Presentación
Resina In:joy V32630	Dentsply	Triacrilato etoxilado de trimetilolpropano, Óxido de difenil, Fosfina	

Resina VITA ENAMIC	VITA ZAHNFABRIK	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Na ₂ O, K ₂ O, B ₂ O ₃ , ZrO ₂ , CaO.	
Total Etch U33824	Ivoclar Vivadent.	Ácido Ortofosfórico 37%	
Etanol Desnaturalizado	Reutter S.A.	Etanol desnaturalizado 96°	
Agua destilada	Productos Continental	Agua destilada	
Silano 335100J	Dentsply	Silano , Etanol, Ácido acético.	
Monobond Plus V33449	Ivoclar Vivadent	Etanol, Ester de ácido fosfórico metacrilatado.	



<p>Clearfill Ceramic Primer 640011</p>	<p>KURARAY</p>	<p>Metacriloxidecyl dihidrógeno fosfato</p>	
<p>Variolink Esthetic LC V45198</p>	<p>Ivoclar Vivadent</p>	<p>Dimetacrilato de Uretano, Decandioldimethacrilato. Relleno: Trifluoruro de iterbio, Óxido mixto esferoide.</p>	

TABLA III. Materiales utilizados con su respectivo nombre comercial, nombre del fabricante y número de lote.

4.10 Preparación de la muestra.

El estudio se inició con la calibración por conformidad de los 4 evaluadores, aplicándose posteriormente el Índice de Lín.

Fue realizado en el Laboratorio de Cariología y Patología, de la Facultad de Odontología, donde se prepararon 135 cuerpos de RCI In:Joy y 135 cuerpos de VITA ENAMIC que fueron distribuidos en 27 grupos (n=5) según las siguientes variables: protocolos de limpieza (Ultrasonido [U]- control negativo; Ácido ortofosfórico 37% [AO], Etanol 96° [E], Tratamientos de superficie (Silano [S]; Monobond Plus [MN]; Clearfill Ceramic Primer [MF], Tiempos de aplicación (5,15,30 segundos).

Éstos fueron instalados dentro de cilindros de cloruro de polivinilo (PVC) de 14 mm de alto con un diámetro de 19,5 mm (Fig 5.A), fijados en compuesto de modelar (Fig 5.B).

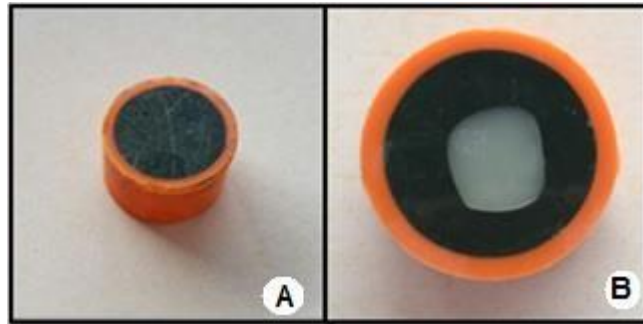


FIG. 5 Preparación de la muestra. A) PVC con compuesto de modelar. B) Cuerpo de resina ajustado en el compuesto modelar.

Posteriormente se marcó el perímetro de cada bloque de resina con lápiz grafito (Fig. 6.A), posicionándose sobre éste una cinta doble-faz (Fig. 6.B) la cual se retiró, y dentro de la marca se realizaron orificios con un perforador de goma dique en su diámetro menor (0.7mm), quedando delimitada el área adhesiva (Fig. 6.D).

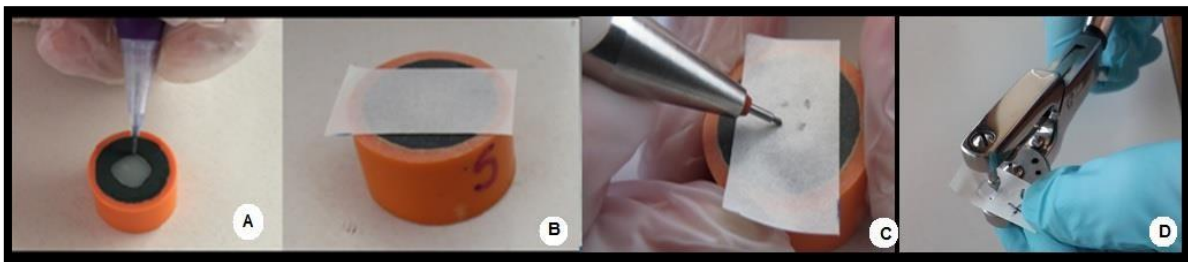


FIG.6 Proceso de ajuste de cinta adhesiva. A) Delimitación de perímetro con lápiz grafito. B) Posicionamiento de cinta adhesiva. C) Marcado de puntos de referencia para orificios. D) Perforación de puntos de referencia.

Luego las superficies fueron regularizadas con una lija al agua 600 (Fig. 7.A), usando movimientos circulares en sentido horario durante un minuto, para después ser lavados (Fig. 7.B) y secados con spray por 30 segundos (Fig. 7.C).



Fig.7 A) Lija 600. B) Lavado de superficie C) Secado con spray de la superficie.

Protocolos de limpieza:

A cada superficie se le realizó el tratamiento de limpieza según el subgrupo correspondiente de acuerdo al protocolo a seguir según la tabla IV.

Resinas			
Tiempos de aplicación (segundos)			
Protocolos de Limpieza	5´	15´	30´
AO	- Aplicar AO por 5 s. - Lavar por 5 s. - Secar por 5 s.	- Aplicar AO por 15 s. - Lavar por 15 s. - Secar por 15 s.	- Aplicar AO por 30 s. - Lavar por 30 s. - Secar por 30 s.
E	- Aplicar E por 5s - Secar por 5 s.	- Aplicar E por 15 s. - Secar por 5 s.	- Aplicar E por 30 s. - Secar por 30 s.
U	- Aplicar U por 5 s. - Secar por 5 s.	- Aplicar U por 15 s. - Secar por 15 s.	- Aplicar U por 30 s. - Secar por 30 s.

Tabla IV: Pasos de los distintos tratamientos de limpieza, según cada tiempo de aplicación en ambas resinas (In:Joy / VITA ENAMIC).

Tratamientos de superficie:

Se reposicionó la cinta doble-faz, adaptándola con un instrumento de punta roma (Fig. 8.A), posteriormente sobre cada orificio de la cinta, se aplicó el tratamiento de superficie especificado para cada subgrupo con un microcepillo (Fig 8.B), de acuerdo al tratamiento de superficie a seguir de la tabla V.

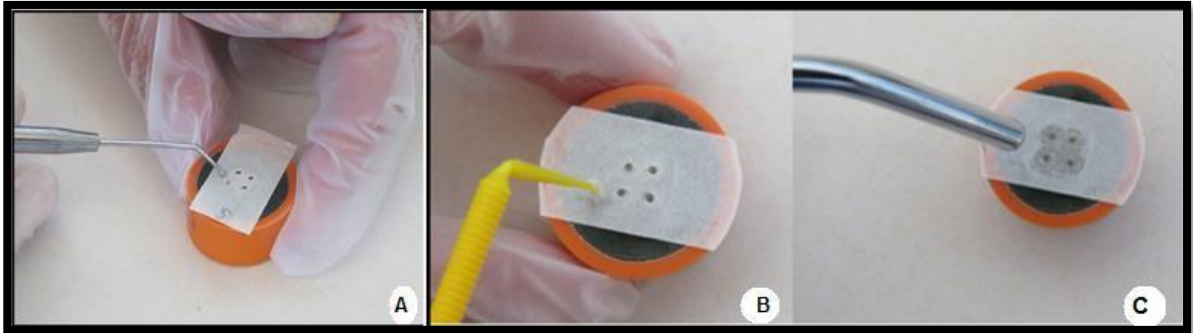


Fig. 8 Proceso de ajuste de cinta adhesiva doble-faz. A) Adaptación de la cinta. B) Aplicación de tratamiento de superficie. C) Aireado.

Resinas									
Segundos	5'			15'			30'		
Tratamientos de superficie	AO	E	U	AO	E	U	AO	E	U
S	-Aplicar por 60 s -Secar por 10 s.			-Aplicar por 60 s -Secar por 10 s.			-Aplicar por 60 s -Secar por 10 s.		
MN	-Aplicar por 30 s. -Secar por 10 s.			-Aplicar por 60 s -Secar por 10 s.			-Aplicar por 60 s -Secar por 10 s.		
MF	-Aplicar por 30 s. -Secar por 10 s.			-Aplicar por 60 s -Secar por 10 s.			-Aplicar por 60 s -Secar por 10 s.		

Tabla V: Pasos de los distintos tratamientos de superficie, según los diferentes subgrupos.

Una vez realizado el protocolo, se retiró la parte no adherente de la cinta doble-faz (Fig.9.A) Sobre cada orificio se posicionó un cilindro de goma (tygon) de (1 mm de alto x 0,7mm de Ø). La apertura de cada tygon coincidía con los orificios de la goma. El posicionamiento se realizó en una lupa binocular OLYMPUS SZ60.

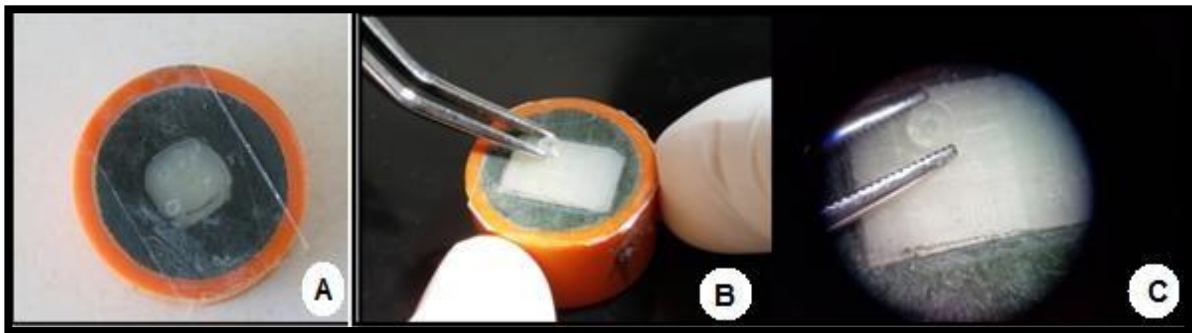


Fig. 9 Posicionamiento del tygon sobre superficie de resina. A) Visión directa. B) Acercamiento con lupa.

Finalmente, ya posicionados todos los tygon se depositó dentro de cada uno cemento de Variolink Esthetic LC (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) hasta llenarlo por completo (Fig.10.A), para después ser fotocurado con lámpara

LED por 20 segundos (Ledition, Ivoclar Vivadent). Las muestras se guardaron por 24 hrs en agua destilada a 37°C en un horno de cultivo.

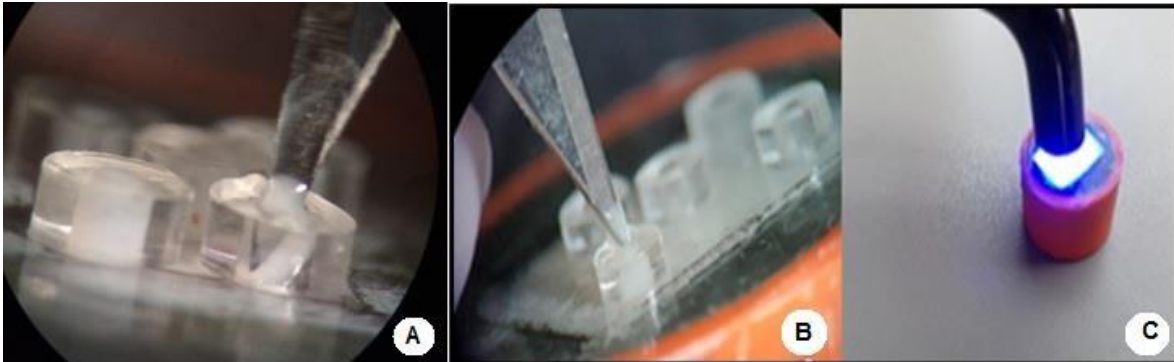


Fig. 10 Restauración de los cuerpos de muestras con Variolink Esthetic LC. A, B) Aplicación del cemento con bistrí n°11. C) Fotopolimerización por 40 segundos.

Las muestras se testearon previo retiro de tygon (Fig. 11) bajo carga de micro-cizallamiento constante en la máquina de ensayos de ensayo universal Instron Emic 23-5S a una velocidad de ensayo de 0,5 mm/min hasta el punto de fractura. Los resultados se obtuvieron Newtons (N) y su relación con el área Megapascuales (MPa) para posteriormente realizar el análisis estadístico propuesto.

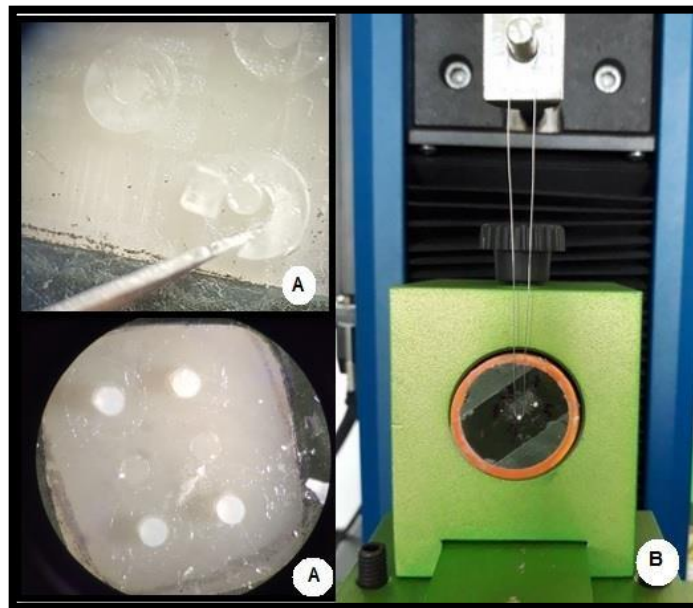


Fig.11 A) Retiro de tygon B) Prueba de micro-cizallamiento en máquina Instron Emic 23-5S.

Los resultados obtenidos en Newtons (N) fueron transformados a Megapascuales (MPa) para realizar el análisis estadístico.

4.11 Análisis Estadístico:

El análisis estadístico realizado en este estudio para resistencia de unión fue ANOVA de dos vías para comparar los diferentes protocolos de limpieza pre-cementación entre ellas, y luego se aplicará el test de Tukey's post hoc para realizar el análisis de comparación múltiple.

CAPÍTULO V

5.Resultados

5.1 Resina Compuesta Indirecta:

Para la resina compuesta indirecta (Triacrilato etoxilado de trimetilpropano y óxido de difenilfosfina- In:joy) los valores medios y las desviaciones estándar de la resistencia de unión adhesiva (MPa) para cada tiempo (5, 15 y 30 segundos), se muestran en las tablas VI, VII y VIII respectivamente.

Para el tiempo de aplicación de 5 segundos de los protocolos de limpieza, Etanol+MF mostró los mejores resultados en la resistencia de unión adhesiva (MPa). Por su parte, el ácido ortofosfórico aplicado por 5 segundos en conjunto con MF mostraron uno de los resultados más bajos ($4,04 \pm 1,7$) en resistencia de unión adhesiva (MPa).

A los 15 segundos los protocolos de Ultrasonido+MF logró el mejor resultado ($10,1 \pm 1,2$), superando los valores alcanzados en los otros tiempos.

En el tiempo de 30 segundos, el mejor resultado lo obtuvo el Etanol+Monobond Plus ($8,31 \pm 1,2$). Mientras que el peor resultado en este tiempo lo obtuvo el Ultrasonido+Monobond Plus, otorgando una baja resistencia de unión adhesiva (MPa).

El resultado más bajo en resistencia de unión adhesiva, considerando los tres tiempos de aplicación de los protocolos de limpieza y los tratamientos de superficie, lo obtuvo el protocolo del Ácido Ortofosfórico+MF a los 15 segundos ($2,32 \pm 1,6$).

El Ácido Ortofosfórico mostró un buen comportamiento al utilizarlo con Silano en los tres tiempos, no obstante, al ser empleado con MF y Monobond Plus, no logró resultados aceptables hasta después de los 30 segundos de aplicación.

El Ultrasonido a los 15 segundos mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) donde se evidenció un valor mayor en la resistencia de unión adhesiva.

Por su parte el Etanol resultó ser el protocolo de limpieza más estable y efectivo en los tres tiempos de aplicación y en conjunto a los tres tratamientos de superficie.

5 segundos			
Protocolo de limpieza	Tratamiento de superficie		
	Ácido	Ultrasonido	Etanol
MN	4,44 ± 2,2 B,a	4,49 ± 1 B,b	7,15 ± 1,9 A,ab
MF	4,04 ± 1,7 B,a	6 ± 1,5 A,b	8,78 ± 2,1 A,a
S	6,61 ± 2,4 A,a	4,24 ± 2 A,b	6,22 ± 1,3 A,b

Tabla VI: Resumen de resultados de los protocolos a los 5 segundos.

Protocolo de limpieza	Tratamiento de superficie		
	Ácido	Ultrasonido	Etanol
MN	3,27 ± 0,7 B,b	3,69 ± 1,8 B,b	7,29 ± 2,5 A,a
MF	2,32 ± 1,6 C,b	10,1 ± 1,2 A,a	7,01 ± 1,4 B,a
S	5,59 ± 0,8 A,a	5,25 ± 3 A,b	5,57 ± 1,8 A,b

Tabla VII: Resumen de resultados de los protocolos a los 15 segundos.

30 segundos			
Protocolo de limpieza	Tratamiento de superficie		
	Ácido	Ultrasonido	Etanol
MN	5,04 ± 1,1 B,b	3,83 ± 1,7 B,b	8,31 ± 1,2 A,a
MF	7,67 ± 1,7 A,a	5,03 ± 3,2 A,a	6,47 ± 1,5 A,b
S	6,91 ± 1,7 A,a	4,63 ± 1,6 A,b	5,3 ± 1,6 A,b

Tabla VIII: Resumen de resultados de los protocolos a los 30 segundos.

(*Letras mayúsculas indican igualdad o diferencias en sentido horizontal. es decir, entre factor tipo de protocolo de limpieza. Letras minúsculas indican igualdad o diferencia en sentido vertical, es decir entre factor tipo de tratamiento de superficie).

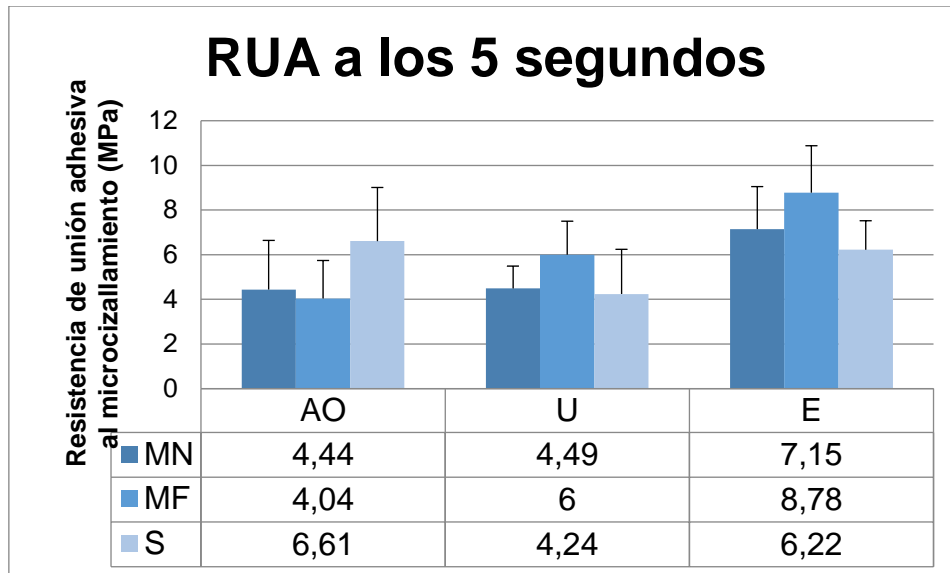


Figura 12: Resultados de los protocolos de limpieza/tratamientos de superficie sobre la resistencia de unión al micro-cizallamiento en 5 segundos.

El mejor protocolo de limpieza a los 5 segundos resultó ser Etanol+MF ($8,78 \pm 2,1$ MPa), siendo estadísticamente significativo con el protocolo de Etanol+Silano, mas no con el protocolo de Etanol+Monobond Plus.

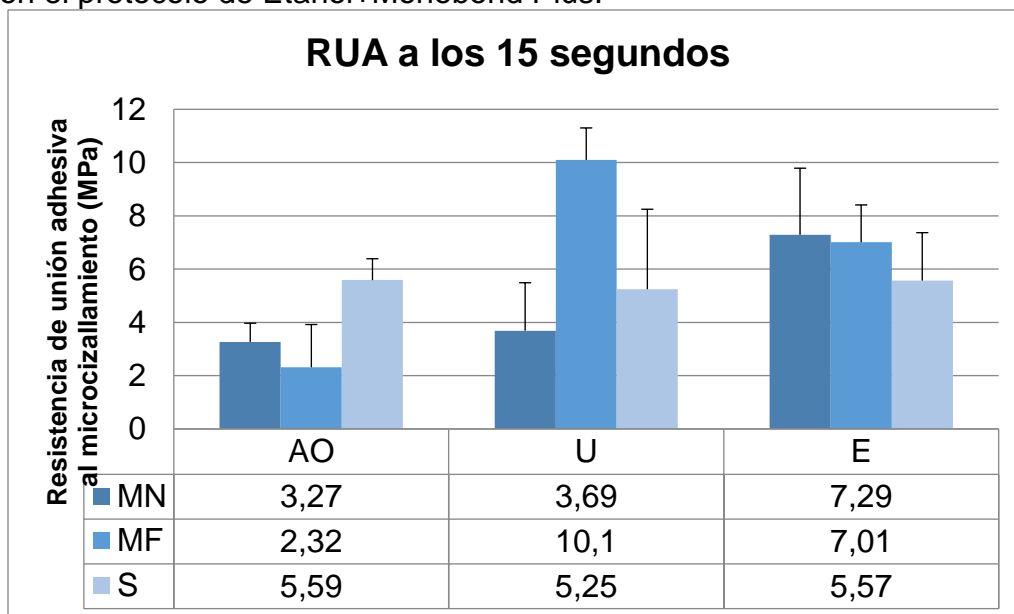


Figura 13: Resultados de los protocolos de limpieza/tratamientos de superficie sobre la resistencia de unión al micro-cizallamiento en 15 segundos.

US+MF ($10,1 \pm 2,1$) mostró el mejor resultado siendo estadísticamente significativo en relación a los tratamientos de superficie.

El peor resultado fue AO+MF ($2,32 \pm 1,6$) con una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

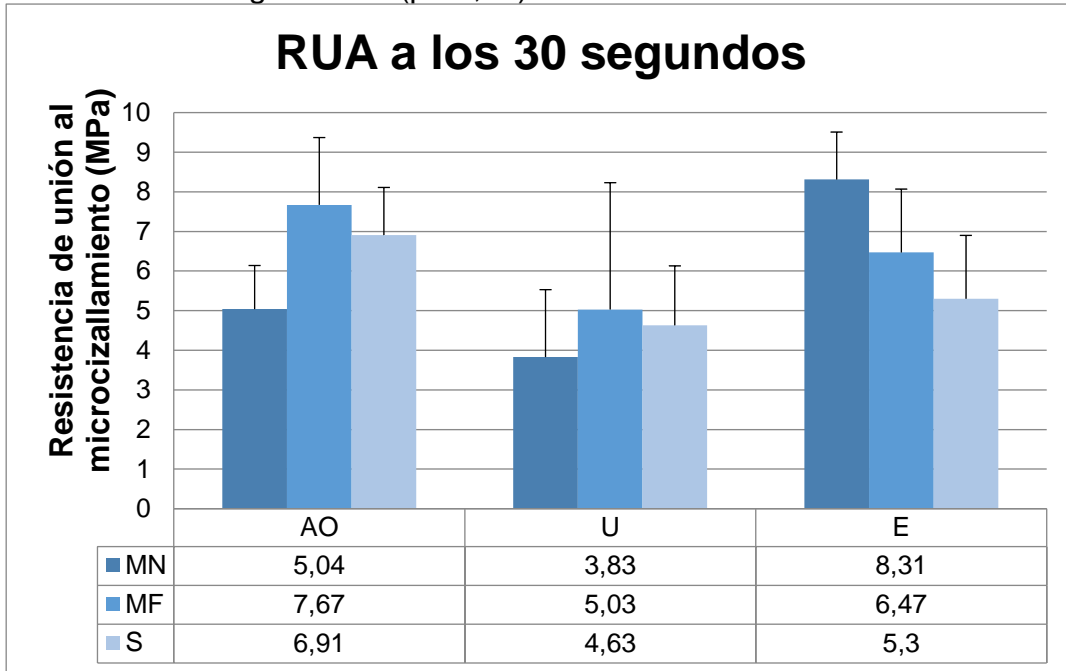


Figura 14: Resultados de los protocolos de limpieza/tratamiento de superficie sobre la resistencia de unión al micro-cizallamiento en 30 segundos.

A los 30 segundos el mejor resultado fue de E+MN ($8,31 \pm 1,2$) siendo estadísticamente significativo en todos los protocolos ($p < 0,05$).

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente gráfico:

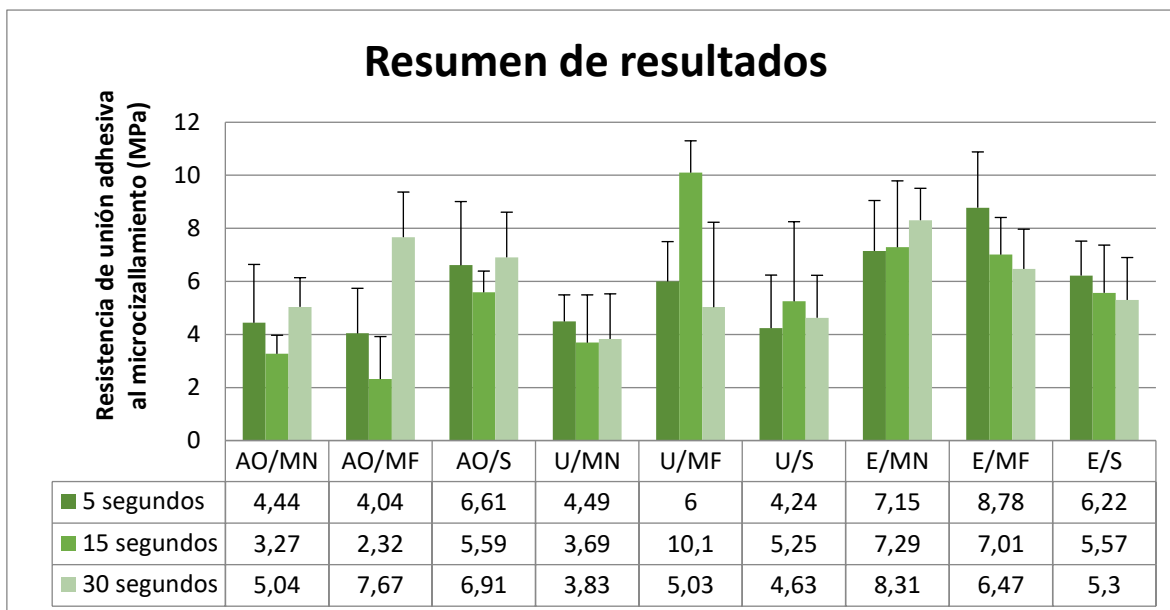


Figura 15: Resumen de resultados de los protocolos de limpieza/tratamiento de superficie sobre la resistencia de unión en resina compuesta indirecta (In:joy).

Resina Indirecta CAD/CAM (VITA ENAMIC):

Para la resina compuesta indirecta CAD/CAM (SiO₂, Al₂O₃, Na₂O, K₂O, B₂O₃, ZrO₂, CaO- VITA ENAMIC) los valores medios (MPa) y las desviaciones estándar en cada tiempo 5, 15 y 30 segundos, se muestran en las tablas IX, X y XI respectivamente.

Para el tiempo de aplicación de 5 segundos de los protocolos de limpieza, el mejor resultado lo obtuvo el Ácido Ortofosfórico más MF (12,3 ± 1,6); mientras que el peor resultado en este tiempo fue del protocolo de Ácido Ortofosfórico en conjunto con Silano (5,89 ± 1,2).

El protocolo de Etanol con MF mostró los mejores resultados en los tiempos de 15 (10,9 ± 1,2) y 30 segundos (11,8 ± 3).

A los 15 segundos de aplicación del protocolo de limpieza, Ultrasonido con Silano (7,64 ± 1,6) mostraron los resultados más bajos de resistencia de unión adhesiva.

El protocolo de limpieza que resultó con el peor valor a los 30 segundos de aplicación fue el Etanol, en conjunto con Silano como tratamiento de superficie (6,29 ± 1).

5 segundos			
Protocolo de limpieza	Tratamiento de superficie		
	Ácido	Ultrasonido	Etanol
MN	11,4 ± 2,5 A,a	10,7 ± 1,4 A,a	9,98 ± 1,7 A,a
MF	12,3 ± 1,6 A,a	10,8 ± 1,2 AB,a	8,49 ± 1,7 B,a
S	5,89 ± 1,2 B,b	9,02 ± 0,2 A,a	6,64 ± 1 B,a

Tabla IX: Resumen de resultados de los protocolos a los 5 segundos.

15 segundos			
Protocolo de limpieza	Tratamiento de superficie		
	Ácido	Ultrasonido	Etanol
MN	9,37 ± 2,9 A,a	10,3 ± 2,3 A,a	9,93 ± 2,2 A,a
MF	9,81 ± 0,5 A,a	8,85 ± 1,5 A,a	10,9 ± 1,2 A,a
S	7,93 ± 1,4 A,b	7,64 ± 1,6 A,a	8,32 ± 1,1 A,b

Tabla X: Resumen de resultados de los protocolos a los 15 segundos.

30 segundos			
Protocolo de limpieza	Tratamiento de superficie		
	Ácido	Ultrasonido	Etanol
MN	11,2 ± 2,8 A,a	8,55 ± 1,7 A,a	8,71 ± 2,2 A,a
MF	9,74 ± 1,1 A,a	10,9 ± 2,6 A,a	11,8 ± 3 A,a
S	6,47 ± 1,2 B,b	8,27 ± 1 A,a	6,29 ± 1 B,b

Tabla XI: Resumen de resultados de los protocolos a los 30 segundos.

(*Letras mayúsculas indican igualdad o diferencias en sentido horizontal, es decir, entre factor tipo de protocolo de limpieza. Letras minúsculas indican igualdad o diferencia en sentido vertical, es decir entre factor tipo de tratamiento de superficie).

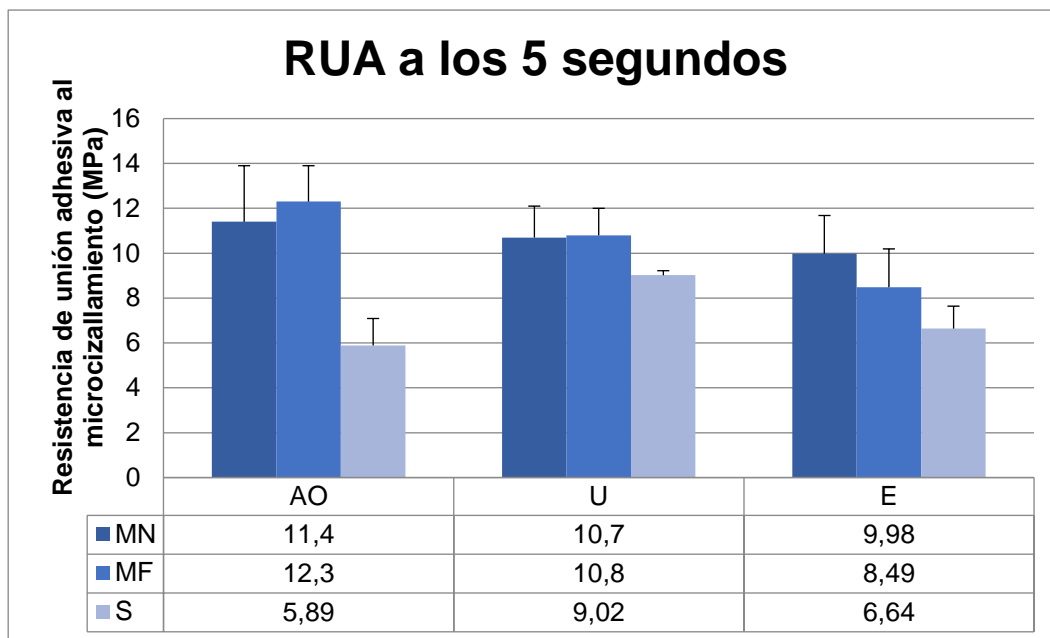


Figura 16: Resultados de los protocolos de limpieza/ tratamientos de superficie sobre la resistencia de unión al micro-cizallamiento en 5 segundos.

El mejor resultado se obtuvo de la combinación de AO con el MF ($12,3 \pm 1,6$). Monobond Plus y MF, obtuvieron un comportamiento estable y efectivo en los tres tratamientos de limpieza, observándose mayores valores de resistencia de unión cuando fueron utilizados en conjunto con AO.

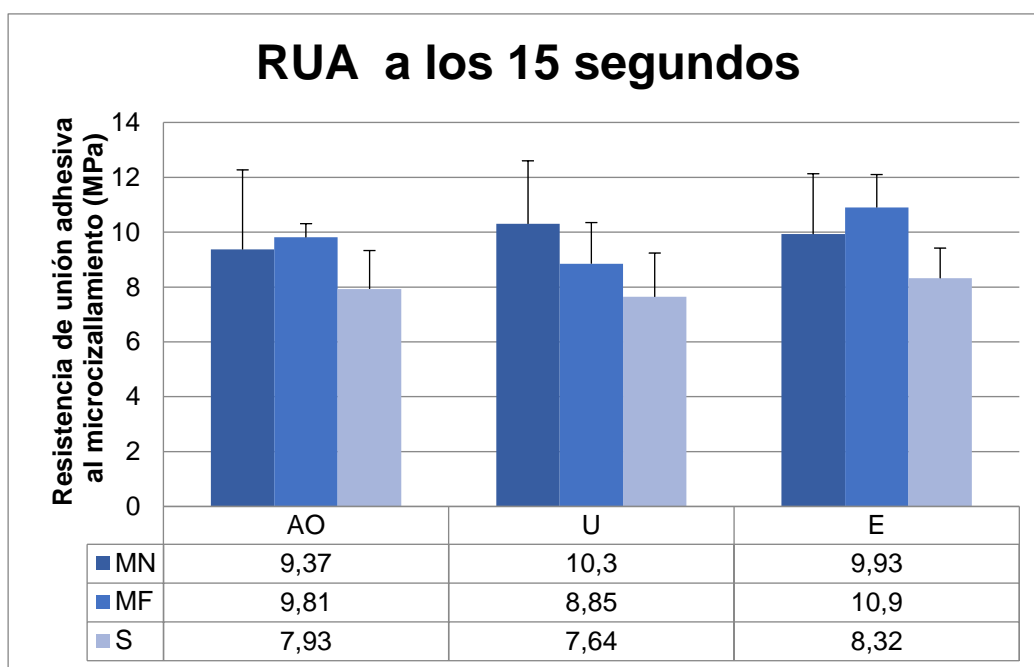


Figura 17: Resultados de los protocolos de limpieza/tratamientos de superficie sobre la resistencia de unión al micro-cizallamiento en 15 segundos.

El mejor resultado se obtuvo en Etanol-MF ($10,9 \pm 1,2$), sin embargo, este resultado no fue estadísticamente significativo.

El silano tuvo un comportamiento similar en los tres tipos de protocolos de limpieza, dando valores de RUA de 7,6 a 8,3 (MPa).

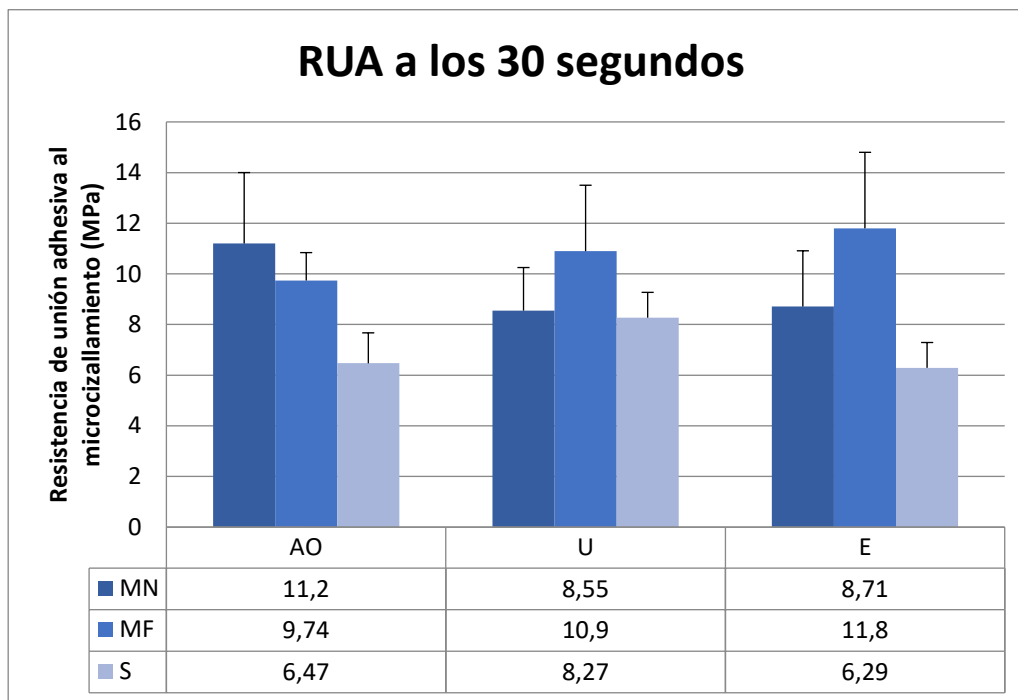


Figura 18: Resultados de los protocolos de limpieza/tratamientos de superficie sobre la resistencia de unión al micro-cizallamiento en 30 segundos.

El mejor protocolo a los 30 segundos fue Etanol- MF ($11,8 \pm 3$), no obstante, no mostró diferencias estadísticamente significativas al compararlo con AO-MF o U-MF.

El resumen de los resultados obtenidos se expresan en el siguiente gráfico:

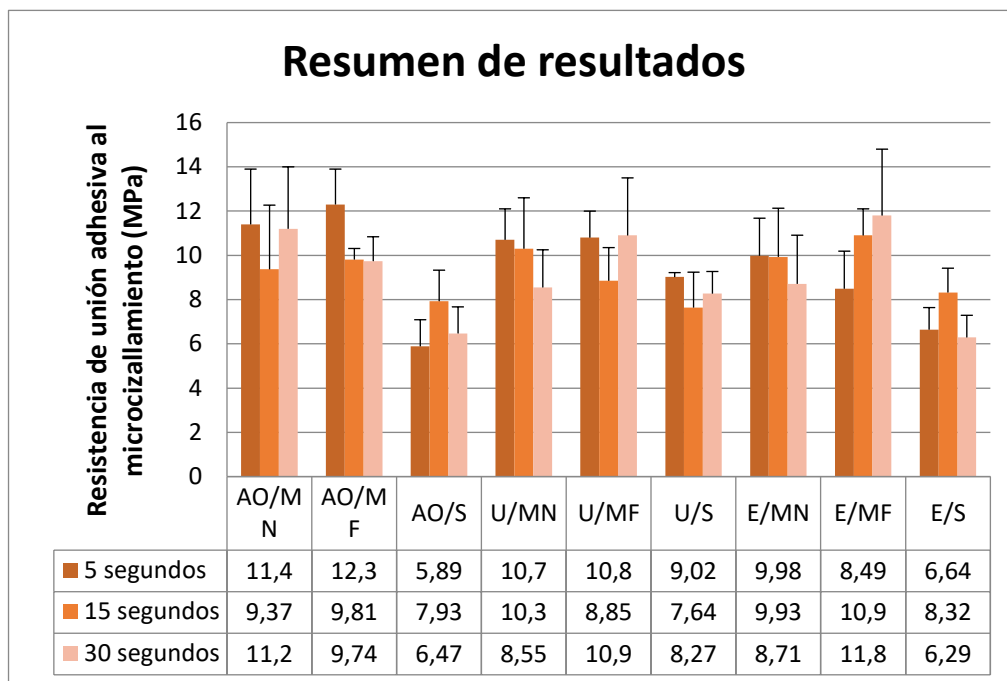


Figura 19: Resumen de resultados de los protocolos de limpieza/tratamientos de superficie sobre la resistencia de unión en resina CAD/CAM (VITA ENAMIC).

CAPÍTULO VI

6. Discusión

Uno de los principales hallazgos tras esta investigación es que los tratamientos de limpieza pre-cementación (Ácido Ortofosfórico [AO]; Ultrasonido [U]; Etanol [E]) influyen sobre la resistencia de unión adhesiva para los diferentes protocolos de cementación de resinas compuestas indirectas, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula planteada. Lo anterior es explicado en base a los resultados obtenidos ya que se ha verificado una variación en los valores de resistencia de unión adhesiva, debido a las diferencias en los protocolos que permiten la eliminación de residuos^{69 90 91}, pudiendo generar un aumento en la rugosidad de la superficie, factor importante^{14 82} ya que promueve el entrelazado mecánico^{17 65}, eliminación de la capa superficial inhibida por oxígeno e incremento en la exposición de las partículas de relleno⁹². En cuanto a los tiempos de aplicación de los protocolos de limpieza pre-cementación, éstos sí afectaron la resistencia de unión adhesiva, por lo que la hipótesis planteada en relación a los tiempos de aplicación es rechazada. Sin embargo, algunos autores discrepan en esto, Aida M. (1995)²⁷ y Harorlo O. (2016)¹ señalan que no existen diferencias significativas en la resistencia de unión adhesiva al realizar o no la limpieza de la superficie de la restauración de resina compuesta indirecta, esto se podría explicar debido a que los tiempos empleados fueron demasiado reducidos en comparación a los utilizados en este estudio.

Cuando fue evaluada la resina compuesta indirecta (Triacrilato etoxilado de trimetilpropano y óxido de difenilfosfina- In:joy) la diferencia fue estadísticamente significativa ($p < 0.05$), observándose que el protocolo de limpieza AO tiene mejores resultados desde los 30 segundos; U se comportó de manera estable sin importar los tiempos de aplicación mostrando diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$), y E a los 30 segundos resultó mostrar un aumento significativo con respecto a la RUA.

En este estudio se utilizó como control de los protocolos de limpieza pre-cementación U por 15 segundos, el cual obtuvo el mejor resultado acompañado de la aplicación de Monómeros funcionales de fosfato (Clearfill Ceramic Primer [MF]). Esto debido a que diversos autores lo han propuesto como método de limpieza universal¹⁵. Belli. R. (2010)⁶⁹ aplicó el U como tratamiento de limpieza (donde deja las muestras en un baño ultrasónico por 5 minutos), éste fue capaz de producir superficies completamente libres de residuos. Esto explicaría por qué los grupos de U mostraron valores estables para todos los protocolos aplicados.

Otros protocolos propuestos se basan en la utilización de soluciones orgánicas⁹³ como el AO en diversas concentraciones y tiempos de aplicación⁹⁴. En el presente estudio el AO mostró mejoras en la RUA a partir de los 30 segundos con todos los tratamientos de superficie. Moncada G. (2014)⁹⁵

concuera con este resultado, y postula que el utilizar AO al 37% por menos de 30 segundos no muestra mejoras estadísticamente significativas en la RUA al micro-cizallamiento. Así mismo Harorli O. (2016)¹ asevera que, en muestras de resina compuesta indirectas, al ser limpiadas con AO al 37% durante 20 segundos no aumenta la unión cemento/restauración. Por otro lado, Dos Santos V. (2014)⁹⁶, postula que las superficies grabadas con AO pueden presentar acidez residual, lo que podría perjudicar tanto el tamponamiento del pH como la polimerización del cemento, cuando éste es aplicado por 15 segundos, ya que en este estudio la resistencia de unión adhesiva no fue significativa en comparación al control, pero esto puede ser debido al tiempo de aplicación.

En cuanto a la aplicación de E resultó ser el tratamiento de limpieza pre-cementación más efectivo para todos los tiempos de aplicación y con los distintos *primers* utilizados. Poskus L. (2015)⁶⁶ estudió diferentes tratamientos de superficie en resinas compuestas indirectas, y concluyó que al aplicar E a 96° por 5 minutos, en conjunto con silano después del arenado, se alcanzan valores de RUA más altos que el control negativo (sin tratamiento de superficie), debido a que moléculas de etanol podrían quedar atrapadas en las irregularidades de la superficie arenada, facilitando la interacción con el *primer* de silano que tiene etanol como disolvente, hecho que aumentaría la humectación de la superficie y con esto la RUA; pero al aplicar E por sí solo los resultados no fueron concluyentes. A diferencia de este estudio, Poskus L (2015). aplicó arenado previamente, generando irregularidades en la superficie lo cual genera un efecto adicional sobre la RUA; con esto surge la interrogante sobre qué sucedería si se aplica arenado y cómo se vería afectada la RUA utilizando las mismas variables del presente estudio.

Al analizar los diferentes protocolos de tratamiento de superficie (Silano [S]; Monómeros de fosfato: Monobond Plus [MN]; Clearfill Ceramic Primer [MF]), éstos sí afectaron la resistencia de unión al micro-cizallamiento (MPa), rechazando la hipótesis nula. Uno de los monómeros funcionales probados en este estudio, fue el 10-MDP (10-metacriloiloxi-decilo-dihidrógenofosfato) en solución (MF), el cual mostró ser una buena opción de *primer* al ser aplicado después de U o E sin importar el tiempo de aplicación. En cuanto a su comportamiento con AO, este logró resultados aceptables a partir de los 30 segundos, lo cual coincide con el estudio de Kawaguchi A. (2016)¹⁵, en donde manifiesta que en general, el 10-MDP como *primer* ha demostrado un buen comportamiento tanto en el laboratorio como en investigaciones clínicas; hecho que da pie para una nueva hipótesis de investigación en cuanto al tiempo de aplicación del AO sobre los 30 segundos para ver si efectivamente existe una mejora en la RUA.

Otro *primer* con monómero funcional empleado fue el MN, el cual es un monómero orgánico fosfatado que contiene grupos funcionales polimerizables a base de metacrilato que co-polimerizan con la matriz de diversas resinas y adhesivos Yoshiharaa K (2015)⁹⁷. Específicamente contiene metacrilato de

silano, metacrilato de fósforo (10-MDP) y metacrilato de sulfuro⁹⁸; la mayor ventaja de estos monómeros funcionales es el aumento de las fuerzas de enlace y la mejora de las propiedades físicas y químicas de los sistemas adhesivos^{99 100}, esto se ve reflejado en los valores de RUA alcanzados en el tratamiento de limpieza pre-cementación con E, independiente del tiempo de aplicación (5, 15, o 30 segundos), esto podría ser explicado ya que dentro de su composición química el etanol se encuentra como disolvente¹⁰¹, y participa en la reacción química que origina los monómeros funcionales^{97 102}, Además de su alta volatilidad¹⁰³ por lo que no interferiría en el proceso de adhesión. Sin embargo, algunos autores como Cheng L.(2013)¹⁰⁴ y Yoshiharaa K.(2016)⁹⁷ demostraron que ante mediciones del ángulo de contacto con el agua y prueba de resistencia de unión adhesiva, el silano podría ser incompatible con los monómeros de metacrilato cuando se mezclan en una misma solución, explicando así el comportamiento más bajo que obtuvo MN, en comparación a la utilización de S con tratamientos de limpieza pre-cementación tanto con AO como con U. Matinlinna J.(2007)¹⁰⁵ y Taira Y. (2012)¹⁰⁶, señalan que la vida útil del silano en solución puede verse limitada al encontrarse hidrolizado con ácido o agua dentro una misma botella o monofrasco, lo cual podría ser la razón por la cual el silano en multifrascos tendría un mejor comportamiento.

Finalmente, S no mostró mejoras estadísticamente significativas en la RUA aplicado posteriormente a los protocolos de limpieza pre-cementación en los distintos tiempos. Según Matinlinna J. (2017)¹⁰⁷, esto podría deberse al tipo de resina compuesta utilizada, la diferente reactividad de los agentes de acoplamiento de silano, las condiciones y el tiempo de almacenamiento de las muestras y tipo de ensayo utilizado. Este autor plantea que aunque a las resinas compuestas se les haya agregado partículas de relleno silanizadas en la matriz de éstas, si bien se mejoran las propiedades físicas y mecánicas de las resinas compuestas, en términos de resistencia mecánica y estabilidad hidrolítica, no se habla de una mejora en la resistencia de unión adhesiva.

Cuando es evaluada la resina CAD/CAM, (SiO₂, Al₂O₃, Na₂O, K₂O, B₂O₃, ZrO₂, CaO- VITA ENAMIC), el U como protocolo de limpieza pre-cementación se comportó de manera estable en todos los tiempos y para todos los tratamientos de superficie, sin diferencias significativas entre los grupos, lo que demuestra su comportamiento como protocolo de limpieza pre-cementación convencional. La literatura cita como desventaja que realizar la limpieza con ultrasonido podría ser la absorción de agua en la superficie del bloque de resina, a pesar de que éste se secó al aire inmediatamente el componente de agua podría no eliminarse por completo en este corto tiempo y su presencia residual podría afectar la polimerización del cemento de resina hidrófobo, debilitando la unión entre cemento y resina CAD/CAM¹⁵. Sin embargo, el tipo de resina CAD/CAM utilizado, posee menor contenido de matriz polimérica en comparación al contenido cerámico, lo que disminuiría su capacidad de sorción acuosa.

AO tuvo valores altos a los 5 y 30 segundos seguido de un tratamiento de superficie con MN. Así mismo en el estudio de Pattanaik S. (2011)¹⁰⁸ el AO no produjo una buena superficie retentiva y no se encontraron diferencias significativas entre las muestras del grupo control (no realizar ningún tratamiento sobre la restauración previo a la cementación) y las muestras tratadas con ácido fosfórico al 37%, por los tiempos 20, 60 y 120 segundos. Por su parte Stawarczyk. B (2015)¹⁰⁹ informó de que la limpieza con ácido fosfórico al 34% por 30 segundos no ha demostrado que afecte la fuerza de unión adhesiva, mostrando resultados inconsistentes. Kawaguchi A. (2016)¹⁵ al comparar tres tipos de protocolos de limpieza pre-cementación U (120 segundos), AO (40% por 20 segundos), U+AO, éstos no tuvieron resultados significativos al control negativo, pero luego del arenado estos valores si mostraron diferencias.

E se comportó de forma estable en todos los tiempos, observándose una mejora en la RUA en los tiempos 15 y 30 segundos. Okada M. (2017)¹¹⁰ evaluó la resistencia de unión adhesiva entre los cementos de resina y cerámica de zirconia después de la aplicación de tratamientos de superficie con silano, donde se utilizó el Etanol 95° por 10 segundos como protocolo de limpieza, resultando en un aumento de RUA, similar a lo reportado en este estudio.

El S se vio afectado por los protocolos de limpieza pre-cementación con AO y E en los tiempos de 5 y 30 segundos, entregando valores más bajos que el control (U), debido a la interacción química producida por los protocolos de limpieza sobre la superficie de la resina híbrida con los tratamientos de superficie aplicados en etapa previa. Según Matinlinna JP. (2017)¹⁰⁷, la aplicación de un agente de acoplamiento de silano sobre la superficie grabada promueve un mecanismo de adhesión bifuncional, creando una interacción química entre el sílice de la fase vítrea de la resina CAD/CAM y los grupos de metacrilato del cemento de resina a través de enlaces de siloxano; y es en esta interacción química que están interfiriendo los tratamientos de limpieza (AO y E) no permitiendo una buena resistencia de unión adhesiva, hecho que se expresa en los resultados.

En el caso del AO los resultados bajos se pueden explicar por los residuos que podrían quedar en la superficie de la resina posterior al lavado y secado los cuales estarían interfiriendo en la formación de los enlaces de siloxano. Por su parte el etanol, al ser un disolvente del silano podría generar mayor formación de silano no funcional, lo cual según Matinlinna J. (2017)¹⁰⁷, no posee grupos reactivos para la reacción con los monómeros orgánicos del cemento de resina, disminuyendo así la cantidad de enlaces siloxanos y como consecuencia la disminución de la RUA entre el cemento y la restauración.

En cuanto a los tratamientos de superficie en odontología adhesiva, se desea una imprimación de silano con alta actividad para la unión adhesiva, que sea de fácil manejo con una sola botella y una vida útil prolongada¹⁰⁶ Monobond Plus nace como un protocolo simplificado, según Matinlinna JP. (2007)¹⁰⁵ una

vez que el silano se hidroliza con ácido o agua, esto podría limitar su vida útil, y por tanto llevar a una disminución de sus propiedades adhesivas. Nueve silanos fueron evaluados puros y en combinación con monómeros funcionales por Taira Y. et al.(2011)¹⁰⁶ quienes midieron la fuerza de unión al micro-cizallamiento sobre la interfase de cemento de resina y cerámica reforzada con leucita, mostrando para MN resultados significativamente más bajos que otros *primers*. Así también fue lo hallado por Cárdenas A. et al. (2017)¹⁰¹ quienes evaluaron el efecto de un silano y un adhesivo que contiene 10-MDP, utilizado solo o combinado en la misma solución, en la resistencia de la unión al micro-cizallamiento a la cerámica de disilicato de litio inmediatamente y después de 1 año de almacenamiento en agua, con resultados que demostraron que el uso de una solución de silano que incluye un monómero funcional (10-MDP), no aumentó la media de RUA. Por el contrario, en tiempos mediatos en este estudio esto no fue encontrado, pudiendo deberse a la aplicación de protocolos de limpieza pre-cementación que favorecieron la resistencia de unión adhesiva cemento de resina a material restaurador CAD/CAM.

En su estudio Yang et al. (2007)⁹⁴ evaluaron el efecto de la contaminación y métodos de limpieza en la resistencia de unión al micro-cizallamiento sobre la interfase cemento de resina/cerámica después de 3 o 150 días de almacenamiento de agua con 37,500 ciclos de térmicos, donde fue demostrado que el ácido ortofosfórico al 36% fue tan eficaz para eliminar la contaminación con saliva como el arenado o la microabrasión. Lo anterior fue también hallado en este estudio, donde los valores de resistencia de unión adhesiva se mantuvieron estables independiente de los protocolos de limpieza pre-cementación y sus tiempos de aplicación.

Se cree que estos monómeros funcionales ácidos, poseen la capacidad química de adsorción sobre superficies de óxido metálico, dando como resultado fuerzas secundarias tales como fuerzas de van der Waals o enlaces de hidrógeno en la interfaz resina-cerámica¹¹¹. Estos monómeros se disponen en una sola capa con el grupo hidrófobo metacriloxi en la superficie, lo que da como resultado una mejora en la humectabilidad de la superficie de las cerámicas frente a los cementos de resina¹².

Finalmente, de manera general es posible observar que los protocolos de limpieza pre-cementación influyen significativamente en la RUA independiente del tipo de tratamiento de superficie aplicado. Sin embargo, es importante destacar que se debe hacer distinción entre los protocolos de limpieza químicos (AO y E) de aquellos protocolos de limpieza físicos (U). Bahr N. (2013)¹¹³, declara que la retención micromecánica por sí sola, no es adecuada para obtener una unión suficiente entre dos materiales. Mientras que Rodrigues A. (2013)¹¹⁴ postula que si bien los agentes de limpieza química eliminan los restos de residuos que quedan en la superficie, y mejoran la interacción con el agente de acoplamiento de silano; estos productos químicos disuelven la fase polimérica en la superficie; es decir, existe una interferencia en la formación de

los enlaces entre la superficie de la restauración y el cemento de resina hecho que afecta de forma directa en la RUA.

En cuanto a la cerámica infiltrada con resina, la literatura propone que se debe aplicar ácido fluorhídrico ya que da como resultado la disolución de las fases vítreas de la cerámica, lo que aumenta la rugosidad y el área superficial para la unión adhesiva^{7 81 115 116 117 118 119}, es decir, genera una reacción mecánica sobre la superficie. Posteriormente se deben aplicar los tratamientos de superficie, donde el protocolo de unión tradicional para cerámica de matriz de vidrio requiere un agente de acoplamiento de silano para proporcionar uniones químicas¹²⁰. Es importante destacar que la resina indirecta CAD/CAM utilizada en este estudio tiene dentro de su composición Óxidos de zirconio (<1%)⁶⁰, lo que le da características similares a la superficie del metal, haciéndola compatible con los monómeros funcionales de 10-MDP, originalmente diseñados para la adhesión a óxidos de metales, por lo que se une químicamente a los grupos hidroxilos de la superficie de Zirconio⁷⁶

Con respecto a los agentes de limpieza, el E y el AO al utilizarlos con el silano generan valores más bajos de RUA volviendo a resaltar la reacción química producida por estos agentes de limpieza sobre la superficie de la restauración y los tratamientos de superficie pre-cementación, siendo necesario observar los enlaces químicos que se producen en la superficie, de manera que sea posible comprender en profundidad los resultados, y la interacción entre estos materiales y/o soluciones. Esto difiere en la aplicación del ultrasonido, ya que en este caso hay sólo una limpieza de tipo física sin generar alteración en las reacciones adhesivas de los componentes involucrados, sin embargo, éste logra su efecto en un mayor tiempo de aplicación, necesitando además de un dispositivo adicional para su uso.

El no replicar de forma exacta las condiciones intraorales se considera una de las limitaciones de este estudio *in vitro*. Además, la selección y aplicación del tipo de test más factible para probar la resistencia de unión, es un parámetro importante a considerar en este tipo de estudio, ya que puede existir influencia sobre los resultados¹²¹. Se ha descrito en la literatura problemas con la validez de las mediciones en los test de tracción, como fallas cohesivas, esto se explica debido a que la fuerza aplicada no es uniforme y se concentra en el sustrato más que en la propia interfaz¹²¹. Otro factor importante a considerar es el tamaño de la muestra, ya que si es de una menor dimensión se obtiene una distribución homogénea en el área a ser evaluada⁸⁵. Por esta razón, en este estudio se utilizó el test de micro-cizallamiento. Si bien, se podría haber optado por la micro-tracción, esta tendría la desventaja de necesitar el corte de las muestras para poder aplicar el test, lo que genera defectos estructurales en ellas¹²¹.

Se sugieren estudios *in vitro* a largo plazo que evalúen la resistencia de unión adhesiva de los protocolos utilizados en este estudio, que sean

almacenados en un medio de envejecimiento acelerado como agua destilada o saliva artificial, en conjunto con la aplicación de temperatura; con el objetivo de replicar las condiciones intraorales. Es necesario posteriormente realizar estudios clínicos sobre la aplicación de estos protocolos.

CAPÍTULO VII

7. Conclusiones

Los protocolos de limpieza pre-cementación, influyeron en la resistencia de unión adhesiva en los distintos tiempos de aplicación. En búsqueda de lograr la limpieza de las restauraciones se aplicaron productos químicos, y esa química aplicada en tiempos diferentes genera mayor interacción, afectando directamente la resistencia de unión adhesiva.

Los monómeros funcionales ácidos de fosfatos favorecieron la resistencia de unión adhesiva en los sustratos, excepto ante el protocolo con ácido ortofosfórico en cualquiera de sus tiempos de aplicación.

Por su parte, el 10-MDP es siempre buena opción de *primer* cuando es aplicado después de ultrasonido o etanol sin importar el tiempo, o en el caso del ácido ortofosfórico aplicado por más de 30 segundos.

El etanol como protocolo de limpieza pre-cementación se comporta de forma estable en ambos materiales de resina compuesta indirecta utilizados en este estudio, en comparación con los otros protocolos de limpieza aplicados. Además, tiene un buen comportamiento a un bajo tiempo de aplicación, hecho que va en directa relación con uno de los principales objetivos de la Odontología Restauradora Adhesiva, que es la disminución de los tiempos clínicos.

CAPÍTULO VIII

8. Resumen

Título: EFECTO DE LOS PROTOCOLOS DE LIMPIEZA Y TRATAMIENTOS DE SUPERFICIE PRE-CEMENTACIÓN SOBRE LA RESISTENCIA DE UNIÓN DE DIFERENTES RESINAS COMPUESTAS INDIRECTAS.

Background: Los protocolos de limpieza/superficie pre-cementación son importantes en la cementación. Se han establecido protocolos para mejorar resistencia de unión adhesiva (RUA), sin embargo, los protocolos de limpieza (PL) son poco claros, y no son considerados influyentes en RUA.

Objetivo: Evaluar los efectos de los protocolos de de limpieza/superficie pre-cementación bajo diferentes tiempos de aplicación, en la RUA (MPa) de resinas compuestas indirectas.

Metodología: 270 cuerpos, divididos en 2 grupos, una resina CAD/CAM y otra Resina Compuesta Indirecta (RCI); distribuidos en 27 subgrupos (n=5) según las siguientes variables: PL (Ultrasonido [U]- control negativo; Ácido ortofosfórico 37% [AO], Etanol 96° [E]), Tratamientos de superficie (PS) (Silano [S]; Monobond Plus [MN]; Monómero-de-fosfato Clearfill Ceramic Primer [MF]); Tiempos de aplicación: 5-15-30 segundos. Se delimitó el área adhesiva con cinta doble-faz. Cinco cilindros (1 mm de alto x 0,7 de Ø) de cemento (Variolink Esthetic LC) por muestra realizados sobre superficies tratadas y fotopolimerizados (40s). Luego de 24hrs/37°C+agua destilada fueron sometidos a prueba de RUA (0,5 mm/min) hasta su fractura en máquina de ensayo universal. Datos analizados con test ANOVA/Tukey ($\alpha=0,05$).

Resultados: RCI: el mejor protocolo fue U+MF por 15s ($10,1 \pm 1,2$) ($P<0.005$). Resina CAD/CAM la mayor RUA fue AO+MF por 5s ($12,3 \pm 1,6$) ($p<0,05$); a 15 y 30s fue E+MF.

Discusión: Los PL afectaron la RUA para todos los PS. AO a 30s logra efectividad similar con MN. S fue afectado por limpiezas químicas (AO/E, a 5/30s)

Conclusiones: E se comportó estable en ambas resinas, independiente del tiempo. MF es buena opción aplicado después de U/E o AO por más de 30 s.

CAPÍTULO IX

9. Referencias Bibliográficas

1. Harorli OT, Barutcuğil C, Kirmali D, Kapdan A. "Shear bond strength of a self-etched resin cement to an indirect composite: Effect of different surface treatments" Nigerian Journal of Clinical Practice;2016; May-Jun; Vol 18; Issue 3
2. Vargas MA, Bergeron C, Diaz-Arnold A. Cementing all-ceramic restorations: recommendations for success. J Am Dent Assoc 2011;142(Suppl 2):20s–4s.
3. Kramer N, Lohbauer U, Frankenberger R. Adhesive luting of indirect restorations. Am J Dent 2000;13:60d–76d
4. Spitznagel FA, Horvath SD, Guess PC, Blatz MB. Resin Bond to indirect composite and new ceramic/polymer materials: A review of the literature. J Esthet Restor Dent 2014.
5. Tsitrou EA, Helvatjoglu-Antoniades M, Van Noort R. A preliminary evaluation of the structural integrity and fracture mode of minimally prepared resin bonded CAD/CAM crowns. J Dent. 2010;38(1):16-22.
6. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. J Prosthet Dent 2003;89:268–74.
7. Soares CJ, Soares PV, Pereira JC, Fonseca RB. Surface treatment protocols in the cementation process of ceramic and laboratory-processed composite restorations: a literature review. J Esthet Restor Dent 2005;17:224–35.
8. Hummel SK, Marker V, Pace L, Goldfogle M. Surface treatment of indirect resin composite surfaces before cementation. J Prosthet Dent 1997;77:568– 72.
9. Zhang Y, Lawn BR, Rekow ED, Van Thompson P. Effect of sandblasting on the long-term performance of dental ceramics. J Biomed Mater Res B: Appl Biomater 2004;71:381–386. 24.
10. Thompson JY, Stoner BR, Piascik JR, Smith R. Adhesion/ cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: ¿Where are we now? Dent Mater 2011;27:71–82.
11. Luthra R, Kaur P. An insight into current concepts and techniques in resin bonding to high strength ceramics. Aust Dent J. 2016;61(2):163-73.
12. Stokes AN, Tay WM, Pereira BP. Shear bond of resin cement to post-cured

- hybrid composites. *Dent Mater* 1993;9:370-374.
13. Swift EJ Jr, Brodeur C, Cvitko E, Pires JA. Treatment of composite surface for indirect bonding. *Dent Mater* 1992;8:193-196.
 14. D’Arcangelo C, Vaninib L. “Effect of Three Surface Treatments on the Adhesive Properties of Indirect Composite Restorations” *J Adhes Dent* 2007; 9: 319-326.
 15. Kawaguchi A, Matsumoto M., Hugashi M., Muira J., Minamino T., Kabetani T., Takeshige F., Mine A., Yatani H. “Bonding effectiveness of self-adhesive and conventional-type adhesive resin cements to CAD/CAM resin blocks. Part 2: Effect of ultrasonic and acid cleaning” *Dental Materials Journal* 2016; 35(1): 29–36.
 16. Ishii R, Tsujimoto A, Takamizawa T, Tsubota K, Suzuki T, Shimamura Y, Miyazaki M. Influence of surface treatment of contaminated zirconia on surface free energy and resin cement bonding. *Dent Mater J* 2015; 34: 91-97.
 17. Furuse AY, Pirolo R, Rodrigues LK, Pizzatto E, Losso EM, Mondelli J. The efficacy of acid etching for removing contamination in layered dental restorations. *Gen Dent* 2012; 60: e312-e314.
 18. Ram M. Vaderhobli. *Advances in Dental Materials*. *Dent Clin N Am* 55 2011 619–625.
 19. Butorovic F. Estudio comparativo in vitro de la resistencia adhesiva de las restauraciones indirectas de resina compuesta con y sin silanizado previo. Universidad de Chile, 2012.
 20. Sepúlveda, G., Cortés, M., Stanke, F. “Técnica clínica inmediata para incrustaciones de Resina Compuesta”. *Revista de la Sociedad de Operatoria de Chile*, 1992: 4; p55-70.
 21. Craig, O’Brian., Powers. “Materiales Dentales, propiedades y manipulación” 6ta Edición. 1996.
 22. Feilzer A, Dooren L, de Gee AJ, et al. Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration-cavity interface. *Eur J Oral Sci* 1995; 103(5):322–6.
 23. Soares CJ, Giannini M, Oliveira MT, Paulillo LA, Martins LR. Effect of surface treatments of laboratory-fabricated composites on the microtensile bond strength to a luting resin cement. *J Appl Oral Sci*. 2004 Mar;12(1):45-50.

24. Fuentes, C. "Estudio comparativo in vitro de la fuerza adhesiva de restauraciones indirectas estéticas cementadas con cemento de resina dual y resina fluida". Universidad de Chile. 2004.
25. Eriksson SO, Pereira PN, Swift EJ Jr, Heymann HO, Sigurdsson A. Effects of saliva contamination on resin-resin bond strength. *Dent Mater* 2004; 20: 37- 44.
26. Van Schalkwyk JH, Botha FS, van der Vyver PJ, de Wet FA, Botha SJ. Effect of biological contamination on dentine bond strength of adhesive resins. *S Afr Dent J* 2003; 58: 143-147.
27. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 2003;89:268–74.
28. Zhang Y, Lawn BR, Rekow ED, Van Thompson P. Effect of sandblasting on the long-term performance of dental ceramics. *J Biomed Mater Res B: Appl Biomater* 2004;71:381–386. 24.
29. Thompson JY, Stoner BR, Piascik JR, Smith R. Adhesion/ cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: ¿where are we now? *Dent Mater* 2011;27:71–82.
30. Stokes AN, Tay WM, Pereira BP. Shear bond of resin cement to post-cured hybrid composites. *Dent Mater* 1993;9:370-374.
31. Ishii R, Tsujimoto A, Takamizawa T, Tsubota K, Suzuki T, Shimamura Y, Miyazaki M. Influence of surface treatment of contaminated zirconia on surface free energy and resin cement bonding. *Dent Mater J* 2015; 34: 91-97.
32. Murchison DF, Roeters J, Vargas MA, et al. Direct anterior restorations. In: Summitt JB, et al, editors. *Fundamentals of operative dentistry: a contemporary approach*. 3rd edition. Hanover Park (IL): Quintessence Publishing Co, Inc.; 2006. p. 261–88.
33. Anusavice K. *Phillips Ciencia de los Materiales Dentales*. Undécima edición. Elsevier, Madrid, 2004.
34. Bowen R. L. Dental filling material comprising vinyl silane treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of bisphenol and glycidel methacrylate. 1962. US Patent 3000, 112.
35. Williams.; "Materiales en la Odontología clínica"; 1era Edición. 1992.
36. Chain M, Baratieri L. Restauraciones estéticas directas en dientes

- posteriores. Ed. Artes Médicas. São Paulo. Brasil, 2001.
37. Barrancos, "Operatoria Dental", Cap 17: Adhesión a la estructura dentaria, 1999; p567-77.
 38. Echeverría S. "Estudio comparativo in vitro de la microfiltración marginal de restauraciones indirectas de resina compuesta cementadas con cemento de polimerización dual y con resina fluída" Universidad de Chile. 2012.
 39. Bayne S., Taylor D. Arte y ciencia Operatoria dental, tercera edición. Harcourt Brace. Madrid, 1999.
 40. Bayne, S. y cols.; "A charecterization of first generation flowable composites". JADA; 129:1998; p567-77. May.
 41. Phillips, R., Avery, D., Mehra, R., Swatz, M., McCone. Observations on a composite resin for class II restorations: Three-years report. J Prost Dent 1973; 30(6):891-897.
 42. Lang, B., Jaarda, M., Wang, R. Filler particle size and composite resin classification systems. J Oral Rehabil 1992; 19: 569-584.
 43. Bayne, C. Perspective: Our future in restorative dental materials. J Esthetic Dent 2000; 12:175-183.
 44. Fleet, C.; "Análisis comparativo in vitro de la microfiltración marginal de una Resina Compuesta Microhíbrida convencional y tres de nanorelleno". Universidad de Chile. 2004.
 45. Braga R., Ballester R., Ferracane J. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: A systematic review. Dent Mater 2005; 21:962-70.
 46. Dietschi D, Magne P, Holz J. Recent trends in esthetic restorations for posterior teeth. Quintessence Int; 1994;10:659-677.
 47. Yin R., Heiss M., Sharp L., Suh B. Development and physical properties of a new low shrinkage composite. J Dent Res 2002; 80: 514.
 48. Lutz F, Phillips R. A classification and evaluation of composite resin systems. J Prosthet Dent 1983 50(4):480-8.
 49. Barrancos M. "Operatoria Dental 4tp.34a edición". Pág. 735.
 50. Degudent A Dentsply Company. "SAFETY DATA SHEET".2013 pág 1-6.

51. Dentsply: Instructions for use In:Joy Das clevere verblendkomposit-multilingual. 2013;pág 19- 23.
52. Barrancos M. “Operatoria Dental 4ta edición” Cap 53.Pág.1148-1162.
53. Mainjot A.K, Dupont N.M, Oudkerk J.C., Dewael T.Y. “From Artisanal to CAD- CAM Blocks:State of the Art of Indirect Composites” Journal of Dental Research ;2016; Vol. 95(5) 487–495.
54. Ferracane JL, Hilton TJ. Polymerization stress: is it clinically meaningful. Dent Mater.;2015; 32(1):1–10.
55. Giordano R. Materials for chairside cad/cam-produced restorations. J Am Dent Assoc. 2006 137:14S–21S.
56. Sadoun M, inventor. Composite ceramic block.2011.
57. Nguyen JF, Migonney V, Ruse ND, Sadoun M. Resin composite blocks via high-pressure high-temperature polymerization. Dent Mater. 2012 28(5):529– 534.
58. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. 2002. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. Biomaterials.2002 23(8):1819–1829.
59. Sideridou ID, Karabela MM. Sorption of water, ethanol or ethanol/ water solutions by light-cured dental dimethacrylate resins. Dent Mater; 2011.; 27(10):1003–1010.
60. VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany.VITA ENAMIC. Documentación científico- técnica VITA 2016.
61. Buonocore Mg. A Simple Method Of Increasing The Adhesion Of Acrylic Filling Materials To Enamel Surfaces. J Dent Res. 34:849–853.1955.
62. Valandro LF, Della Bona A, Antonio Bottino M, Neisser MP. The effect of ceramic surface treatment on bonding to densely sintered alumina ceramic. J Prosthet Dent. 2005;93(3):253-9.
63. Pomacondor- Hernández C. “Papel de la clorhexidina en la odontología restauradora” Odontol. Sanmarquina 2010; 13(2):46-49.
64. Soares CJ, Pereira CA, Pereira JC, Santana FR, do Prado CJ. Effect of chlorhexidine application on microtensile bond strength to dentin. Oper Dent. 2008;33(2):183-8.

65. Furuse A., Cunha L., Bennetti A., Mondelli J. "Bond strength of resin-resin interfaces contaminated with saliva and submitted to different surface treatments" *J Appl Oral Sci.* 2007;15(6):501-5.
66. Poskus LT, Meirelles RS, Schuina VB, Ferreira LM, da Silva EM, Guimarães JG. Effects of different surface treatments on bond strength of an indirect composite to bovine dentin. *Indian J Dent Res* 2015;26:289-94.
67. Hewitt, P.G. Física conceptual. Editorial Pearson. 1999.
68. Carranza, F. A., Jr. Periodontología clínica de Glickmann. México: Nueva Editorial Interamericana, S. A. 1993.
69. Belli Renan. Post etching cleaning and Resin/Ceramic Bonding: Microtensil Bond Strength and EDX Analysis. *J Adhes Dent* 2010; 12, 295-303.
70. Gûngor M1, Nemli SK1, Bal BT1, Ünver S1, Dogar A "Effect of surface treatments on shear bond strength of resin composite bonded to CAD/CAM resin-ceramic hybrid materials" *J Adv Prosthodont.* 2016 Aug;8(4):259-66.
71. Leinfelder KF. New developments in resin restorative systems. *J Am Dent Assoc* 1997;128:573-81.
72. Touati B. The evolution of aesthetic restorative materials for inlays and onlays: A review. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1996;8:657-66.
73. Kern M, Thompson VP. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: volume loss, morphology, and changes in the surface composition. *J Prosthet Dent.* 1994;71(5):453-61.
74. Guzmán Thoms JP, González Bustamante H, Salgado Montoya M. Influencia del tiempo de tratamiento de superficie con ácido fluorhídrico de la porcelana VITA VM 13 en la resistencia de unión a cemento de resina frente a fuerzas de tracción: Estudio in vitro. *Revista clínica de periodoncia, implantología y rehabilitación oral.* 2012;5:117-21.
75. Hori S, Minami H, Minesaki Y, Matsumura H, Tanaka T. Effect of hydrofluoric acid etching on shear bond strength of an indirect resin composite to an adhesive cement. *Dent Mater J* 2008;27:515-22.
76. Akay C, Çakirbay Taniş M, Şen M. Effects of Hot Chemical Etching and 10-Metacryloxydecyl Dihydrogen Phosphate (MDP) Monomer on the Bond Strength of Zirconia Ceramics to Resin-Based Cements. *J Prosthodont.* 2016.
77. Merve Cakirbay Tani, Canan Akaya and Duygu Karakis "Resin cementation

- of zirconia ceramics with different bonding agents” *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 2015 Vol. 29, No. 2, 363367.
78. Sanohkan S, Kukiattrakoon B, Larpoonphol N, Sae-Yib T, Jampa T, Manoppa S. The effect of various primers on shear bond strength of zirconia ceramic and resin composite. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*. 2013;16(6):499-502.
 79. Garbin C.A., Mezzomo E., da Silva, S.B.A.: Cimentos e Cimentações. In: Mezzomo, E., Suzuki, R.M., e cols. *Reabilitação Oral Contemporânea*. São Paulo: Editora Santos. 2006.
 80. Crispin, B.J., Land, M.F., Rosentiel, S.F.; “Dental luting agents: A review of the current literature”. *J Prosthet Dent*, Sep, 1998; 80: p280-301.
 81. Peutzfeldt A, Sahafi A, Flury S. Bonding of restorative materials to dentin with various luting agents. *Oper Dent*. 2011;36(3):266-73.
 82. D’Arcangelo C, De Angelis F, D’Amario M, Zazzaroni S, Ciampoli C, Caputi S. The influence of luting systems on the microtensile bond strength of dentin to indirect resin-based composite and ceramic restorations. *Oper Dent*. 2009;34(3):328-36.
 83. Ehrmantraut M. “Estudio Comparativo de la microfiltración de compómeros realizados con y sin grabado ácido total de la cavidad operatoria”. *Revista Facultad de Odontología Universidad de Chile*, Vol. 2012;17 N° 2; págs:48 – 54.
 84. Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein. *Catálogo Variolink Esthetic LC EI composite de cementación adhesiva*. 2014.
 85. Muñoz MA, Baggio R, Emilio Mendes YB, Gomes GM, Luque-Martinez I, Loguercio AD, et al. The effect of the loading method and cross-head speed on resin–dentin microshear bond strength. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 2014;50:136-41.
 86. Viégas Montenegro R, da Cunha Uchôa R, Lira Montenegro SC, Lira A, Japiassú M, Fonseca da Silveira M, et al. Analisis comparativo entre los experimentos mecanicos de cizallamiento y microcizallamiento. *Acta Odontológica Venezolana*. 2008;46:416-22.
 87. Perdigo J, Sezinando A, Muñoz MA, Luque-Martínez IV, Loguercio AD. Prefabricated veneers-bond strengths and ultramorphological analyses. *J Adhes Dent*. 2014;16(2):137-46.
 88. *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. G. Horton.

Reverté, Barcelona 1989.

89. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, et al. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dental Materials*. 2010;26(2):e100-e21.
90. Bailey LF, Bennett RJ. DICOR surface treatments for enhanced bonding. *J Dent Res* 1988;67:925-931
91. Magne P, Cascione D. Influence of post-etching cleaning and connecting porcelain on the microtensile bond strength of composite resin to feldspathic porcelain. *J Prosthet Dent* 2006;96:354-361.
92. Burnett LH Jr, Shinkai RS, Eduardo Cde P. Tensile bond strength of a one-bottle adhesive system to indirect composites treated with Er: YAG laser, air abrasion, or fluoridric acid. *Photomed Laser Surg* 2004;22:351-6.
93. Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J . *Contemporary fixed prosthodontics*. 1995 2nd ed. St. Louis: Mosby, p. 622.
94. Yang B, Wolfart S, Scharnberg M, Ludwig K, Adelung R, M. Kern. Influence of Contamination On Zirconia Ceramic Bonding. 2007 *J Dent Res* 86(8):749-753.
95. Moncada G, et al The Role of 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate in the paradigm of change to adhesive systems integrated to dentin. *Rev Clin Periodoncia Implantol Rehabil Oral*. 2014; 7 (3): 194-199
96. Dos Santos V, Griza S, Ratto de Moraes R, Faria -e-Silva A, “Bond strength of self-adhesive resin cements to composite submitted to different Surface pretreatments” 2014 *Restorative Dentistry and Endodontics*
97. Yoshiharaa K, Nagaokab N, Okiharac T, Kuroboshic M, Hayakawad S, Maruo Y, Nishigawae G, De Munckf J, Yoshidag Y, Van Meerbeek B. “Functional monomer impurity affects adhesive performance”; 2015; *Dental Materials* 31; 1493-150.
98. Ilie N, Stawarczyk B, “Efficiency of different repair kits on bonding to aged dental resin composite substrates”; 2014 *International Journal of Adhesion & Adhesives*.

99. Feitosa VP, Pomacondor-Hernandez C, Ogliari FA, Leal F, Correr AB, Sauro S. Chemical interaction of 10-MDP (methacryloyloxy-decyl-dihydrogen-phosphate) in zinc-doped self-etch adhesives. *Journal of dentistry*. 2014;42(3):359-65.
100. Li N, Nikaido T, Takagaki T, Sadr A, Makishi P, Chen J, et al. The role of functional monomers in bonding to enamel: acid-base resistant zone and bonding performance. *Journal of dentistry*. 2010;38(9):722-30.
101. Cardenas A, Siqueira F, Hass V, Malaquias P, Gutierrez M, Reis A, Perdigao J, Loguercio A. "Effect of MDP-containing Silane and Adhesive Used Alone or in Combination on the Long-term Bond Strength and Chemical Interaction with Lithium Disilicate Ceramics" 2017. *J Adhes Dent* 1–10.
102. Moszner N, Salz U, Zimmermann J. Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives: a systematic review. *Dental Materials* 2005;21:895–910.
103. Scheneider L. et al. Cross-link density evaluation through softening tests: Effect of ethanol concentration *Dent Mater J* 24 (2008)199–203
104. Chen L, Shen H, Suh BI. Effect of incorporating BisGMA resin on the bonding properties of silane and zirconia primers. *J Prosthet Dent* 2013; 110:402-407.
105. Martinlinna JP, Vallittu PK. Bonding of resin composites to etchable ceramic surfaces—an insight review of the chemical aspects on Surface conditioning. *Journal of Oral Rehabilitation* 2007;34:622–30.
106. Taira Y, Sakai M, Sawasse T. "Effects of primer containing silane and thiophosphate monomers on bonding resin to a leucite-reinforced ceramic" 2011; *Journal Dentistry* 40 353-358.
107. Martinlinna P, Lung C, Tsoi J. "Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. 2017 *Dental Materials*.
108. Pattanaik S, Wadkar A. "Effect of etchant variability on shear bond strength of all ceramic Restorations - an in vitro study. 2011 *J Indian Prosthodont Soc* (Jan-Mar):55–62.

109. Stawarczyk B, Krawczuk A, Ilie N. Tensile bond strength of resin composite repair in vitro using different surface preparation conditionings to an aged CAD/CAM resin nanoceramic. 2015 Clin Oral Investig. Mar;19(2):299-308.
110. Okada M. et al. Resin adhesion strengths to zirconia ceramics after primer treatment with silane coupling monomer or oligomer. Dent Mater J 2017; 36(5): 600–605
111. Feitosa VP, Ogliari FA, Van Meerbeek B, Watson TF, Yoshihara K, Ogliari AO, Sinhorette MA, Correr AB, Cama G, Sauro S. Can the hydrophilicity of functional monomers affect chemical interaction? 2014 J Dent Res; 93: 201-206.
112. Arai M, Takagaki T, Takahashi A, Tagami J. The role of functional phosphoric acid ester monomers in the surface treatment of yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystals. 2017; Dent Mater J; 36(2): 190–194
113. Bahr N, Keul C, Edelhoff D, Eichberger M, Ross M, Wolfgang G, Stawarczyk B. “Effect of different adhesives combined with two resin composite cements on shear bond strength to polymeric CAD/CAM materials” 2013; Dental Materials Journal; 32(3) 492-501
114. Rodrigues Gonçalves AP, Ogliari AO, Jardim PS, Moraes RR. Chemical cleaning agents and bonding to glass-fiber posts. 2013 Braz Oral Res., (São Paulo) Jan-Feb;27(1):70-2
115. Borges GA, Sophr AM, de Goes MF, Sobrinho LC, Chan DC. Effect of etching and airborne particle abrasion on the microstructure of different dental ceramics. 2003; J Prosthet Dent; 89:479-488.
116. Chen JH, Matsumura H, Atsuta M. Effect of different etching periods on the bond strength of a composite resin to a machinable porcelain. 1998 J Dent ;26:53-58.
117. Piwowarczyk A, Lauer HC, Sorensen JA. In vitro shear bond strength of cementing agents to fixed prosthodontic restorative materials. 2004 J Prosthet Dent ;92:265-273.

118. Tian T, Tsoi JK, Matinlinna JP, Burrow MF. Aspects of bonding between resin luting cements and glass ceramic materials. 2014 Dent Mater;30:e147-162.
119. Filho AM, Vieira LC, Araujo E, Monteiro Junior S. Effect of different ceramic surface treatments on resin microtensile bond strength. 2004 J Prosthodont;13:28-35.
120. Della-Bona A. Characterizing ceramics and the interfacial adhesion to resin: II- the relationship of surface treatment, bond strength, interfacial toughness and fractography. 2005 J Appl Oral Sci;13(2):101-9.
121. Sadek FT, Cury AH, Monticelli F, Ferrari M, Cardoso PE. The influence of the cutting speed on bond strength and integrity of microtensile specimens. 2005 Dent Mater;21(12):1144-9.

X.Anexos

6.1 Carta Aceptación proyecto de Tesis Comité de Bioseguridad y Bioética.

UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
Comité de Revisión
Proyectos de Investigación

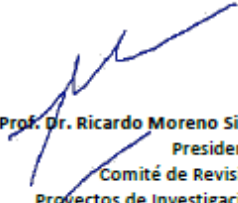
Valparaíso, 30 de Diciembre de 2016

Sr.
Prof. Dr. Miguel Muñoz
Presente

De nuestra consideración:

Se realizó la evaluación de su Proyecto de Investigación titulado "Efecto de los Tratamientos de Limpieza Pre-Cementación sobre la Resistencia de Unión de Diferentes Protocolos de Cementación de Resinas Compuestas Indirectas", no encontrándose reparos desde el punto de vista metodológico. Presenta, además, los antecedentes necesarios para su evaluación ética. Por tanto, esta Comisión considera que puede presentarlo al Comité Ético-Científico y al Comité de Bioseguridad de la Universidad.

Atentamente,



Prof. Dr. Ricardo Moreno Silva
Presidente
Comité de Revisión
Proyectos de Investigación
Facultad de Odontología

