



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---



DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE ODONTOLÓGIA

DESARROLLO DE UN ADHESIVO CON BASE TRIMETILOL PROPANO DE  
TRIMETACRILATO (TMP-TMA) CON POSIBLE APLICACIÓN ORTODÓNICA

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**MAESTRA EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS**

PRESENTA:  
**Esp. EIRA LÓPEZ PALACIOS**

TUTORES: Dr. GABRIEL SÁEZ ESPÍNOLA.

Dr. CARLOS ANDRÉS ÁLVAREZ GAYOSSO



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Agradecimientos**

Por el apoyo financiero para la realización de ésta Tesis

Al proyecto PAPIIT IN 114608

“Desarrollo de adhesivos para ortodoncia y resinas compuestas  
para uso en odontología”

**Abue:** por tus canciones, por tus risas, tu llanto, tus carisias, tus besos, por que fuiste mi niñera, enfermera, mi maestra de vida y escuela. Y a través de la vida, por muy larga que fuera, no me alcanzaría para agradecerte por ser, mi ejemplo de mujer, mi querida mami... Te extraño!

**Mamá:** por ser mi ejemplo de lucha, trabajo, tenacidad por todos tus sacrificios y desvelos, porque aunque llegabas a casa extenuada y rendida, todavía guardabas una sonrisa para mí. Por apoyarme y ayudarme, sacrificándote para hacer todos mis sueños realidad...Te amo supermom!

**Papá:** por estar presente en cada etapa mi vida, por solucionar cada uno de mis olvidos y problemas, por creer en mí gracias papí.

**César:** Por hacer de mis sueños, mis metas y mi plan de vida los tuyos; pues sin tu apoyo, dedicación, paciencia y amor esta tesis nunca se hubiera terminado... Lo logramos!... Gracias por enseñarme que en la vida lo más importante es ser feliz haciendo lo que más me gusta pues el resto viene en cascada... Te amo

**A mi hija Lucia:** gracias mi amor por compartir conmigo cada momento, por ser tan bien portada, tranquila y serena mientras estudiamos y escribimos ésta tesis juntas. Porque cambiaste mi vida con tu amor; te prometo ser cada día mejor persona, alumna y profesora para que digas con orgullo: Eira es mi mamá!

**Al Pato, Moni, Laia y Xavi:** por su apoyo, preocupación cariño y paciencia: Por su ejemplo de perseverancia, amor y trabajo los quiero y quisiera tenerlos cerca.

**A mi tía Clara:** Porque si no fuera por ti no pensaría dos veces las cosas antes de hacerlas; ni las disfrutaría tanto.

**Miguel:** Por ser un ejemplo a seguir y mostrarme que si se quiere... se puede.

**Tío Miguel** por amarme, preocuparte y estar a mi lado siempre... Gracias a ti Oli por tus muestras de cariño...

**Naye, Fer y Consti:** Por regalarme tantos momentos

**Tía Virgen:** por tus cuidados, cariño y acompañarme en cada uno de mis logros.

**DCO: Gabriel Sáez Espínola:** Por enseñarme que sólo hay una manera de hacer las cosas: con dedicación, trabajo, honestidad y sinceridad; yendo por caminos rectos; viendo de frente y con lealtad. Gracias por tu confianza, dedicación, apoyo, paciencia y esfuerzo diario; por regalarme tu conocimiento, tiempo y amistad. No tengo manera de agradecer todo lo que haces por mí... Si hubiera más profesores tan fascinantes como tú, seguro abriría mejores personas en el mundo.

**Dr. Carlos Andrés Álvarez Gayosso:** Por creer y confiar en mí... por su paciencia, dedicación y apoyo, por darme confianza y seguridad en lo que hago. No existe manera de pagar todo lo que como persona y profesor me ha enseñado, por ser mi guía...

**Dr. Miguel Araiza Téllez:** Por su apoyo, por enseñarme que aún existen personas que trabajan con honestidad y pasión. Gracias por ser parte importante de éste proyecto.

**Dra. Elba Rosa Leiva Huerta:** Por su tiempo, apoyo, confianza y preocupación.

**Dr. Joaquin Palacios Alquisira:** Por creer en mí, por su apoyo y dedicación.

**Dra. Rosa Mirna Estrada Yáñez:** Por su apoyo, paciencia y dedicación, por ser un ejemplo, de esfuerzo, convicción, rectitud, honestidad y mujer luchadora, fue un honor haber aprendido no solo química sino a ser una mejor persona gracias a usted.

**Tere:** Muchas gracias por estar presente durante toda mi investigación facilitándome todo a cada momento...

**Dr. José Arturo Fernández Pedrero:** por su dedicación, tiempo y apoyo para lograr ésta meta. Por creer en los jóvenes gracias.

**A todos los profesores del programa de maestría y doctorado en ciencias médicas odontológicas y de la salud.**

**Laura, Anita y Gaby:** por sus atenciones, paciencia y apoyo.

**Esp. Erick Villalba López:** Simplemente por ser mi amigo te quiero.

**Víctor Manuel Ruíz Cartas:** por tu amistad y cariño incondicional.

**A mis alumnos del grupo 1007:** porque cada día aprendo de ustedes y me ayudan a ser mejor, pues al final, mi compromiso es con ustedes.

**Conacyt:** por el apoyo económico para realizar ésta investigación.

**A la UNAM:** por adoptarme y convertirme en quien soy hoy en día. Por hacer de mi un universitario comprometido preocupado por la educación y bien estar de tu comunidad... **Orguyosamente UNAM!!!**



# Índice

páginas

Índice de Figuras.....	1.
Índice de Tablas.....	4.
Índice de Gráficas.....	6.
Abreviaturas.....	8.
Definiciones.....	9.
Introducción.....	10.
Antecedentes.....	13.
Componentes del adhesivo.....	16.
Fase orgánica: monómeros, iniciador, activadores.....	16.
Disolvente.....	19.
Fase inorgánica: material de relleno.....	20.
Planteamiento del problema.....	22.
Justificación.....	22.
Pregunta de investigación.....	22.
Objetivo.....	23.
Objetivos específicos.....	23.
Hipótesis.....	24.
Hipótesis de trabajo.....	24.
Hipótesis alterna.....	24.
Hipótesis nula.....	24.
Metodología.....	25.
Tipo de estudio.....	25.
Población de estudio.....	25.

Grupos control.....	25.
Variables independientes:.....	25.
Variables dependientes.....	26.
Presentación de resultados.....	26.
Recursos humanos.....	26.
Recursos financieros.....	26.
Materiales y métodos.....	27.
Preparación de mezclas.....	27.
Valoración de lámparas de fotopolimerizado.....	31.
Prueba de adhesión.....	34.
Obtención de agua bidestilada.....	40.
Ángulo de contacto.....	41.
Tensión superficial.....	47.
Densidad de líquidos.....	49.
Trabajo de adhesión.....	49.
Sorción y solubilidad.....	50.
Fluidez.....	54.
Medición de temperatura del esmalte dental y la humedad relativa de la boca.....	56.
Resultados.....	57.
Angulo de contacto, tensión superficial, trabajo de adhesión y prueba de adhesión a concentración 50% de disolvente.....	57.
Prueba de adhesión grupos control y mezclas 50:50%.....	60.

Angulo de contacto, tensión superficial y adhesión a diferentes concentraciones del disolvente.....	61.
Variación de concentraciones del disolvente y material de relleno.....	62.
Tensión superficial.....	66.
Trabajo de adhesión.....	67.
Adhesión de mezclas adhesivas seleccionadas.....	69.
Módulo elástico.....	69.
Fluidez.....	72.
Sorción y solubilidad.....	73.
Discusión.....	77.
Conclusiones.....	100.
Apéndice.....	104.
MSDS del Bis GMA.....	105.
MSDS del TEGDMA.....	111.
MSDS del TMPTMA.....	117.
MSDS de la acetona.....	122.
MSDS del etanol.....	129.
MSDS del isopropanol.....	135.
MSDS de DMPT.....	141.
MSDS de CPQ.....	147.
Referencias.....	152.

Índice de Figuras	páginas
Figura 1. Resina acrílica.....	11.
Figura 2. Resina compuesta autopolimerizable.....	11.
Figura 3. Ionómero de vidrio autopolimerizable.....	11.
Figura 4. Ionómero de vidrio modificado con resina.....	11.
Figura 5. Resina fotopolimerizable.....	11.
Figura 6. Aditamentos ortodóncicos cementables. (Malla <a href="http://www.ceob.com.mx">www.ceob.com.mx</a> )....	13.
Figura 7. Bisfenol A Glicidil Metacrilato.....	17.
<a href="http://www.uib.no/rg/biomaterial/en/research/exposure-and-bioresponse/organic-leachables-from-dental-material">http://www.uib.no/rg/biomaterial/en/research/exposure-and-bioresponse/organic-leachables-from-dental-material</a>	
Figura 8. Trie-etilen-glicol dimetil meta acrilato.....	17.
<a href="http://www.uib.no/rg/biomaterial/en/research/exposure-and-bioresponse/organic-leachables-from-dental-material">http://www.uib.no/rg/biomaterial/en/research/exposure-and-bioresponse/organic-leachables-from-dental-material</a> .	
Figura 9. Trimetilolpropano de trimetacrilato. <a href="http://www.uib.no/rg/biomaterial/en/research/exposure-and-bioresponse/organic-leachables-from-dental-material">http://www.uib.no/rg/biomaterial/en/research/exposure-and-bioresponse/organic-leachables-from-dental-material</a> ....	18.
Figura 10. (1R) Camforoquinona. (Aldrich).....	19.
Figura 11. Dióxido de silicio silanizado Aerosil R972. (Degussa AG, Germany)..	21.
Figura 12. Ciclo de Descarga de lámparas de fotopolimerizado.....	32.

Figura 13. Ciclo de descarga y recarga de lámparas de fotopolimerizado.....	32.
Figura 14. Moldes de PVC.....	33.
Figura15. Moldes de PVC con el sustrato de PMMA.....	36.
Figura 16. Molde cilíndrico WOW y varilla de acrílico lograda.....	36.
Figura 17. Botones de acrílico.....	36.
Figura 18. Pincel.....	37.
Figura 19. Sustrato con botones adheridos.....	37.
Figura 20. Cilindro montado en el soporte.....	38.
Figura 21. Maquina universal de pruebas mecánicas.....	38.
Figura 22. Punta de aplicación de fuerza.....	38.
Figura 23. Secuencia de operación para medición del ángulo de contacto.....	43.
Figura 24. Sustrato de PMMA.....	44.
Figura 25. Imagen en Sidexis XG1.5.....	45.
Figura 26. Dimensiones de w y h de la gota.....	45.
Figura 27. Medición de diámetro y peso de la gota.....	47.
Figura 28. Secuencia para obtener los pesos y calcular densidad.....	49.
Figura 29. Molde para sorción y solubilidad. ....	51.

Figura 30. Método de sorción y solubilidad.....52.

Figura 31. Método para medir fluidez.....55.

Figura 32. Método para evaluar temperatura y %HR de la superficie de trabajo del adhesivo.....56.

Figura 33. Vista lateral de la punta de la aguja..... 58.

Figura 34. Vista de la punta de la aguja con microscopio ptico (125 X).....58.

Índice de Tablas.....	páginas
Tabla 1: Propiedades del Aerosil R972.....	21.
Tabla 2: Composición porcentual de las mezclas obtenidas.....	29.
Tabla3: Resultados de promedios de reactivos.....	59.
Tabla 4: Resultados de promedios de mezclas 50:50 monómero: disolvente.....	59.
Tabla 5. Fuerza máxima y resistencia al desprendimiento con “Cizalla” de grupos control.....	60.
Tabla 6: Fuerza máxima y resistencia al desprendimiento mezclas con 50% de disolvente.....	60.
Tabla 7: Fuerza máxima y resistencia al desprendimiento mezclas con 10% de disolvente.....	61.
Tabla 8: Fuerza máxima y resistencia al desprendimiento con 5% disolvente sin fase inorgánica.....	61.
Tabla 9: Fuerza máxima y resistencia al desprendimiento de mezclas con 10% Disolvente y agregado de material de relleno.....	62.
Tabla 10: Fuerza máxima y resistencia al desprendimiento con TMPTMA con agregado de relleno sin disolvente.....	63.
Tabla 11: Identificación de mezclas adhesivas y bases.....	63.
Tabla 12: Valores de pH de diferentes tipos de agua.....	73.

Tabla 13: Escala del valor de Kappa según Altman.....	78.
Tabla 14: Parámetro de solubilidad de reactivos.....	88.
Tabla 15: Parámetro de solubilidad de mezclas.....	88.



Índice de Gráficas .....	páginas
Gráfica 1: Ángulo de contacto de Reactivos.....	57.
Gráfica 2: Ángulo de contacto Mezclas Adhesivas.....	64.
Gráfica 3: Densidad de mezclas Adhesivas.....	65.
Gráfica 4: Promedio de Tensión superficial según el Tipo de Adhesivo.....	66.
Gráfica 5: Valores de Trabajo de adhesión según tipo de adhesivo.....	67.
Gráfica 6: Promedio de Fuerza Máxima a la Adhesión de las Mezclas Adhesivas Seleccionadas.....	68.
Gráfica 7: Promedios de Modulo Elástico según tipo de adhesivo.....	70.
Gráfica 8: Valores Promedio de Fluidez según el tipo de Adhesivo.....	72.
Gráfica 9: Valores Promedio de Sorción según el tipo de adhesivo, en inmersión de dos medios acuosos con pH diferente.....	74.
Gráfica 10: Promedio de Solubilidad según tipo de adhesivo en inmersión de dos medios diferentes.....	75.
Gráfica 11: Valores típicos de un grupo experimental de estudio de Fuerza al Desprendimiento.....	81.
Gráfica 12: Potencia por unidad de superficie según tiempo de descarga.....	83.
Gráfica 13: Irradiancia según ciclos alternados de descarga y recuperación a 50 minutos.....	84.

Gráfica 14: Energía por unidad de superficie según ciclos alternados de descarga y recuperación a 50 minutos.....	85.
Gráfica 15: Promedio de Fuerza a la adhesión comparación entre resultados obtenidos por el tesista y el Doble Ciego.....	92.
Gráfica 16: Comparación de Promedios de Módulo Elástico entre los resultados obtenidos por el tesista y el Doble Ciego.....	92.
Gráfica 17: Comparación de Promedios de Máximo Esfuerzo entre los resultados obtenidos por el tesista y el Doble Ciego.....	93.
Gráfica 18. Comparación de valores obtenidos del comportamiento de los 2 adhesivos experimentales y 1 comercial.....	96.
Gráfica 19. Comparación de valores obtenidos de sorción y solubilidad de adhesivos experimentales y 1 comercial.....	96.

## Abreviaturas

**PVC:** poli (cloruro de vinilo).

**WOW:** tubos plásticos. WOW Actico SA de CV, Estado de México, México.

**PMMA:** poli (metilmetacrilato).

**BisGMA:** Bisfenol A glicidil metacrilato.

**TEGDMA:** Trietilen glicol bis(metacrilato).

**TMPTMA:** Trimetilolpropano tri (metacrilato).

**CPQ:** Camforoquinona (r).

**DMPT:** N,N-Dimetil-p-toluidina.

**W:** trabajo de adhesión.

**w:** ancho de dota en la medición de ángulo de contacto.

**DEPeI:** División de estudios de posgrado e investigación.

**FO:** Facultad de odontología.

**MSDS:** hoja de seguridad del reactivo.

## Definiciones

**Aparatología:** aditamentos empleados para el tratamiento de ortodoncia; pueden ser pasivos, por ejemplo: bracket, tubo y botón; o activos como los resortes y ligas entre otros.

**Brackets:** aditamento pasivo que se cementa sobre el esmalte dental.

Consiste en una base preparada para cementar (malla) encima del diente y una parte con una ranura, por dónde pasará el arco (alambre). Cada diente tiene un tipo de bracket asignado.

**Botón:** Es un bracket que en vez de llevar la ranura lleva una “bola” o retención similar. Sirve como aparatología auxiliar cuando se desea realizar un movimiento especial. Se cementa sobre el diente y en él se puede enganchar una liga, una cadena, una ligadura, etc.

**Tiempo de sillón:** Tiempo durante el cual se atiende al paciente.

**Tiempo de trabajo del adhesivo:** tiempo que transcurre desde que se dosifica el adhesivo sobre el aditamento ortodóncico, hasta que el bracket es colocado sobre el diente y el adhesivo es fotopolimerizado.

## Introducción

Con el descubrimiento del grabado ácido<sup>1</sup> y la adhesión a esmalte<sup>2</sup>, los tratamientos ortodóncicos de multibandas entraron en desuso, brindando al operador menor tiempo de trabajo y mayor comodidad al paciente, con lo que el desarrollo tecnológico en adhesivos para ortodoncia comenzó a evolucionar a pasos agigantados. Inició en los 70's con el empleo de resinas acrílicas (Super C-ortho) Figura 1,<sup>3</sup> en los 80's se desarrollaron las resinas autocurables de dos pasos y dos consistencias (Figura 2).<sup>4-8</sup> En ésta misma década, aparece el ionómero de vidrio modificado con resina autopolimerizable (Figura 3). Fue en los 90's cuando surge el cemento de ionómero de vidrio modificado con resina activado por luz (Figura 4)<sup>9-22</sup> buscando adhesión específica al diente y liberación sostenida de fluoruros lo que permitió aminorar aún más el tiempo de colocación de la aparatología, hasta que se desarrollaron los cementos de resina activados por luz azul de un solo paso como los utilizados en la actualidad (Figura 5).<sup>6, 10, 16, 21-26</sup>

Desde la creación de los adhesivos para brackets, el método de evaluación ha sido la resistencia al desprendimiento; durante las dos últimas décadas en las líneas de investigación centradas en adhesivos para ortodoncia, se ha tomado como parámetro de comparación a Transbond XT. Algunos autores<sup>27, 28</sup> han empleado los métodos de preparación de las Normas Internacionales para evaluar materiales adhesivos atendiendo a ISO 11405.<sup>29</sup>



Figura 1. Resina acrílica



Figura 2. Resina compuesta autopolimerizable



Figura 3.  
Ionómero de vidrio  
autopolimerizable



Figura 4.  
Ionómero de vidrio modificado  
fotopolimerizable



Figura 5.  
Resina fotopolimerizable

El Ortodoncista requiere un adhesivo que además de disminuir el tiempo de sillón, presente las siguientes características: <sup>30-36</sup>

- ✓ De fácil manipulación.
- ✓ Con tiempo de trabajo suficiente para colocar la aparatología.
- ✓ Con fluidez necesaria para mantenerlo sobre la superficie del diente en lo que el adhesivo es polimerizado.
- ✓ Que penetre tanto en las retenciones creadas en el diente como en las del bracket.
- ✓ Con mínima sorción acuosa y mínimo espesor de película para respetar la prescripción del sistema.
- ✓ De fácil identificación y remoción de excedentes.

- ✓ Que no solubilice para evitar microfiltración y así disminuir el riesgo a desarrollar lesiones debajo del bracket evitando el desprendimiento prematuro.
- ✓ Que tenga estabilidad dimensional.
- ✓ Con suficiente resistencia al desprendimiento para soportar la biomecánica ortodóncica evitando desprendimientos involuntarios.
- ✓ Con módulo elástico bajo que permita absorber las fuerzas para disiparlas al diente y lograr el movimiento dental.

Algunos autores<sup>37-43</sup> hacen énfasis en que se debe tener precaución con la descementación al final del tratamiento, para no ocasionar daño al esmalte.

Debido a la rápida evolución tecnológica, los fabricantes de productos ortodóncicos desarrollan continuamente adhesivos para satisfacer las necesidades del especialista. Éste confía en las bondades que ostentan; sin embargo, la información que proporcionan es limitada: instrucciones de manipulación, datos acerca de la resistencia al desprendimiento<sup>3-26, 28,37-61</sup> y compatibilidad con los líquidos. Por lo tanto, es necesario diseñar un adhesivo “ideal” con propiedades físicas y mecánicas controladas para proporcionar al clínico un producto confiable con adecuado desempeño durante la biomecánica ortodóncica e inerte frente a los tejidos dentarios.

## Antecedentes

Un adhesivo es una sustancia capaz de unir materiales.<sup>29</sup> Los adhesivos ortodóncicos son básicamente un medio de unión entre la superficie del esmalte dental (96% material inorgánico) y los aditamentos pasivos (brackets, botones o tubos), Figura 6, para esto el principal mecanismo de unión es la microretención que se obtiene después de desmineralizar el tejido dental.<sup>62</sup> Un ensayo de compresión en el cual se desplaza un botón hasta su desprendimiento durante un periodo relativamente corto, es la más útil de todas las pruebas empleadas para evaluar las propiedades mecánicas del adhesivo; en ella, la muestra se desplaza a una velocidad de deformación constante. Con los resultados de desplazamiento se puede graficar una curva de esfuerzo contra deformación,<sup>63</sup> de ésta forma se evalúa la resistencia de adhesión de acuerdo a ISO 11405<sup>29</sup> que es la fuerza máxima por unidad de área requerida para romper una unión ocurriendo fractura cerca de la interface adhesivo/ adherente.

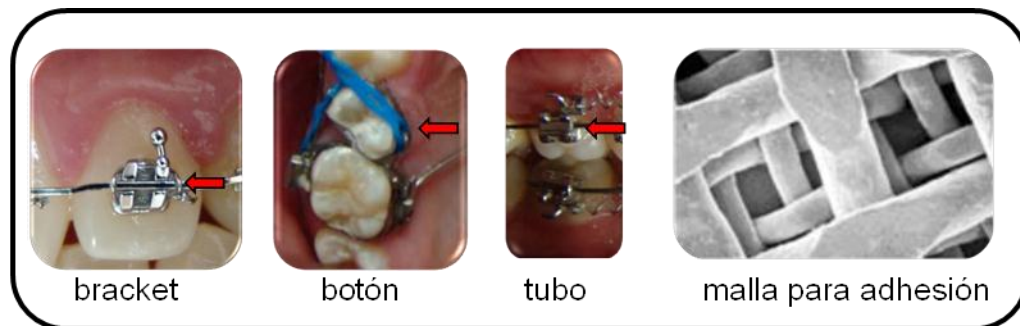


Figura 6. Aditamentos ortodóncicos cementables. (aparatosología)

La unión se logra con un proceso en el cual los monómeros del adhesivo penetran en los espacios originados por la desmineralización del diente al ser frotado con ácido fosfórico al 37%.<sup>64, 65</sup>



Los adhesivos dentales contienen monómeros de resina acrílica termofija. La llamada matriz funcional, actúa como una columna vertebral estructural que proporciona propiedades mecánicas. Los monómeros por lo tanto, deben ser considerados como los componentes más importantes del adhesivo porque son los principales agentes de unión que deben cumplir con los siguientes requisitos: <sup>66</sup>

- Alta formación de radicales libres, homopolimerización o co-polimerización con los demás monómeros en el adhesivo.
- Óptima solubilidad en su composición, es decir, los monómeros deben ser miscibles en acetona o etanol que se utilizan como disolventes en los adhesivos comerciales, con otros monómeros y aditivos.
- Estabilidad de los monómeros y del polímero formado. La estabilidad del monómero no sólo comprende la estabilidad contra la polimerización prematura sino también contra la degradación por el oxígeno, el calor, la luz y durante el almacenamiento.
- Mínima sorción de agua.
- El grado de conversión por polimerización debe ser el mayor posible para tener suficiente resistencia mecánica en la capa adhesiva<sup>67</sup>.
- Baja contracción por polimerización para reducir el encogimiento y el esfuerzo mecánico en la capa del adhesivo.
- Baja toxicidad y citotoxicidad oral de los monómeros y que no produzcan ningún efecto metabólico mutagénico o cancerígeno antes y después de ser polimerizados.

Estos requisitos generales se pueden cumplir seleccionando monómeros que contengan la combinación de uno o más grupos polimerizables. Entre los diversos grupos polimerizables, el metacrilato muestra la suficiente reactividad y biocompatibilidad;<sup>68</sup> son menos sensibles a la inhibición por oxígeno aunque vulnerables a la hidrólisis.<sup>69</sup>

Los monómeros funcionales pueden formar polímeros lineales o polímeros de cadenas cruzadas. En comparación con los polímeros lineales, los de cadenas cruzadas han demostrado tener una mejor resistencia mecánica, por lo que el entrecruzamiento en el polímero es importante para reforzar un adhesivo de resina.<sup>70-72</sup>

El grado de conversión es un factor importante que determina las propiedades físico-mecánicas del polímero.<sup>73, 74</sup> En los compuestos y adhesivos dentales, la conversión rara vez es completa, en general, es baja lo que produce baja resistencia mecánica, presentan permeabilidad, sorción, microfiltración, degradación en la unión al diente y presencia de monómeros no polimerizados.<sup>75-78</sup> Cada ingrediente tiene un efecto específico sobre la fuerza de unión, la eficiencia, la durabilidad de la adhesión, vida útil y la biocompatibilidad de los sistemas adhesivos. El desequilibrio de la mezcla de ingredientes puede conducir a menor: eficacia, durabilidad, vida útil y a la separación de las fases, mientras que una buena formulación será la clave del éxito clínico a largo plazo.

## **Componentes del adhesivo**

Los adhesivos odontológicos están formados por 3 partes:

- Fase orgánica: monómeros, iniciador, activadores.
- Disolvente.
- Fase inorgánica: Material de relleno.

### **Fase orgánica**

#### **Monómeros:**

Proporcionan resistencia mecánica al sistema adhesivo por formación de enlaces poliméricos cruzados; la cantidad de éstos compuestos tiene influencia en la viscosidad del adhesivo no polimerizado y sobre las propiedades mecánicas del adhesivo polimerizado.<sup>79</sup> El BisGMA (Bisfenol A glicidil metacrilato, apéndice), Figura 7, no polimerizado es muy viscoso, ofrece menor contracción por polimerización y endurecimiento rápido.<sup>68</sup> Presenta dos anillos aromáticos que hacen a éste bastante rígido. Esta propiedad ha demostrado tener un efecto negativo sobre la rapidez de polimerizado, los grupos metileno tendrán dificultades en la búsqueda de otro grupo metileno para unirse. Por lo tanto, es necesario no comprometer la polimerización con la mezcla de otros monómeros de menor peso molecular.<sup>73</sup> Como diluyente se emplea el Trietilenglicol bis (metacrilato) (TEGDMA, apéndice), Figura 8, debido a que tiene mayor flexibilidad, se usa para compensar la rigidez del BisGMA y la mezcla da como resultado co-polímeros.<sup>80-81</sup> Existe controversia acerca de la biocompatibilidad de estos dos monómeros por la citotoxicidad que presenta el BisGMA. Además, algunos estudios indican efectos adversos de ambos BisGMA y TEGDMA, sobre la fertilidad de

ratones.<sup>82,83</sup> Se ha especulado que el BisGMA, puede ser metabolizado por combinación hidrolítica y degradación enzimática formando bisfenol A, un compuesto con actividad estrogénica.<sup>84,85</sup> La liberación de bisfenol A, a partir de resinas BisGMA sigue siendo motivo de controversia. Algunos autores<sup>86-88</sup> han demostrado su presencia en la saliva, mientras que otros llegaron a la conclusión de que la cantidad liberada de bisfenol A es insignificante. Algunos fabricantes han abordado este problema con la omisión de BisGMA en las formulaciones de adhesivo.

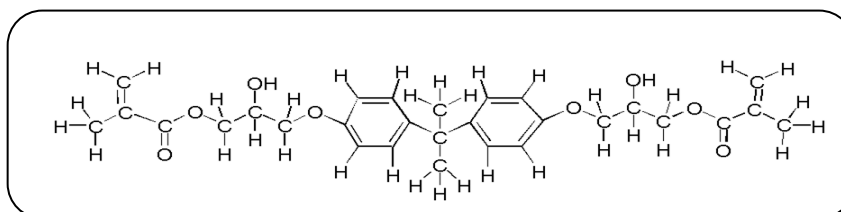


Figura 7. Bisfenol A Glicidil Metacrilato.

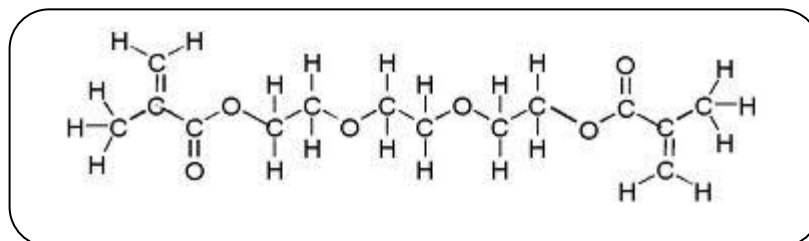


Figura 8. Trietilenglicol bis(metilmetacrilato).

El Trimetilol propano trimetacrilato (TMPTMA, apéndice), Figura 9, es un monómero con alto potencial para la formación de cadenas entre cruzadas. Mynhye<sup>89</sup> y colaboradores recomiendan emplear entre el 15 y el 80% mol para obtener adecuada densidad de cadenas cruzadas y tener mayor resistencia mecánica, no requiere co-monómeros para disminuir la viscosidad.

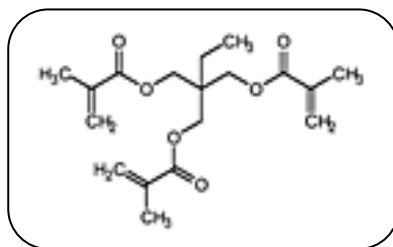


Figura 9. Trimetilolpropano trimetacrilato.

### **Sistema Iniciador:**

Generalmente los iniciadores son moléculas con uniones atómicas de baja energía.<sup>90</sup> La cantidad de iniciador está directamente relacionada con la resistencia mecánica de la resina<sup>91, 92</sup> ya que cuando se tiene polimerización incompleta se presenta monómero residual y las propiedades mecánicas de la resina polimerizada son menores. Los radicales pueden ser producidos por una variación térmica, fotoquímica y métodos de óxido reducción. La elección entre la foto y auto polimerización depende de la finalidad del sistema adhesivo; la principal ventaja de la polimerización iniciada por irradiación es el fácil control sobre el de inicio de la reacción. La camforoquinona (CPQ, apéndice, Figura 10), es un fotoiniciador que absorbe a través de una amplia gama de longitudes de onda (360 a 510nm) con un máximo en 468nm. Cuando se disuelve en agua, su absorción máxima se traslada a 457nm, mientras que en sustancias polares, como el TEGDMA, se traslada a 474nm. Su amplio espectro de absorción es una ventaja. A temperatura ambiente es un polvo cristalino, limitadamente soluble en agua. Uno de sus principales inconvenientes al preparar resinas de restauración, es su inherente color pardo-amarillento, sin embargo, para el adhesivo ortodóncico no es necesario obtener un color específico. Este iniciador, normalmente se usa en cantidades bajas (0.03-0.1%).<sup>94</sup>

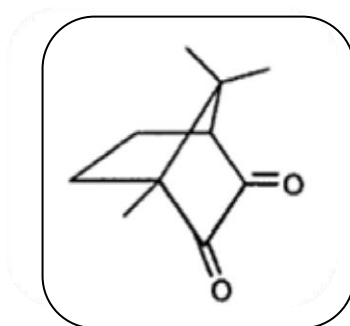


Figura 10.(1R)Camforoquinona.

### **Activador**

N, N-dimetil-p-toluidina (apéndice) se utiliza como fotocatalizador de la polimerización por intermedio de acrilato. Puede ser utilizado como endurecedor de los cementos y adhesivos dentales.<sup>96,97</sup>

### **Disolvente**

La acetona (apéndice) de alto momento dipolar en combinación con su relativa baja constante dieléctrica, permite disolver tanto compuestos polares como no polares. Por esta razón, la acetona es una buena elección para los adhesivos que combinan componentes hidrofóbicos con hidrofílicos. Una de las principales ventajas es su alta presión de vapor, aproximadamente cuatro veces mayor que la del etanol. Sin embargo, su alta volatilidad también puede conducir a reducir la vida útil de los adhesivos, por la rápida evaporación de éste a 20° C.<sup>96</sup> Los sistemas Wetbonding (unión en presencia de humedad) suelen contener acetona para facilitar la eliminación de agua.<sup>97, 98</sup>

El etanol (apéndice) o alcohol etílico ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ ) es un líquido incoloro con un punto de ebullición de 78° C. Al mezclarse con agua en cualquier proporción, da una

mezcla azeotrópica; es miscible en agua en todas las proporciones y también en la mayoría de los disolventes orgánicos, su temperatura de evaporación es de 35° C.<sup>97, 98</sup>

El alcohol isopropílico (apñéndice) también llamado isopropanol, 2-propanol oopropan-2-ol, es un líquido incoloro, inflamable, de olor intenso y miscible en agua, es el ejemplo más sencillo de alcohol secundario donde el carbono del grupo alcohol está unido a otros dos carbonos.<sup>97,98</sup>

### **Fase inorgánica**

Varios autores<sup>99-102</sup> han sugerido que el relleno fortalece la capa adhesiva. Sin embargo, la importancia del efecto de fortalecer con relleno las resinas adhesivas es controvertida, sobre todo porque sólo se añade una pequeña concentración del material de carga.<sup>103</sup> En segundo lugar, los fabricantes añaden partículas de relleno para modificar la viscosidad de los adhesivos. Además, su efecto impide demasiado adelgazamiento o engrosamiento de la capa adhesiva.<sup>104</sup> Si la capa adhesiva es demasiado delgada puede sufrir una polimerización incompleta debido a la inhibición por oxígeno. Las capas gruesas de adhesivo también pueden proporcionar mayor contracción por polimerización, por lo que se debe buscar el mínimo grosor de película.<sup>99-102</sup> Con respecto al contenido y tamaño de relleno, las resinas adhesivas difieren en dos aspectos de las resinas compuestas. Primero, se añaden cantidades bajas de relleno, con el fin de no comprometer la humectación de la unión al sustrato por su viscosidad. Algunas resinas adhesivas pueden contener hasta un 50% en peso.<sup>105</sup> En segundo lugar, el tamaño de las partículas de relleno es un factor clave porque permite

la penetración del adhesivo en las retenciones tanto del esmalte como de los aditamentos ortodóncicos. El que se emplea más frecuentemente es sílice (dióxido de silicio), de origen coloidal, sólo se pueden añadir pequeñas concentraciones de relleno (del 1 al 10%) (Figura 11, Tabla 1, apéndice).<sup>106,107</sup>

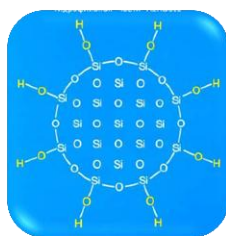


Figura 11. Dióxido de Silicio Silanizado Aerosil R972.

Tabla 1. Propiedades del Aerosil R972

Propiedades	Unidades	Degussa™
BET Área de superficie	m <sup>2</sup> /g	110 ±20
Contenido de carbón	Wt. %	0.6-1.2
Tamaño de partícula	nm	16
Contenido de SiO <sub>2</sub>	Wt. %	≥99.8

### **Silano:**

En general, las partículas de carga en las resinas adhesivas son silanizadas para permitir la unión química entre el relleno y la matriz de resina para promover la adhesión entre otras funciones.<sup>10</sup>



**Planteamiento del problema.-**

Debido a la rápida evolución tecnológica, se ofertan en el mercado adhesivos ortodóncicos de diferente naturaleza: polimetilmetacrilato, ionómero de vidrio y resinas base BisGMA; sin embargo, éste último presenta alta viscosidad y requiere otro monómero para disminuirla, lo que lleva a una co-polimerización.

**Justificación.-**

Existe otro monómero de la misma familia del BisGMA (metacrilato) que puede sustituirlo ya que es poco viscoso, no requiere un co-monómero para disminuir la viscosidad (evitando la co-polimerización), estimula la formación de cadenas cruzadas traduciéndose en mayor resistencia mecánica (resistencia al desprendimiento).

**Pregunta de investigación:**

El adhesivo experimental base TMPTMA, presentará igual o mejor desempeño comparado con otro experimental base BisGMA y dos comerciales con uso en ortodoncia?

**Objetivo:**

Desarrollar una formulación adhesiva con posible aplicación ortodóncica sustituyendo el BisGMA por TMPTMA.

**Objetivos específicos:**

- 1) Evaluar los adhesivos experimentales y controles comerciales en: fuerza de adhesión a través de la prueba mecánica de adhesión usando el método de cizalla propuesto por ISO 11405.<sup>29, 108</sup>
- 2) Determinar la correlación entre el trabajo de adhesión calculado usando el ángulo de contacto (método de Dupré) y la tensión superficial (ley de Tate) con la fuerza de adhesión.
- 3) Encontrar la formulación adhesiva experimental base BisGMA/TEGDMA.
- 4) Encontrar la formulación adhesiva experimental base TMPTMA.
- 5) Medir la fluidez del adhesivo usando el método propuesto por ISO 6876.<sup>109</sup>
- 6) Calcular la sorción del adhesivo usando el método propuesto por ISO 4049.<sup>110</sup>
- 7) Calcular la solubilidad del adhesivo usando el método propuesto por ISO 4049.<sup>110</sup>

**Hipótesis de trabajo:** El adhesivo formulado con TMPTMA presentará mejor desempeño en las propiedades estudiadas que el adhesivo con BisGMA experimental y los controles comerciales.

**Hipótesis alterna:** El adhesivo formulado con TMPTMA presentará igual desempeño en las propiedades estudiadas que el adhesivo experimental con BisGMA experimental y los controles comerciales.

**Hipótesis nula:** El adhesivo formulado con TMPTMA presentará menor desempeño en las propiedades estudiadas que el adhesivo con BisGMA experimental y los controles comerciales.

**Metodología:**

**Tipo de estudio:** Experimental y comparativo.

**Población de estudio:**

- 1) Adhesivo experimental base TMPTMA.
- 2) Adhesivo experimental base BisGMA.
- 3) 2 Adhesivos Comerciales base BisGMA como grupos control.

**Grupos control:**

- 1) Transbond XT (3M Unitek Orthodontic Products, Monrovia California, USA. lote: N097730).
- 2) Ortho Solo (Ormco Corporation, Genoa California, USA Lote: 2781564).

**Variables independientes:**

1. Adhesivo base TMPTMA.  
Variando: porcentaje y tipo de disolvente y porcentaje de material de relleno.
2. Adhesivo base de BisGMA.  
Variando: porcentaje y tipo de disolvente y porcentaje de material de relleno.

**Variables dependientes:**

- ❖ Trabajo de adhesión:  $W \left[ \frac{mJ}{m^2} \right]$
- ❖ Ángulo de contacto (método Dupré):  $[\text{°}]$  (grados)
- ❖ Tensión superficial:  $\left[ \frac{mN}{m} \right]$
- ❖ Módulo Elástico: [MPa]
- ❖ Máximo Esfuerzo: [MPa]
- ❖ Fluidez: [mm]
- ❖ Sorción:  $[\mu\text{g}/\text{mm}^3]$
- ❖ Solubilidad:  $[\mu\text{g}/\text{mm}^3]$

**Presentación de resultados:** Gráficas y Tablas de propiedades físicas, mecánicas y correlación entre ellas.

**Recursos humanos:** Tesista de maestría.

**Recursos financieros:** Proyecto PAPIIT IN114608 “Desarrollo de adhesivos para ortodoncia y resinas compuestas para uso en odontología”

## **Materiales y métodos**

### **Preparación de mezclas**

#### **Materiales y equipos:**

- Cámara filtrante de luz.
- Vasos de precipitados.
- Pipeta.
- Vidrio de reloj.
- Agitador de cristal.
- Espátula para polvos.
- Parrilla de calentamiento con agitador magnético (Thermolyne, Tipo 1000 stir plate, México).
- Agitador magnético.
- Balanza analítica (OHAUS, G200, USA).
- Frascos de vidrio ámbar con tapa.
- Campana extractora.

#### **Reactivos:**

**BisGMA:** Bisfenol A glicerolato dimetacrilato. “Monómero”

Laboratorio: Aldrich.

**TEGDMA:** Tri (etilenglicol) dimetacrilato. “Monómero diluyente”

Laboratorio: Aldrich.

**TMPTMA:** Trimetilopropano de trimetacrilato. “Monómero”

Laboratorio: Aldrich.

**DMPT:** N,N-Dimetil-p-toluidina. “Iniciador”.

Laboratorio: Aldrich.

**CPQ:** (1R) Camforoquinona. “Fotoactivador”

Laboratorio: Aldrich.

**ETOH:** Etanol (alcohol etílico)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ . “Disolvente”.

Laboratorio: Aldrich.

**ISOH:** 2-Propanol (alcohol isopropílico)  $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$ . “Disolvente”

Laboratorio: Aldrich.

**Acetona:** Acetona  $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ . “Disolvente”

Laboratorio: Aldrich.

**Aerosil R-972:** Dióxido de silicio silanizado. “Material de relleno”

Laboratorio: Degussa AG, Germany,

### **Método:**

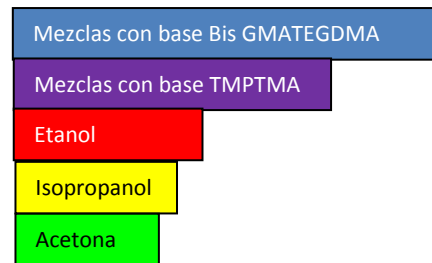
Todas las mezclas fueron preparadas por un solo operador y almacenadas bajo condiciones de humedad y temperatura controladas ( $65 \pm 2\%$ ,  $21 \pm 2^\circ \text{C}$ ).<sup>111, 112.</sup>

Los reactivos fueron colocados en la cámara filtrante a la luz durante 24 horas a  $21 \pm 2^\circ \text{C}$  y  $65 \pm 2\%$  H.R, antes de preparar las mezclas para que adquirieran la temperatura del laboratorio. Las mezclas se prepararon dentro de la campana extractora empleando la cámara filtrante a la luz, se mantuvieron tapadas durante todo el procedimiento para evitar evaporaciones.

Se prepararon 40 mezclas variando los porcentajes en peso de sus componentes conforme a la Tabla 2 y bajo el siguiente procedimiento:

Tabla 2: Composición porcentual de las mezclas obtenidas.

Mezclas Obtenidas					
Fase Orgánica		Disolvente			Fase Inorgánica
Mónomero/DMPT/CPQ					Relleno
Bis GMA/TEGDMA	TMP TMA	ETOH	ISOH	ACETONA	R 972
100		0	0	0	0
50		50			0
89		10			0
87		10			3
84		10			6
81		10			9
50			50		0
90			10		0
89			10		1
50				50	0
86				5	
90				10	0
89				10	1
84				10	6
	100				0
	99				1
	97				3
	94				6
	91				9
	51	49			0
	90	10			0
	89	10			1
	87	10			3
	84	10			6
	81	10			9
	51		49		0
	90		10		0
	89		10		1
	87		10		3
	84		10		6
	81		10		9
	51			49	0
	90			10	0
	89			10	1
	88			10	2
	87			10	3
	84			10	6
	81			10	9





En la balanza analítica se pesaron por separado los componentes de las mezclas. Se colocó el monómero sobre la platina de calentamiento con agitador magnético para incorporar el co-monómero, después se incorporó el iniciador, enseguida el disolvente, almacenado en un frasco cerrado para evitar la evaporación. Al visualizar una mezcla homogénea, se añadió el foto-activador dentro de la cámara filtrante a la luz. Para las mezclas que contenían fase inorgánica, se pesó la mezcla (fase orgánica y aditivos) y en base a esto se determinó el peso equivalente al porcentaje de relleno requerido. Una vez obtenida una mezcla homogénea, fue almacenada en un frasco ámbar, etiquetado con el número de mezcla y fecha de elaboración.

## **Valoración de lámparas de fotopolimerizado:**

### **Materiales y equipos:**

-Lámparas UV de Fotopolimerizado:

Mega Light CL (Cordless LED Curing Light - Mega Light CL DBI AMERICA Boston USA).

Translux Power Blue Heraeus Kulzer Germany.

Elipar 1 Free light (3M ESPE Orthodontic Products, Monrovia California, USA.)

Elipar 2 Free light (3M ESPE Orthodontic Products, Monrovia California, USA.)

Bluphase C8 (Ivoclar Vivadent, Beldererstrasse 2.9494 schaan. Principado de Liechtenstein).

Visilux 2 (3MESPE Orthodontic Products, Monrovia California, USA.)

Elipar 2500 (3M ESPE Orthodontic Products, Monrovia California, USA.)

-Radiómetro de curado (100 Optilux Demetron Research Corporation, Danbury, Ct.USA)

-Radiómetro térmico (200 Heat/ Glare Demetron Research Corporation, Danbury, Ct. USA.)

-Cronómetro.

### **Procedimiento:**

Las lámparas LED inalámbricas fueron conectadas a la corriente eléctrica durante 6 horas para obtener la carga total de acuerdo a las instrucciones del fabricante; se encendieron y se activaron en ciclos de 60 segundos; al término de éste

tiempo se midió la irradiancia o potencial por unidad de superficie y la energía por unidad de superficie hasta su descarga total (Figura 12).

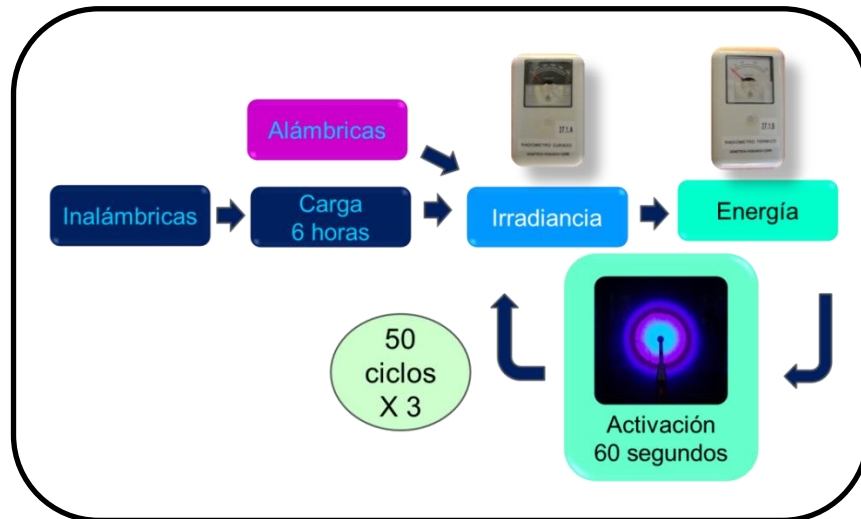


Figura 12. Ciclo de descarga de lámparas de fotopolimerizado.

Una segunda prueba consistió en medir su irradiancia a carga total; encenderlas durante 60 segundos; medir potencia; recargarlas durante 60 segundos; encender nuevamente 60 segundos y medir la potencia. Este ciclo se repitió hasta su descarga total (Figura 13).

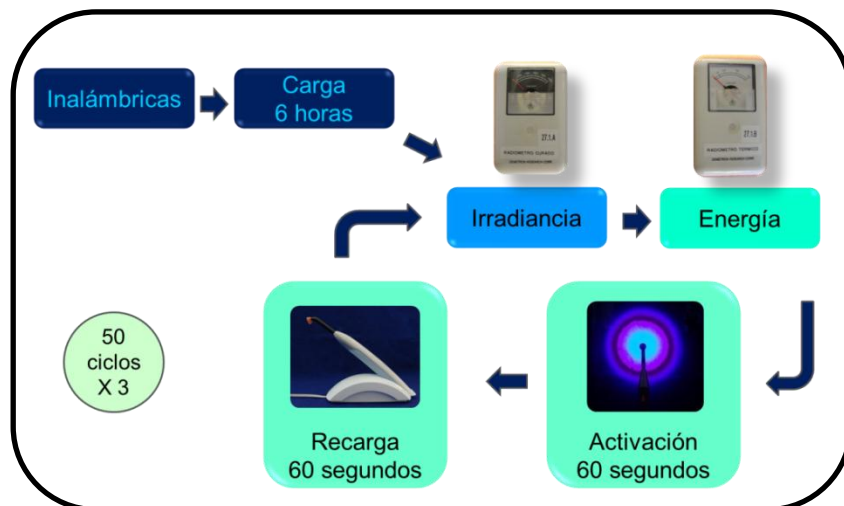


Figura 13. Ciclo de descarga y recarga de lámparas de fotopolimerizado.

Las lámparas alámbricas fueron encendidas y cada 60 segundos de activación se midió su potencia por unidad de superficie sin apagarlas hasta completar 50 mediciones.

## **Prueba de adhesión**

### **Material y equipos:**

- Cilindros de PVC (Policloruro de vinilo). Rexolit, Estado de México, México.
- Tubos plásticos. WOW Actico SA de CV, Estado de México, México.
- Vasos de precipitados.
- Espátula rígida de acero inoxidable.
- Cortadora. Hamco Machines, INC N.Y. USA.
- Pulidor metalográfico, Buekler LTD, Greenwood Evanston Illinois,U.S.A.
- Papel abrasivo (Fandeli, México.) granos 400, 600, 900 y 1200.
- Pinceles para aplicación de adhesivos (Degüsa- Tluisag, Gesehäftsbereich Dental Postfach 1364. D-63403).
- Lámpara de fotopolimerizado (Bluephase 8, Ivoclar Vivadent, Bendererstrasse 2.9494 schaan. Principado de Liechtenstein).
- Radiómetro de curado (100 Optilux Demetron Research Corporation, Danbury, Ct. USA).
- Radiómetro térmico (200 Heat/ Glare Demetron Research Corporation, Danbury, Ct. USA.).
- Envases de plástico con cierre hermético.
- Soporte para montar muestras en máquina universal de pruebas mecánicas.
- Máquina universal de pruebas mecánicas (Instron 5567,Instron, 825 University Avenue, Norwood, MA 02062-2643, USA).
- Sotware SerieIX de Instron, Versión 8.27.00.

**Reactivos:**

-Monómero de acrílico (Metilmetacrilato) Nic Tone cross linked, autocurable (MDC Mental, México).

-Polímero de acrílico, Quarz 62 cross linked, (MDC Mental, México).

**Adhesivos comerciales:**

- Transbond XT (Light Cure, adhesive Primer, Lote:No 97730, 3M Unitek Orthodontic Products, Monrovia California, USA).
- Ortho Solo (Universal Bond Enhancer, ORMCO Corporation, Glendora California, USA).

**Procedimiento:**

Atendiendo al procedimiento de la especificación técnica ISO 11405,<sup>29</sup> se obtuvieron moldes de PVC de 28 mm de diámetro externo y 10 mm de altura, (Figura 14).



Figura 14. Moldes de PVC.

Éstos fueron llenados con acrílico mezclado en proporción volumétrica 3:1 de polímero-monómero de acuerdo a las instrucciones del fabricante. La mezcla fue vertida dentro de los moldes. Se dejó polimerizar en condiciones ambientales para

obtener el sustrato donde se adhirieron cilindros de PMMA, Figura 15. Se utilizaron los tubos plásticos de WOW (6 mm de diámetro x 20 cm de longitud) como moldes para fabricar cilindros de PMMA (botones), los tubos fueron llenados con el mismo acrílico introducido a presión hasta ser obturados en su totalidad; se dejó polimerizar en condiciones ambientales (Figura 16).



Figura15. Moldes de PVC con el sustrato de PMMA.



Figura 16. Molde cilíndrico WOW y varilla de acrílico lograda.

Una vez polimerizadas las varillas de 6 mm de diámetro, se retiraron del molde y fueron seccionadas usando un disco montado en la recortadora para obtener cilindros de 6mm de diámetro x 4mm de longitud (botones, Figura 17). Una vez obtenidos los botones fueron pulidos en el pulidor metalográfico, con papel abrasivo (Fandeli) grano 300, 400, 600, 900 y 1200 con agua. Fueron secados, etiquetados y almacenados en envases cerrados.



Figura 17. Botones de acrílico.

En una de las caras planas del botón (6 x 4 mm) se aplicó con pincel (Figura 18) la mezcla adhesiva y fue colocado sobre la superficie de cada cilindro de PVC con relleno de acrílico (sustrato) ubicándolos a 6 mm de la superficie externa del cilindro (Figura 19) ejerciendo presión sobre el mismo para desplazar el adhesivo excedente. Se incidió la luz de la lámpara durante 20 segundos con la lámpara de fotopolimerizado valorando su potencia previamente con el radiómetro de curado y con el radiómetro térmico. Se colocó la punta de la lámpara de fotopolimerizado en 4 polos del botón, 5 segundos cada vez. Se colocaron 4 botones sobre cada sustrato (manteniendo la misma distancia entre ellos) para obtener 52 especímenes por cada grupo de mezclas y controles comerciales. Una vez adheridos los botones, las muestras fueron etiquetadas y almacenadas durante 24 horas a  $37 \pm 1^\circ \text{C}$ .



Figura 18. Pincel.



Figura 19. Sustrato con botones adheridos.

Los cilindros de PVC fueron instalados en un soporte (Figura 20) sobre la máquina universal de pruebas mecánicas, (Figura 21).





Figura 20. Cilindro montado en el soporte.



Figura 21. Maquina universal de pruebas mecánicas.

La punta del aplicador de fuerza (Figura 22) fue colocada paralela al área de adhesión sobre el primer botón, una vez aplicada la fuerza hasta desprender el botón, se rotó el cilindro de PVC un cuarto de vuelta en sentido horario para ubicar el siguiente botón y así sucesivamente hasta probar los cuatro botones adheridos en cada sustrato. Se aplicó una fuerza con una velocidad de 1mm/ min. Se registraron los valores de fuerza de cada muestra.



Figura 22. Punta de aplicación de fuerza.

### **Módulo elástico y máximo esfuerzo:**

Cálculo del módulo elástico (E) y del máximo esfuerzo (R) soportado por el adhesivo:

$$E = \frac{\sigma_{\text{en la zona elástica}}}{\epsilon_{\text{en la zona elástica}}}$$

Donde  $\sigma$  es esfuerzo y  $\epsilon$  es la deformación

$$R = \frac{fuerza_{m\acute{a}xima}}{A_{original}}$$

Donde A es el área que se calcula de la siguiente forma:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Donde D es el diámetro del botón

## **Obtención de agua bidestilada**

### **Material y equipo:**

- Controlador de Potencia.
- Platina de calentamiento con agitador magnético. (Thermolyne Tipo 1000 Stir Plate)
- Mantilla térmica.
- Matraz de 250 mL.
- Cuello de ganso.
- Vaso de precipitados.
- Termómetro.
- Circulador con sistema de enfriamiento

### **Procedimiento:**

Atendiendo a la metodología de la especificación ISO 3696: 1987<sup>113</sup> se preparó agua. Se calentaron 200 mL de agua desionizada hasta ebullición. La primera parte de la destilación (Cabeza=10mL) se desechó. Se recolectó la siguiente fase de la destilación (Cuerpo). Los últimos 30mL correspondientes a la última fase de la destilación (Cola) fueron desechados. Este procedimiento fue repetido hasta obtener 5 litros de agua destilada, de la cual se almacenaron 2 litros en frascos de vidrio estériles, etiquetados con la fecha de destilación. Los 3 litros restantes se destilaron nuevamente para obtener agua bidestilada, la cual fue almacenada en frascos de cristal etiquetados con la fecha de destilación.

**Ángulo de contacto y tensión superficial:****Material y equipo.**

- Soporte mecánico (gato).
- Soporte universal.
- Picnómetro (25 mL).
- Agua desionizada.
- Frascos de vidrio con tapa, esterilizados.
- Jeringas para insulina (Terumo U-100 1cc/mL, 13 mm).
- Monómero de acrílico: Nic Tone cross linked, autocurable (mdc Mental, México).
- Polímero de acrílico: Nic Tone cross linked, (mdc dental, México).
- Nivel de burbuja.
- Cámara digital (Eye 320, Genius, USA)
- Programa para análisis de imágenes(XG1.5).
- Pulidor metalográfico. Buekler LTD, metalurgical apparatus, Greenwood Evanton Illinois, U.S.A.
- Molde de acero inoxidable.
- Aceite de silicón.
- Pincel.
- Placas de vidrio de 20x25cm y 3mm de espesor, 300g de peso.
- Cinta Mylar.
- Probeta.
- Papel abrasivo granos 300, 400, 600, 900 y 1200. (Fandeli, México).
- Microscopio Óptico (Ernest Leitz Wetzalar, Germany).

**Reactivos:****-Agua:**

Desmineralizada (Golden Hills Lote No: AGO08HR1807-C).

Destilada: obtenida en laboratorio.<sup>113</sup>

Bidestilada: obtenida en laboratorio.<sup>113</sup>

**-Monómeros:**

BisGMA: Bisfenol A glicerolato dimetacrilato. "Monómero"

TEGDMA: Tri (etilen glicol) dimetacrilato. "Monómero diluyente"

TMPTMA: Trimetilolpropano trimetacrilato. "Monómero".

**-Disolventes:**

Alcohol etílico.

Alcohol isopropílico.

Acetona.

-Iniciador: N,N-Dimetil-p-toluidina.

**-Adhesivos comerciales:**

- Transbond XT (Light Cure, adhesive Primer, Lote:NO 97730, 3M Unitek Orthodontic Products, Monrovia California, USA).
- Ortho Solo (Universal Bond Enhancer, Lote:2781564, ORMCO Corporation, Glendora California, USA).

**Procedimiento:** 114-120

Se diseñó y construyó un instrumento para medir ángulo de contacto y tensión superficial que constó de una caja plástica con tapa corrediza; la cual contiene una mesa soporte para colocar los diferentes adherentes que son alineados al eje focal de la cámara digital que captó la imagen del canto del adherente y de la gota de la mezcla. La tapa presenta una ventana transparente que permitió el control e iluminación de la muestra.

El tamaño de la gota se controló usando la jeringa para insulina; ésta se encontraba dentro de un dosificador fabricado con aluminio y diseñado para este fin. La cámara conectada a una computadora, permitió verificar y tomar una fotografía inmediatamente, que la gota entró en contacto con el adherente, Figura 23.

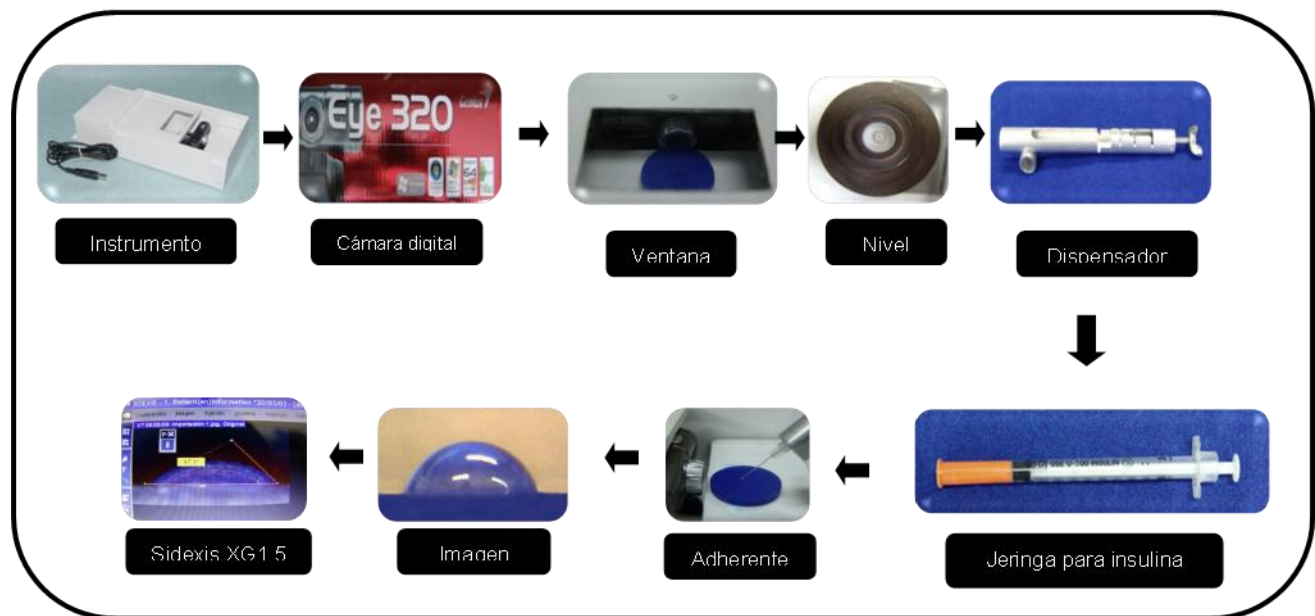


Figura 23. Secuencia de operación para medición del ángulo de contacto.

La medición del ángulo de contacto se realizó directamente sobre la fotografía usando el programa para análisis de imágenes digitales (Sidexis, XG1.5) (Figuras 24 y 25).

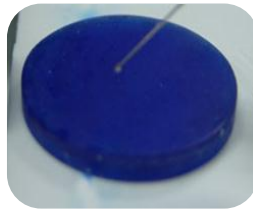


Figura 24. Sustrato de PMMA.

Se fabricaron cilindros de acrílico (Figura 24) de 25mm de diámetro y 3.5mm de espesor, empleando un molde de acero inoxidable al cual se le aplicó una película de aceite de silicón; éste se colocó sobre una placa de vidrio (200 x 250x 3 mm de espesor y 300 g de peso); entre la placa de vidrio y el molde se colocó cinta Mylar. Se mezcló el acrílico en un vaso de precipitados con proporciones polímero: monómero 3:1 en volumen de acuerdo a las instrucciones del fabricante. La mezcla fue vertida dentro del molde y se cubrió con otra cinta Mylar, colocando encima otra placa de vidrio de las mismas dimensiones. Una vez polimerizados los cilindros se retiraron del molde y fueron pulidos en el pulidor metalográfico con papel abrasivo granos 600, 900, 1200 y agua. Fueron secados y almacenados en bolsas etiquetadas selladas.

### **Captura de imágenes:**

Se colocó el sustrato de acrílico sobre la platina del instrumento y se verificó con el nivel de burbuja, que la caja y el adherente estuvieran paralelos. El paralelismo de la cámara se verificó en la pantalla de la computadora al plano horizontal.

Se llenó parcialmente la jeringa con el líquido y se introdujo al dosificador. Se dosificó una gota del líquido sobre el adherente (cada activación del dosificador equivale a un cuarto de vuelta o 0.25mm de desplazamiento), tomando la fotografía inmediatamente que ésta tocó el sustrato. Se tomaron 25 fotografías de cada líquido que fueron analizadas con Sidexis, XG1.5, midiendo dos veces de cada lado el ángulo formado entre el adherente y el adhesivo (Figura 25), obteniendo al final 100 mediciones por grupo.

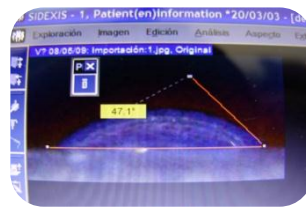


Figura 25. Imagen en Sidexis XG1.5.

### **Comprobación matemática del ángulo de contacto:**

Usando la fórmula de Young Dupré se calcularon los ángulos de contacto. Se imprimieron las imágenes de cada grupo obtenidas con la cámara digital sin manipulación; sobre ellas se midió el ancho ( $w$ ) y altura ( $h$ ) de la gota (Figura 26).

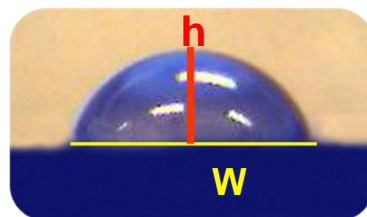


Figura 26. Dimensiones de  $w$  y  $h$  de la gota.



Para obtener el ángulo de contacto se empleó la fórmula:

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{2h}{w}$$

Donde  $\theta$  es el ángulo de contacto.

Los resultados obtenidos fueron comparados con los obtenidos por el método experimental propuesto.

**Tensión superficial:**

El método propuesto por Tate<sup>121</sup> necesita del diámetro y del peso de la gota así como del diámetro interno del capilar del instrumento que deposita la gota y de la densidad del líquido. Para obtener una gota bien definida se desgastó la punta de la aguja eliminando el bisel con el pulidor metalográfico empleando papel abrasivo de grano 600 y agua. Se llenó la jeringa con el líquido y se instaló en el dosificador; éste fue colocado en un soporte universal con ayuda de pinzas de sujeción para mantenerla en posición vertical, perpendicular a la platina y paralela a la cámara. Se giró el dispensador con una relación de 1mm por cada vuelta, hasta que el líquido fluyó libremente por acción de la fuerza de gravedad.<sup>123</sup>



Figura 27. Medición de diámetro y peso de la gota

Se tomaron 10 videos por líquido desde el momento en que se accionó el dispositivo hasta que la gota se desprendió de la aguja (Figura 27). Se tomaron fotografías al momento que se formaba la gota antes de caer, las que fueron analizadas con Sidexis, XG1.5, así como manualmente sobre impresiones.

En la balanza analítica se pesó, sobre un vidrio de reloj una gota de cada líquido analizado. Con el microscopio Óptico (125 X) se midió el diámetro interno de la aguja de la jeringa montada en el dispensador. Para obtener los resultados de tensión superficial se empleó la fórmula:

$$Y = \frac{g\rho D^3}{D_0}$$

Donde:

$\gamma$ = tensión superficial

$g$ = aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

$\rho$ = densidad del líquido (g/cm<sup>3</sup>)

$D$  = diámetro de la gota (cm)

$D_0$ = diámetro interno de la aguja (cm)

**Densidad de líquidos:**

Para calcular la densidad, se pesó el picnómetro (volumen 25mL) en la balanza analítica se taró a cero. Posteriormente se vertió el líquido dentro de él utilizando una bureta, se colocó el tapón para que el líquido fluyera por el capilar hasta su máxima capacidad, se pesó nuevamente, Figura 28. Se empleó la fórmula:

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

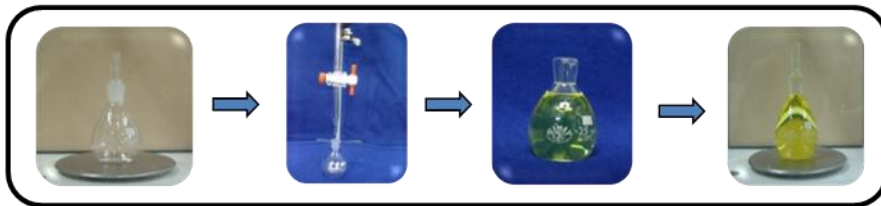


Figura 28. Secuencia para obtener los pesos y calcular densidad.

**Trabajo de adhesión**

El trabajo de adhesión,  $W$ , se calculó usando la ecuación de Young Dupré:

$$W = \gamma (1 + \cos\theta)$$

Donde  $\gamma$  es la tensión superficial y  $\theta$  el ángulo de contacto.

**Sorción y solubilidad:****Materiales y equipo:**

- Molde de acero inoxidable (4.43 mm de diámetro y 1.5mm de espesor).
- Vernier (Electronic Digital Caliper, USA).
- Aceite de Silicón.
- Pincel.
- Lámpara de fotopolimerizado Bluephase C8 (Ivoclar Vivadent, Bendererstrasse 2.9494 schaan. Principado de Liechtenstein).
- Radiómetro de curado Optilux (Demetron Research Corporation. Danbury, Ct. USA.)
- Radiómetro térmico modelo 200, (Heat/ Glare Demetron Research Corporation. Danbury, Ct. USA.)
- Cinta Mylar.
- Desecador con sílica.
- Balanza Analítica (OHAUS, USA)
- Cámara ambientadora (Horno Felisa, México).
- Placa de vidrio.
- Pesa de 500 g.
- Mezclas experimentales.
- Transbond XT (Light Cure, adhesive Primer, Lote:NO 97730, .M Unitek Orthodontic Products, Monrovia California, USA).
- Ortho Solo (Universal Bond Enhancer, Lote:2781564, ORMCO Corporation, Glendora California, USA).

**Procedimiento:**

Se prepararon 50 especímenes de cada grupo utilizando un molde de acero inoxidable de 4.43 mm de diámetro y 1.5 mm de espesor (Figura 29). Se colocó una gota de adhesivo al centro del molde.



Figura 29. Molde para sorción y solubilidad.

Para polimerizar los especímenes se empleó una lámpara de foto-polimerizado, se valoró su funcionamiento en cuanto a irradiancia y calor generado. Se colocó la punta de la lámpara de fotopolimerizado sobre el centro del adhesivo durante 20 segundos. Una vez polimerizados, fueron colocados dentro del desecador con sílica y éste dentro de la cámara de temperatura controlada a  $37 \pm 1^\circ \text{C}$ . La sílica fue deshidratada previamente durante 5 horas a  $130^\circ \text{C}$ . Transcurridas 24 horas, las muestras se pesaron en una balanza analítica con una precisión de  $\pm 0.2 \text{mg}$  repitiendo este ciclo hasta que se obtuvo una masa constante, es decir hasta que la masa perdida de cada muestra no fuese mayor  $0.2 \text{mg}$  en un periodo de 24 horas. Esta medición fue reportada como  $M_1$ .

Una vez estabilizados los especímenes fueron colocados individualmente en recipientes herméticamente sellados con dos tipos de agua: grupo 1) agua desmineralizada y grupo 2) agua bidestilada.<sup>123-134</sup> Los contenedores fueron

almacenados a 37° C durante 7 días dentro de la cámara con temperatura controlada. Después de éste tiempo, se removieron los especímenes, se secaron con papel, se agitaron al aire durante 15 segundos y una vez transcurrido un minuto de haberlos retirado del agua, se pesaron para obtener (M<sub>2</sub>).

Los especímenes fueron colocados en el desecador a 37° C, hasta que la pérdida de masa no fue mayor a 0.2 mg; se reportó como M<sub>3</sub>. (Figura 30).

Se midió el diámetro y el espesor de cada espécimen desde el centro de la circunferencia y hacia cuatro puntos ortogonales colocados a la misma distancia para calcular el volumen en milímetros cúbicos:

$$V = \frac{\pi D^2 h}{4}$$

Donde:

V= volumen del espécimen.

D= diámetro del espécimen.

H= espesor del espécimen.

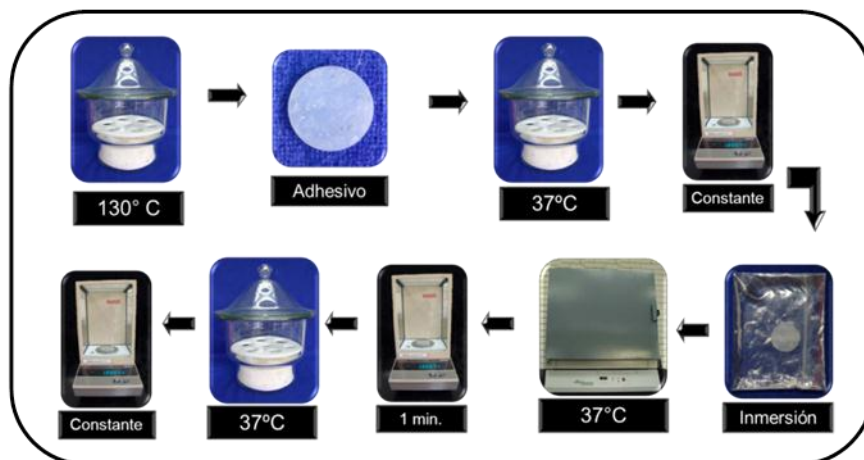


Figura 30. Método de sorción y solubilidad.

Para calcular la sorción acuosa,  $S$  expresada en  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ , se empleó la fórmula:

$$S = \frac{M_2 - M_1}{V}$$

Donde:

$M_1$ = Es el peso de la muestra después de la primer desecación.

$M_2$ = Es el peso de la muestra después de 7 días de inmersión en agua.

Para la solubilidad,  $W_{s1}$  en  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ , para cada uno de los especímenes se utilizó la siguiente ecuación:

$$W_{s1} = \frac{M_1 - M_3}{V}$$

Donde:

$M_1$ = Es el peso de la muestra después de la primer desecación.

$M_3$ = Es el peso de la muestra después de la segunda desecación.



## **Fluidez**

### **Materiales y equipo:**

- Papel milimétrico
- Placas de vidrio (30 mm de ancho x 30 mm de largo y 5 mm de grosor).
- Pesa de 15g.
- Cámara filtrante a la luz.
- Cronómetro.
- Jeringa desechable.
- Reactivos:
  - Adhesivos experimentales.
  - Transbond XT (Light Cure, adhesive Primer, (3M Unitek Orthodontic Products, Monrovia California, USA).
  - Ortho Solo (Universal Bond Enhancer, ORMCO Corporation, Glendora California, USA).

### **Procedimiento:**

Para valorar la fluidez de los materiales, atendiendo a ISO 6876<sup>123</sup> se colocó una hoja de papel milimétrico bajo la placa de vidrio (30 mm de ancho x 30 mm de largo y 5mm de grosor), se depositaron 0.5 mL de adhesivo, sobre la placa de vidrio, inmediatamente después el adhesivo fue cubierto con otra placa de vidrio de las mismas dimensiones y colocando sobre ellas y al centro, una pesa de 15 gramos para obtener un peso total de 120 g sobre el adhesivo. Se colocaron dentro de la cámara filtrante a luz durante 10 minutos debido a que las mezclas y los adhesivos comerciales son fotopolimerizables; transcurrido éste tiempo, fue medido sobre papel milimétrico el

diámetro menor y el diámetro mayor de cada muestra valorada por observación directa a través de los vidrios (Figura 31). Se reportó el promedio de las dos mediciones.<sup>124</sup>

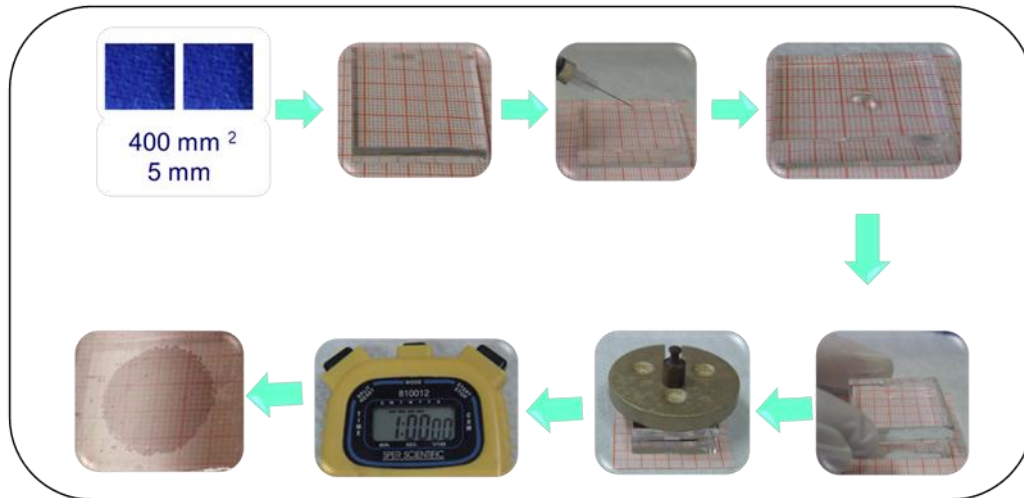


Figura 31. Método para medir fluidez.

## Medición de temperatura del esmalte dental y la humedad relativa de la boca

### Materiales y equipo:

- Termómetro digital (High Temperature IR Thermometer, Extech Instruments, USA).
- Higrómetro.

### Procedimiento:

Se midió la temperatura de la superficie del esmalte de 30 pacientes empleando el termómetro digital con señalador infrarrojo para determinar la zona exacta sobre la que se midió la temperatura (centro de la corona clínica del diente).

El termómetro fue colocado a 60cm de la boca del paciente, apuntando con el infrarrojo durante 5 segundos, realizando 10 repeticiones por paciente (3 centrales superiores, 3 centrales inferiores, 2 premolares superiores, 2 premolares inferiores). Para determinar el porcentaje de humedad relativa se empleó un higrómetro sostenido por los dientes anteriores del paciente durante el proceso de prueba de medición de la temperatura, (Figura 32).

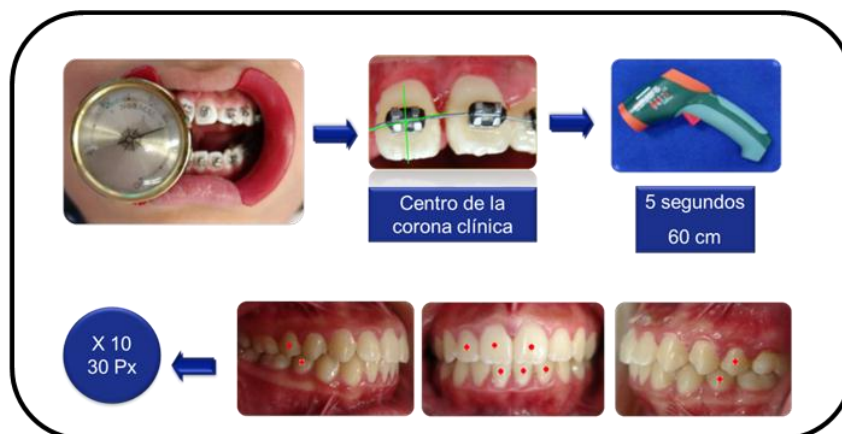


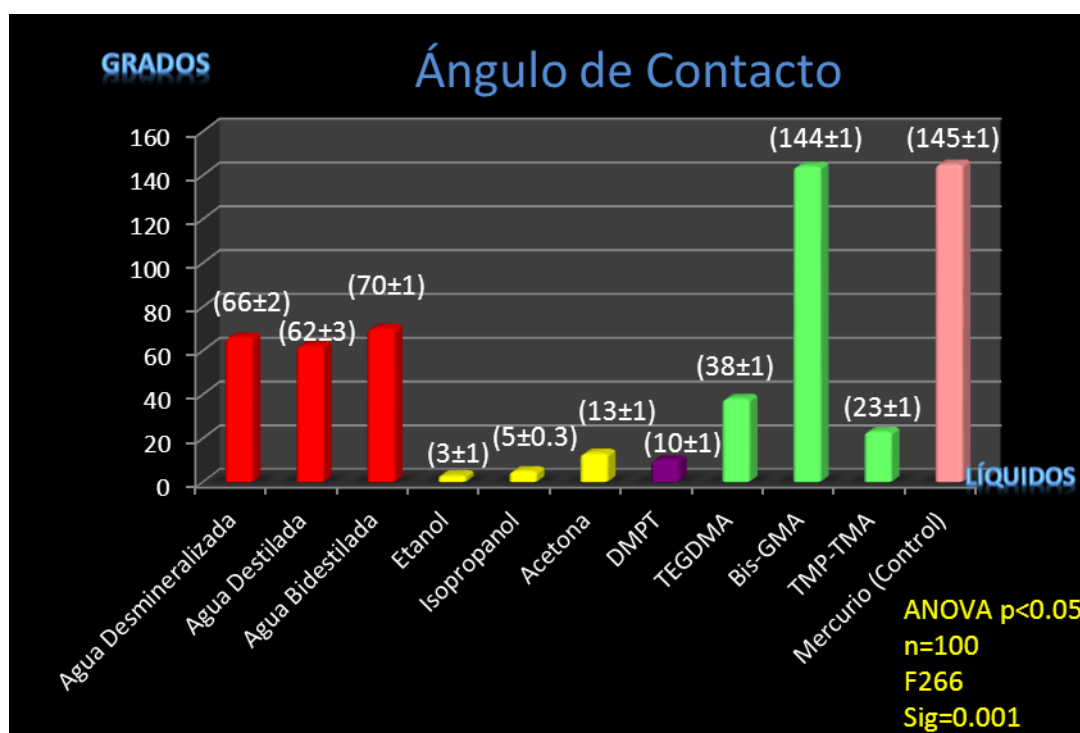
Figura 32. Método para evaluar temperatura y %HR de la superficie de trabajo del adhesivo.

## Resultados

### Ángulo de contacto, tensión superficial, trabajo de adhesión y prueba de adhesión a concentración 50% de disolvente:

Con el sistema de medición se obtuvieron 50 lecturas (25 del lado derecho y 25 del lado izquierdo de la gota) de ángulo de contacto de cada líquido empleado en las mezclas así como del mercurio como líquido de comparación (Gráfica 1. y Tabla 2.). Los resultados fueron tratados con ANOVA ( $p < 0.05$ ) y prueba de Tukey.

Gráfica 1: Ángulo de contacto de reactivos en Contacto con sustratos de PMMA



Agua Disolvente Iniciador Monómero

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre todos los grupos de líquidos (aguas, disolventes, iniciador y monómeros); al comparar los tres disolventes y los tres monómeros también se encontraron diferencias ( $p < 0.05$ ); al cotejar los valores de los tres tipos de agua no se hallaron diferencias ( $p > 0.05$ ). Con el valor del mercurio se comprobó la validez del instrumento ya que éste coincidió con el reportado en la literatura ( $145^\circ$ ).<sup>127</sup>

Para calcular la tensión superficial se midió el diámetro de la gota de cada reactivo (Tabla 3) y de las mezclas 50% monómero y 50% disolvente (Tabla 4)<sup>117</sup>.

Se midió el diámetro interno del capilar de la aguja (Figura 33 y 34) del dispensador de la gota con microscopio óptico, siendo de 0.155mm (Tabla 2). Se usó la siguiente ecuación:

$$Y = \frac{g\rho D^3}{D_0}$$



Figura 33. Vista lateral de la punta de la aguja.



Figura 34. Vista de la punta de la aguja con microscopio óptico (125 X).

La densidad se calculó con la expresión:

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

El trabajo de adhesión se calculó en función del ángulo de contacto y la expresión:

$$W = Y(1 + \cos \theta)$$

Tabla 3. Resultados de promedios de reactivos a temperatura ambiente (21° C)

Líquido	Ángulo de contacto (°)	peso de gota mg	D. Int aguja mm	Densidad g/cm <sup>3</sup>	Tensión superficial mN/m
Agua Desmineralizada	66	5.8	0.155	0.97	63.79
Agua Destilada	62	5.9	0.155	0.97	68.5
Agua Bidestilada	70	5.3	0.155	0.96	69.67
Etanol	10	3.5	0.155	0.78	25.29
Isopropanol	11	3.4	0.155	0.74	16.62
Acetona	13	3.4	0.155	0.76	32.62
DMPT	10	3.8	0.155	0.94	40.48
TEGDMA	38	7.3	0.155	1.04	75.46
BisGMA	144	5.9	0.155	1.13	31.75
TMPTMA	23	5.4	0.155	1.03	26.81
Mercurio (Control)	145	27.2	0.155	1.11	13.05

Tabla 4. Resultados de promedios de mezclas 50:50 monómero: disolvente

Mezcla 50% Monómero 50% Disolvente	Ángulo de contacto (°)	peso de gota mg	D. Int aguja mm	Densidad g/cm <sup>3</sup>	Tensión superficial mN/m	Trabajo de adhesión mJ/m <sup>2</sup>
1 (Bis/ETOH)	21	4.30	0.155	0.91	25.56	48.72
2 ((Bis/ISOH)	18	4.00	0.155	0.92	66.78	128.70
3 (Bis/Acetona)	22	4.40	0.155	1.00	41.09	78.02
4 (TMP/ETOH)	13	3.80	0.155	0.89	31.72	62.35
5 (TMP/ISOH)	9	3.90	0.155	0.88	31.29	62.01
6 (TMP/Acetona)	18	4.00	0.155	0.89	36.84	71.47
7 (100% TMPTMA)	23	5.40	0.155	1.03	54.7	103.86

**Prueba de adhesión:**

Se determinó el área de adhesión usando la fórmula matemática:

$$A = \frac{\Pi}{4} D^2$$

Se evaluó la adhesión (resistencia al desprendimiento de 50 especímenes por cada grupo con prueba compresiva por Cizalla) de los grupos control obteniendo los valores expresados en la Tabla 4. Así como de las mezclas propuestas inicialmente hechas con 50% de monómero y 50% disolvente, (Tabla 5).

Tabla 5. Fuerza máxima y resistencia al desprendimiento con “cizalla” de grupos control

Grupos control		
Adhesivo	Fuerza Max (N)	Resistencia [MPa]
Transbond XT	20	0.74
Ortho Solo	63	2.29

Tabla 6. Fuerza máxima y resistencia al desprendimiento mezclas con 50% de disolvente

Fase Orgánica (Monómero/DMPT/CPQ)	Prueba de Adhesión Disolvente (%)			Fuerza Maxima (N)	Resistencia [MPa]
	Etanol	Isopropanol	Acetona		
Bis GMA/ TEGDMA	50			0	0
Bis GMA/ TEGDMA		50		0	0
Bis GMA/ TEGDMA			50	0	0
TMP TMA	50			0	0
TMP TMA		50		0	0
TMP TMA			50	0	0

NOTA: Valores de CERO significa que no hubo adhesión

### Valoración de las concentraciones del disolvente en las formulaciones

En la base BisGMA (BisGMA/TEGDMA/DMPT/CPQ) se comprueba que al agregar un co-monómero (TEGDMA) al BisGMA disminuye el ángulo de contacto de 144° a 38° (Gráfica 2).

Las Tablas 7 y 8 muestran los resultados de la prueba de adhesión a 10 y 5 % de concentración de disolventes, sin fase inorgánica.

Tabla 7. Fuerza máxima y resistencia al desprendimiento mezclas con 10% de disolvente

Prueba de Adhesión						
Fase Orgánica (Monómero/DMPT/CPQ)		Disolvente (%)			Fuerza Maxima (N)	Resistencia [MPa]
Monómero	Etanol	Isopropanol	Acetona			
Bis GMA/ TEGDMA	10			63	2.29	
Bis GMA/ TEGDMA		10		33	1.20	
Bis GMA/ TEGDMA			10	56	2.04	
TMP TMA	10			0	0	
TMP TMA		10		0	0	
TMP TMA			10	0	0	

NOTA: Valores de CERO significa que no hubo adhesión

Tabla 8. Fuerza máxima y resistencia a la adhesión con 5% disolvente sin fase inorgánica

Prueba de Adhesión						
Fase Orgánica (Monómero/DMPT/CPQ)		Disolvente (%)			Fuerza Maxima (N)	Resistencia [MPa]
Monómero	Etanol	Isopropanol	Acetona			
Bis GMA/ TEGDMA				28	1.02	
Bis GMA/ TEGDMA	5			47	1.73	
Bis GMA/ TEGDMA			5	58	2.11	

NOTA: Los recuadros en negro significa que la formulación no contiene ese tipo de disolvente.



En ambas tablas se observa la influencia al disminuir el disolvente al pasar de no adhesión con 50% de disolvente (0 MPa) en los tres sistemas con 5% de disolvente a presentar valores. El TMPTMA continuó sin mostrar adhesión.

### Variación de concentraciones del disolvente y material de relleno

La Tabla 8 muestra los resultados de la prueba de adhesión a 10 % de concentración de disolventes y diferentes concentraciones de material de relleno.

Tabla 9. Fuerza máxima y resistencia al desprendimiento de mezclas con 10% disolvente y agregado de material de relleno

Prueba de Adhesión						
Fase Orgánica	Disolvente (%)			Relleno (%)	Fuerza Maxima (N)	Resistencia [MPa]
(Monómero/DMPT/CPQ)	Etanol	Isopropanol	Acetona			
Monómero	Etanol	Isopropanol	Acetona	Relleno (%)	Fuerza Maxima (N)	Resistencia [MPa]
Bis GMA/ TEGDMA	10			1	26	0.95
Bis GMA/ TEGDMA	10			3	30	1.09
Bis GMA/ TEGDMA	10			6	2	0.07
Bis GMA/ TEGDMA	10			9	57	2.08
Bis GMA/ TEGDMA		10		1	19	0.70
Bis GMA/ TEGDMA			10	1	37	1.36
Bis GMA/ TEGDMA			10	6	31	1.14
TMP TMA	10			1	24	0.88
TMP TMA	10			3	3	0.11
TMP TMA	10			6	44	1.60
TMP TMA	10			9	24	0.87
TMP TMA		10		1	27	0.98
TMP TMA		10		3	34	1.24
TMP TMA		10		6	69	2.51
TMP TMA		10		9	37	1.35
TMP TMA			10	1	0	0.00
TMP TMA			10	2	15	0.53
TMP TMA			10	3	15	0.57
TMP TMA			10	6	22	0.79
TMP TMA			10	9	15	0.55

NOTA: Los recuadros en negro significa que la formulación no contiene ese tipo de disolvente.

Se observa la influencia del contenido de relleno en ambos monómeros sobre todo, en el TMPTMA donde existe adherencia como se observa en las Tablas 8 y 9.

Tabla 10. Fuerza máxima y resistencia a la adhesión con TMPTMA con agregado de relleno sin disolvente

Prueba de Adhesión							
Fase Orgánica (Monómero/DMPT/CPQ)		Disolvente (%)			Fase inorgánica		
Monómero		Etanol	Isopropanol	Acetona	R 972 (%)	Fuerza Max (N)	Resistencia [Mpa]
TMP TMA					0	0	0
TMP TMA					1	0	0
TMP TMA					3	19	0.68
TMP TMA					6	14	0.51
TMP TMA					9	8	0.28

NOTA: Los recuadros en negro significa que la formulación no contiene ese tipo de disolvente.

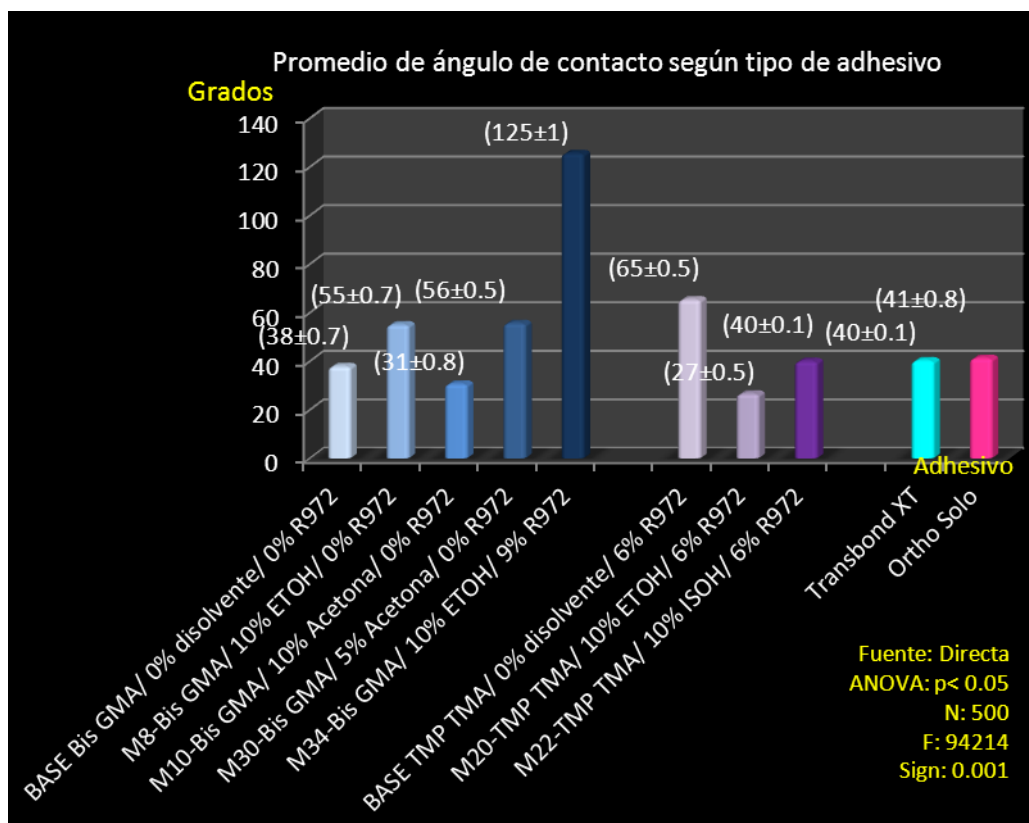
Una vez realizados los ensayos de adhesión se seleccionaron las mezclas que mayor Resistencia a la misma presentaron (cuatro base BisGMA y 2 base TMPTMA) y se les denominó mezclas adhesivas (Tabla 11) y a quienes se les realizaron pruebas físicas.

Tabla 11. Identificación de mezclas adhesivas y bases

Mezclas Adhesivas							
Fase Orgánica (Monómero/DMPT/CPQ)		Disolvente (%)			Fase inorgánica		
Mezcla	Monómero	Etanol	Isopropanol	Acetona	R 972 (%)	Fuerza Max [N]	Resistencia [MPa]
Base Bis	BisGMA/ TEGDMA						
M8	BisGMA/ TEGDMA	10%				63	2.29
M10	BisGMA/ TEGDMA			10%		56	2.04
M30	BisGMA/ TEGDMA			5%		58	2.11
M34	BisGMA/ TEGDMA	10%			9%	57	2.08
Base TMPTMA	TMP TMA				6%		
M20	TMP TMA	10%			6%	44	1.60
M22	TMP TMA		10%		6%	69	2.51

Se midió el ángulo de contacto de las mezclas que presentaron los valores más altos de Resistencia a la adhesión, así como de las mezclas base (Gráfica 2).

Gráfica 2. Ángulo de contacto de mezclas adhesivas



En la base BisGMA (BisGMA/TEGDMA/DMPT/CPQ) se comprueba que al agregar material de relleno aumenta el ángulo de contacto (de 38 a 125°) y la viscosidad.

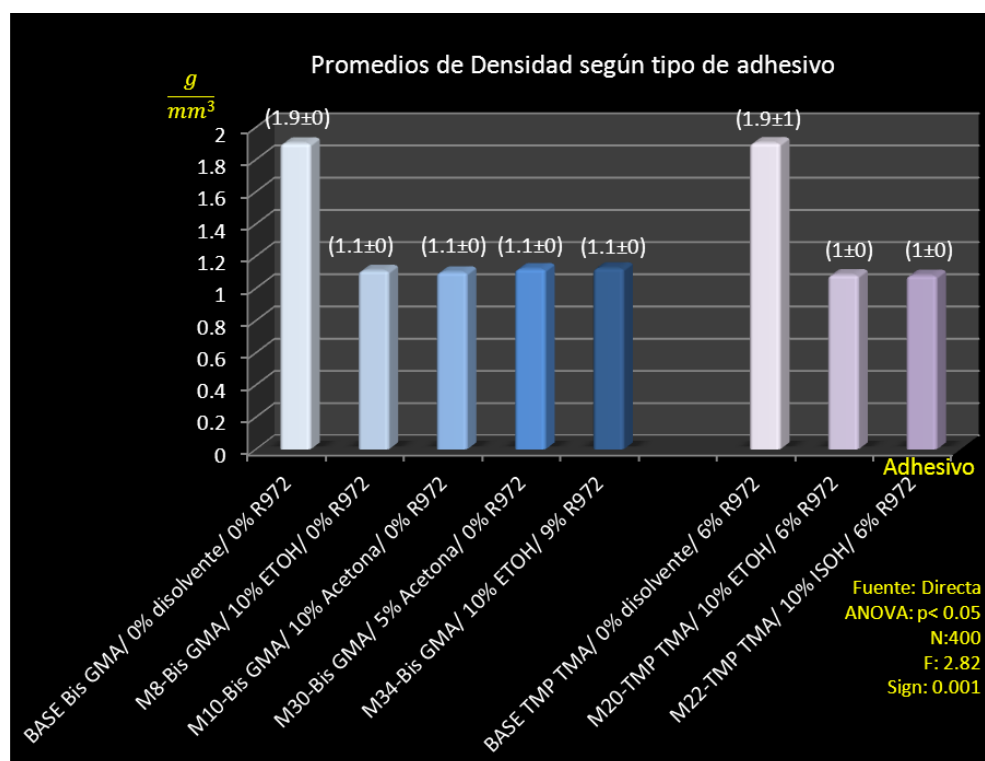
En la Gráfica 2 se muestran únicamente mezclas con base TMPTMA con 6% de relleno y alcohol debido a que fueron las que mayor resistencia a la adhesión (M20: 1.6 MPa y M22: 2.51 MPa), (ver tabla 11) se observa que el disolvente disminuye el ángulo

de contacto ya que la Base de TMPTMA (TMPTMA/DMPT/CPQ) presentó (65°) y al agregar etanol o isopropanol disminuyen a 27° y 40°.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas únicamente entre M30 (BisGMA/TEGDMA/10%Etanol/9%R972) debido al contenido de material de relleno.

Se calculó la densidad de las mezclas adhesivas, los resultados fueron tratados con ANOVA (Gráfica 3) y prueba de TUKEY. Las diferencias significativas entre grupos únicamente se presentan entre las bases (sin disolvente) y las diferentes mezclas correspondientes a cada monómero.

Gráfica 3. Densidad de mezclas adhesivas

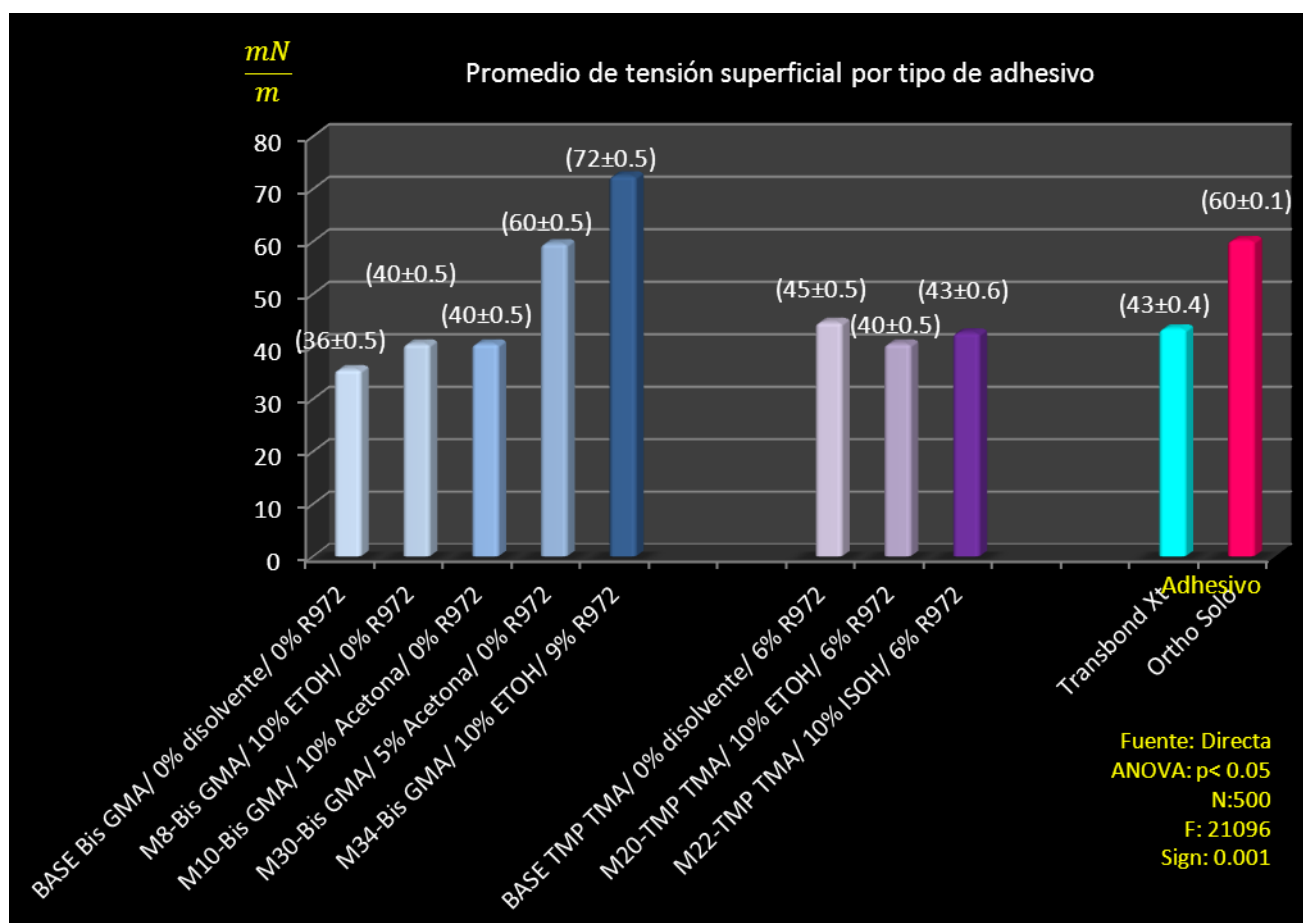


Nota: desviación estándar de CERO significa valores menores a  $0.05 \text{ g/mm}^3$ .

### Tensión superficial:

En la Gráfica 4 se observa la influencia tanto del disolvente como del material de relleno. Para encontrar las diferencias y similitudes estadísticas se realizó prueba de Tukey, encontrando diferencias estadísticamente significativas entre todos los grupos con respecto al adhesivo comercial Ortho Solo y a la mezcla experimental M30.

Gráfica 4. Promedio de tensión superficial según el tipo de adhesivo.



### Trabajo de adhesión:

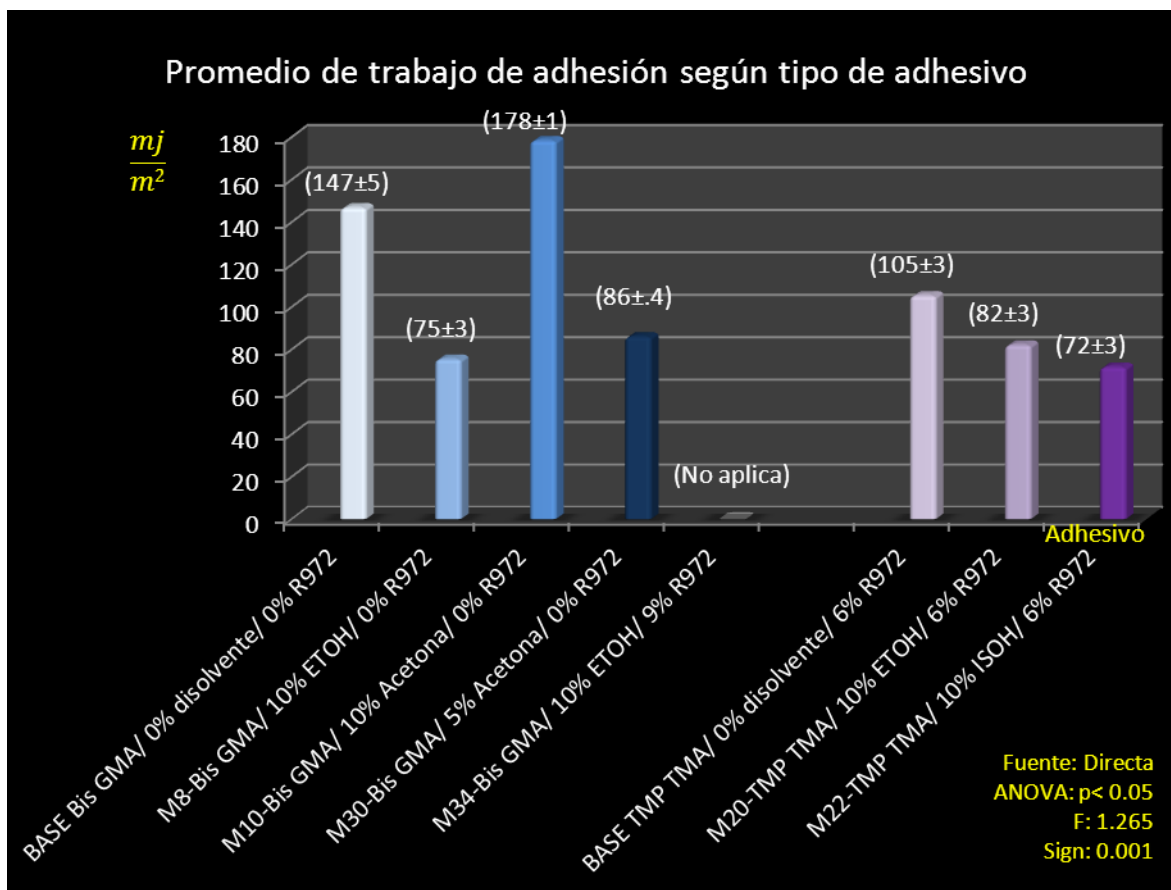
Una vez obtenidos los valores necesarios (ángulo de contacto, tensión superficial, diámetro del capilar y densidad) se calculó el trabajo de adhesión (Gráfica 5).

Usando la ecuación de Young Dupré:

$$W = Y ( 1 + \cos \theta )$$

Donde  $Y$  es la tensión superficial y  $\theta$  el ángulo de contacto.

Gráfica 5. Valores de trabajo de adhesión según tipo de adhesivo

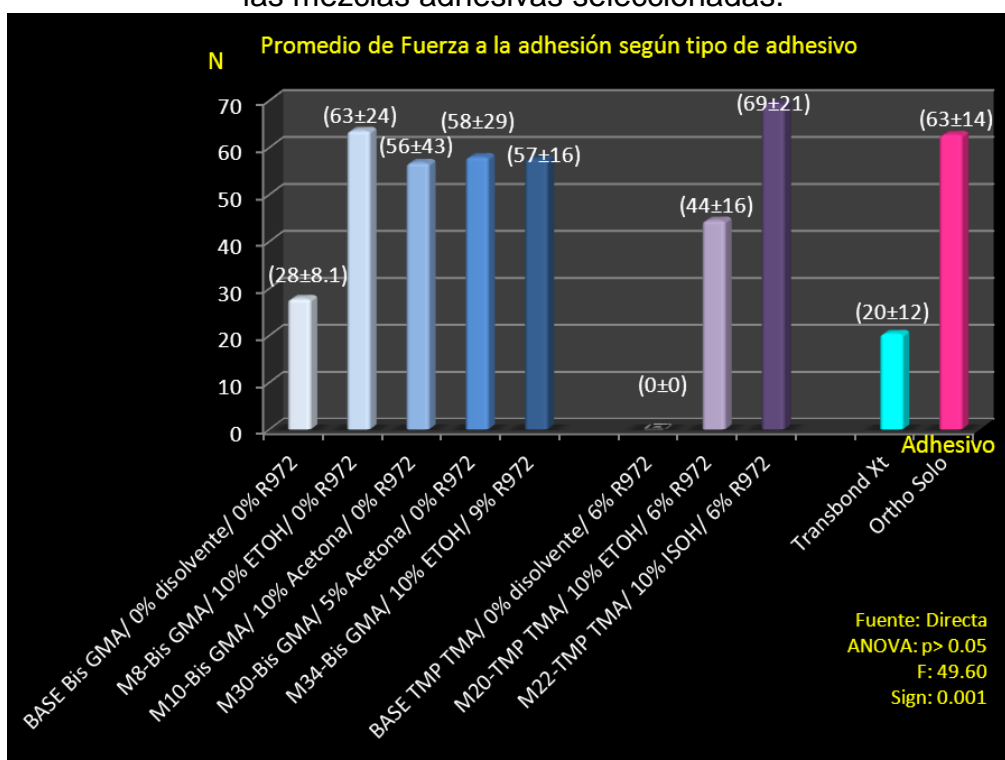


Para la M34 (BisGMA/TEGDMA/10% Etanol/9%R972), no fue posible obtener el trabajo de adhesión, ya que ésta mezcla al contener 9% de material de relleno no se comporta como líquido sino como una pasta y el trabajo de adhesión está diseñado para estimar el comportamiento de adhesivos líquidos.<sup>118</sup>

Debido a que se encontraron diferencias estadísticamente significativas, se realizó prueba de Tukey, encontrándolas entre todas las mezclas experimentales calculadas.

Los valores de las fuerzas de adhesión de las mezclas que se comportaron como adhesivos, (M8, M10, M30, M34, M20 Y M22) así como de las mezclas base, fueron tratados con ANOVA de una vía y prueba de TUKEY ( $p < 0.05$ ), Gráfica 6.

Gráfica 6. Promedio de fuerza máxima al desprendimiento de las mezclas adhesivas seleccionadas.



Los valores promedio de las mezclas adhesivas con Base BisGMA/TEGDMA no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p>0.05$ ), a pesar que M8 (BisGMA /TEGDMA/ 10% ETOH 0%R972) presentó mayor adhesión.

En las mezclas con TMPTMA, se encontraron diferencias estadísticas entre las 3 mezclas; se observó la influencia del disolvente ya que las 3 presentaron la misma cantidad de material de relleno.

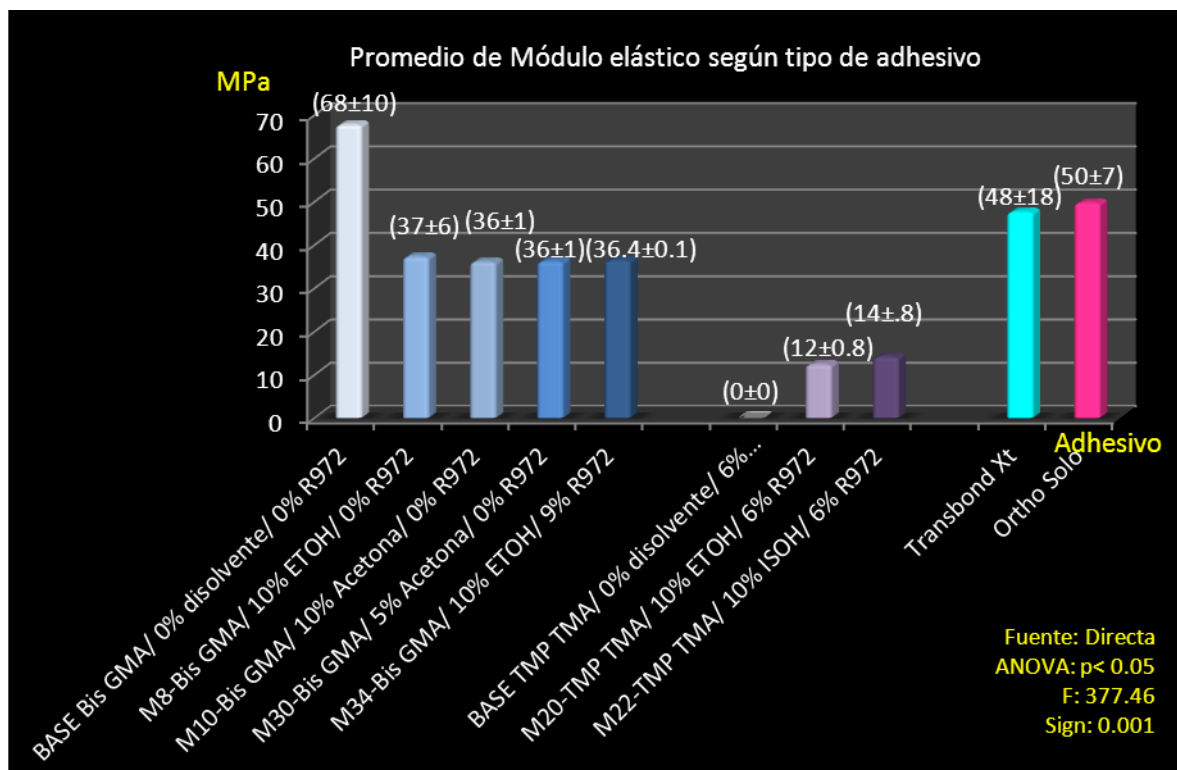
Para determinar las diferencias intergrupales se realizó Prueba de Tukey en donde se encontró que Transbond XT presentó fuerza de adhesión significativamente menor (20 N) respecto a las mezclas adhesivas, por el contrario Ortho Solo presentó comportamiento muy parecido a todas las mezclas base BisGMA y a M22.



**Módulo elástico:**

El área promedio fue:  $27.46 \pm 1 \text{ mm}^2$ .

Gráfica 7. Promedios de módulos elásticos según el tipo de adhesivo.



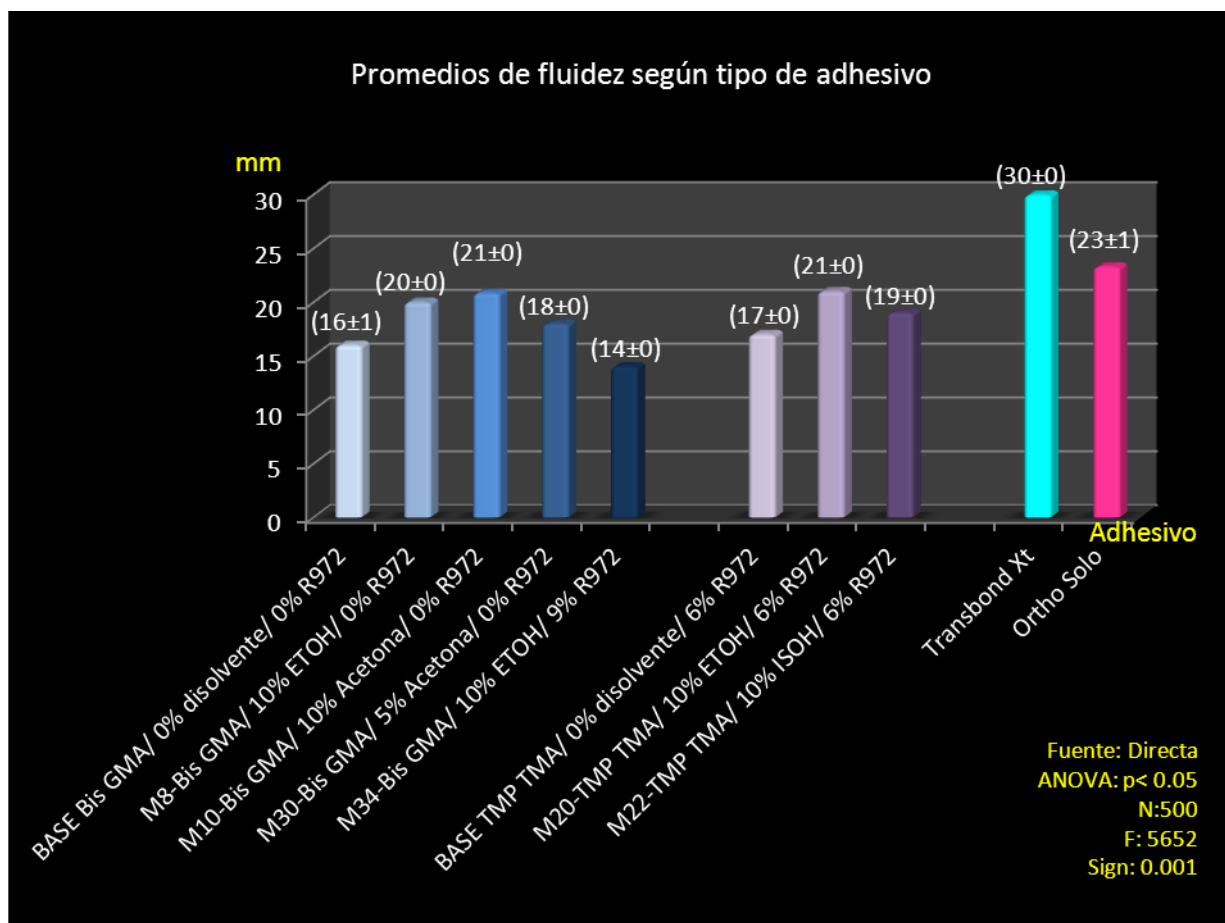
Todas las mezclas con BisGMA (8, 10, 30 y 34) presentaron el mismo comportamiento, observándose la influencia del disolvente, ya que a diferencia de la base con 0% de disolvente el módulo elástico disminuye de 68 a 36 MPa. Las mezclas con TMPTMA (M20 y M22) presentaron valores más bajos que los que tienen BisGMA. La base TMPTMA muestra valor cero, al no presentar adhesión no puede ser calculado el módulo elástico.

Todas las mezclas experimentales presentaron módulos más bajos que los adhesivos comerciales.

Para encontrar las diferencias estadísticas se realizó la Prueba de Tukey, encontrándose éstas entre las de Base TMPTMA con el resto de los adhesivos y no hubo entre las que contienen BisGMA ni los comerciales.

**Fluidez:**

Gráfica 8. Valores promedio de fluidez según el tipo de adhesivo



Nota: desviación estándar de CERO significa valores menores a 0.4mm.

Ambos adhesivos comerciales presentan mayor fluidez que las mezclas estudias. Se observa que las mezclas experimentales con base BisGMA y base TMPTMA presentaron valores similares de fluidez independientemente del tipo y contenido de disolvente y del contenido de relleno (14-21 mm). Para determinar las diferencias intergrupales se realizó la Prueba de Tukey, tomando como parámetro de comparación

Ortho Solo, quien presentó mayor adhesión (2.25 MPa); todos los adhesivos mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

### **Sorción y solubilidad:**

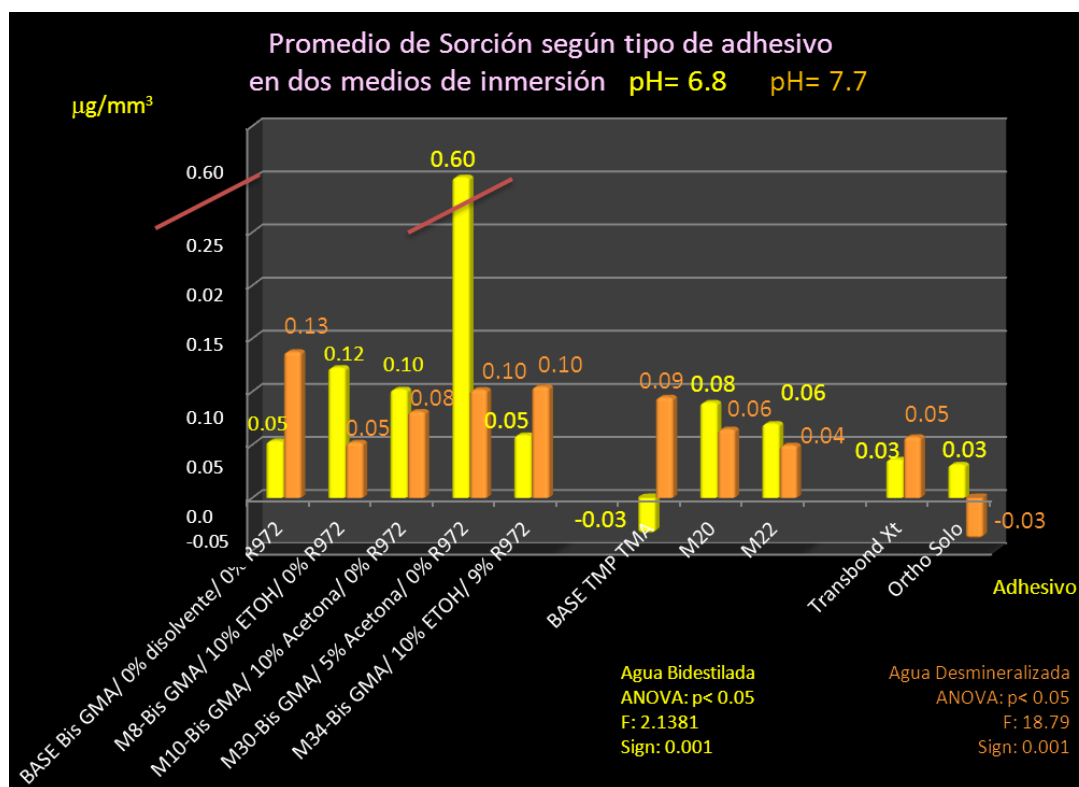
Se midió el pH de las diferentes aguas, obteniendo los valores de la Tabla 12.

Tabla 12. Valores de pH de diferentes tipos de agua

Valores de pH	
Agua	pH
Desionizada	6.4
Bidestilada	6.8
Destilada	6.9
Desmineralizada	7.7

Se calculó la sorción (Gráfica 9) y la solubilidad (Gráfica 10) de los adhesivos comerciales como de las mezclas adhesivas experimentales; para encontrar las asociaciones estadísticas se utilizó prueba de ANOVA.

Gráfica 9. Valores promedio de sorción según el tipo de adhesivo, en inmersión de dos medios acuosos con pH diferente

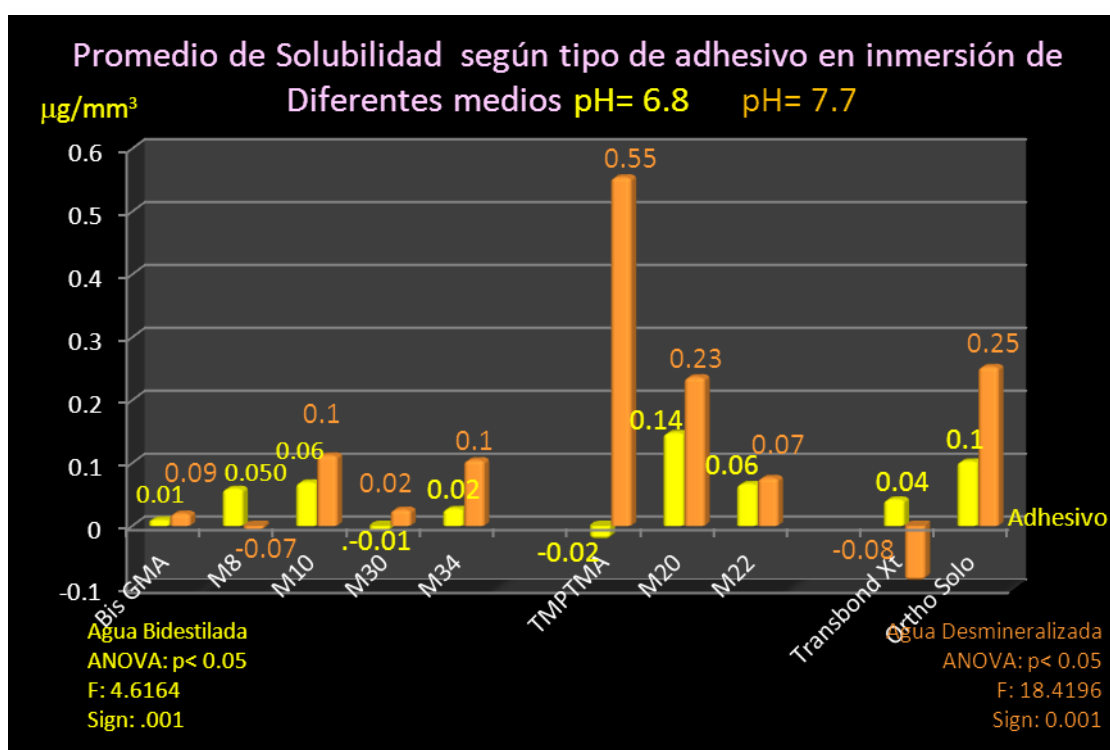


NOTA: En el eje Y se cortó la escala para visualizar más fácil la gráfica.

Se observa que la base BisGMA (BisGMA/TEGDMA/ CPQ/DMPT) absorbió mayor cantidad de agua ( $0.13 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ ) en el medio más básico (7.7). Para el resto de las mezclas que absorben menor cantidad de agua, las mezclas con TMPTMA absorben menos que la base sin relleno ( $0.09 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ ) a pH 7.7. La base TMPTMA presenta valores negativos cuando es sometida a inmersión en agua con pH ácido (6.8); se puede interpretar como que el material perdió masa. Las dos mezclas con TMPTMA absorben agua a pH de 6.8, las mezclas con BisGMA absorben hasta  $0.60 \mu\text{g}/\text{cm}^3$  (M30). Para los adhesivos comerciales preparados según los fabricantes

con metacrilatos, los dos tienen comportamiento diferente ya que Ortho Solo perdió masa a pH más básico (7.7); a 6.8, ambos materiales presentaron el mismo valor ( $0.03 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ ). Debido a que se encontraron diferencias estadísticamente significativas se realizó prueba de Tukey para establecer la diferencia intergrupala, la mezcla 30 presentó diferencias significativas (de  $0.51$  a  $0.57 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ ) tanto con la mezcla 20 como con ambos adhesivos comerciales.

Gráfica 10: Promedio de solubilidad según tipo de adhesivo en inmersión de dos medios diferentes.



Todos los adhesivos en general, presentaron menor solubilidad en pH más ácido (6.8). Los números negativos correspondientes a la mezcla 30 y a la base TMPTMA en pH ácido significan hinchamiento del material. Cuando éstos materiales fueron inmersos

en agua desmineralizada, pH más básico (7.7), los adhesivos son más solubles, a diferencia de M8, M30 y Transbond XT porque éstos se hinchan.

Buscando las diferencias entre grupos se realizó prueba de Tukey. Las diferencias encontradas fueron entre la mezcla 20 con las mezclas 30 y 34; y Ortho Solo únicamente con la mezcla 30 a pH 6.8.

Las diferencias estadísticas en la solubilidad en agua desmineralizada (pH7.7) fueron entre Transbond y las mezclas 34, 20, y Ortho Solo; Ortho Solo únicamente presentó diferencias con los adhesivos experimentales con base BisGMA y con Transbond XT.

## Discusión

Para realizar las lecturas de ángulo de contacto y tensión superficial se construyó un instrumento de medición para éste estudio; para validarlo, los valores fueron comparados con los calculados mediante la ecuación utilizada en el método de “La gota Estática” de las mezclas adhesivas<sup>118</sup>. Se aplicó análisis estadístico de ANOVA sin encontrar diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos. La diferencia de 2 a 3 grados entre las lecturas de un mismo líquido con diferente método probablemente se debe a que para calcular el ángulo de contacto mediante la ecuación de la gota estática fue necesario imprimir la imagen, proceso en el cual se distorsiona la imagen.

En el método propuesto en el presente estudio se mide directamente sobre la imagen el ángulo de contacto mediante un programa de computadora (Sidexis) que permite calibrar los errores sistemáticos de manipulación del operador.

Se realizaron pruebas piloto de ángulo de contacto con agua y mercurio y se compararon con los datos reportados en la literatura<sup>114-122</sup> quienes usaron otros instrumentos de medición. Para confirmar la calibración del instrumento diseñado en este estudio, también fue necesario entrenar al alumno, tanto en el uso del instrumento de medición como con el programa de medición de imágenes (Sidexis) obteniendo un valor de Kappa de 0.80 que garantiza que los resultados reportados son confiables.

Es importante realizar la calibración de las manipulaciones al usar los instrumentos. Las mediciones se realizaron directamente en la imagen obtenida de la



gota y fue necesario calcular Kappa.<sup>119</sup> Obtener Kappa de 0.80 significa que se tiene buena confiabilidad en los valores obtenidos de acuerdo a Altman<sup>120</sup> quien engloba los valores de confiabilidad en una escala (Tabla 13),<sup>120</sup> que ayuda a entender la distribución de los resultados.

Tabla 13. Escala del Valor de Kappa según Altman

Valoración del Índice Kappa	
Valor de k	Nivel de concordancia
<0. 20	Pobre
0.21-0.40	Débil
0.41-0.60	Moderada
0.61-0.80	Buena
0.81-1.0	Muy buena

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el ángulo de contacto entre los tres disolventes (Gráfica 1) lo que indica que el ángulo de contacto depende de la naturaleza del disolvente utilizado. La rápida evaporación de la acetona dificulta las mediciones y en consecuencia las lecturas presentan desviaciones estándar grandes.

La diferencia encontrada entre las lecturas de ángulo de contacto de los tres monómeros está relacionada con la estructura química de los líquidos ya que el BisGMA que presenta varios grupos muy polares, fue quien mayor ángulo de contacto presentó debido probablemente a las fuertes interacciones polares intramoleculares (puentes de hidrógeno) que además lo hacen muy viscoso.

En concordancia con Pashley y colaboradores,<sup>97</sup> se observó que la mezcla de BisGMA/TEGDMA/DMPT y CPQ al agregar un co-monómero (TEGDMA) al BisGMA,

disminuye el ángulo de contacto de  $144^{\circ}$  del BisGMA puro a  $38^{\circ}$  de la mezcla (Gráfica 2.) así como la viscosidad porque éste actúa como diluyente permitiendo incrementar el área de mojado.

Tanto para las mezclas base BisGMA/TEGDMA como para las TMPTMA (Tabla 4), el disolvente disminuye la densidad debido a que hay menor masa por unidad de volumen, es decir, los disolventes poseen mucho menor peso molecular que los monómeros, conduciendo a menor masa en el mismo volumen para las muestras disueltas.<sup>94</sup>

En la Gráfica 4 que presenta valores promedio de tensión superficial se observa la influencia del disolvente. M8 que contiene 10% de etanol ( $40 \pm 0.5$  mN/m), incrementa ligeramente la tensión superficial respecto a la base BisGMA ( $36 \pm 0.5$  mN/m). En la M30 que contiene 5% de acetona se incrementa aún más la tensión superficial y cuando a ésta se le adiciona material sólido se incrementa cerca del 30%. Para el caso de las mezclas con base TMPTMA, se observa que las tres tienen un comportamiento similar entre ellas. Las diferencias significativas entre todos los grupos de medición de la tensión superficial con respecto al adhesivo comercial Ortho Solo y M34 se deben probablemente a que éstos últimos presentan mayor contenido de material de relleno con respecto a la base.

El trabajo de adhesión es una prueba que estima el desempeño de los adhesivos antes que éstos sean probados mecánicamente, es decir, que al calcular el trabajo de

adhesión  $W$  [ $\text{mJ}/\text{m}^2$ ] se esperaría obtener el mismo comportamiento que en la prueba de resistencia al desprendimiento [ $\text{MPa}$ ]. Analizando la Gráfica 5 se observa: La Mezcla M10 obtuvo el mayor valor de trabajo de adhesión ( $178 \text{ mJ}/\text{m}^2$ ) por lo que se esperaría que la fuerza de adhesión fuera el mayor valor entre las 5 mezclas estudiadas.

En M34 (BisGMA/TEGDMA/10% Etanol/9%R972), no fue posible obtener el trabajo de adhesión, porque ésta mezcla al contener 9% de material de relleno, no se comporta como líquido sino como una pasta que al ser dispensada y salir por el capilar no forma una gota, que es un requisito para el método usado para calcular el trabajo de adhesión.

Los adhesivos diseñados en este estudio contemplan una posible aplicación ortodóncica, biomecánica en la cual el material no estará sometido a fuerza de tensión sino de corte, por lo que los adhesivos se evaluaron usando fuerzas de corte simulando las condiciones clínicas en donde se espera sean utilizados.

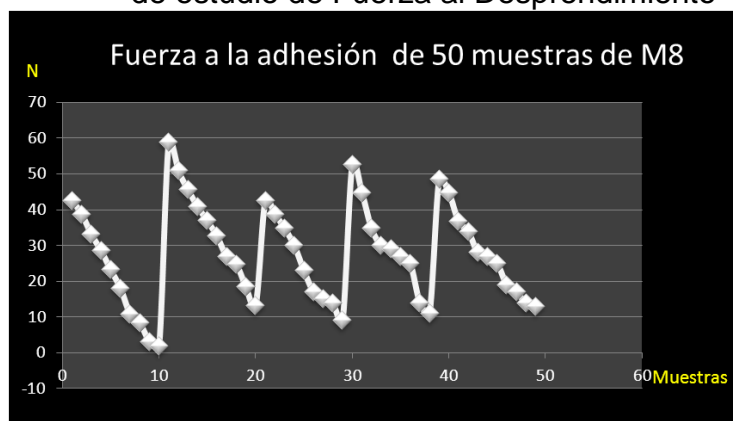
El trabajo de adhesión está diseñado para estimar el desempeño de adhesivos líquidos,<sup>117</sup> en el presente estudio se evaluaron con una prueba de corte (cizalla)<sup>29</sup> es decir, se aplicó una fuerza paralela a la superficie de unión de los sustratos de PMMA.

Para desarrollar un adhesivo es importante realizar esta prueba ya que para calcular el  $W$  se emplea el valor de algunas propiedades de superficie de los reactivos como el ángulo de contacto, tensión superficial, peso de la gota y medidas del instrumento de medición (diámetro interno del dispensador para poder aplicar la

ecuación); es útil pues se obtienen valores estimados de cómo se comportarían los adhesivos cuando éstos sean probados mecánicamente y de ésta manera descartar mezclas que no sean adhesivas sin necesidad de realizar la mezcla y la prueba mecánica.

Inicialmente se descubrió una variable que necesitaba ser controlada: la fuente lumínica. Se observó que los resultados iniciales de la prueba de adhesión (Gráfica 11) presentaron comportamientos anómalos ya que todos disminuían las fuerzas de adhesión en grupos de 10, coincidiendo con la preparación de especímenes porque día con día se prepararon 10 de ellos para ser probados 24 horas después; siempre fue el mismo operador, mismos reactivos y mismas condiciones de prueba, la única variable no controlada fue la fuente lumínica.

Gráfica 11: Valores típicos de un grupo experimental de estudio de Fuerza al Desprendimiento



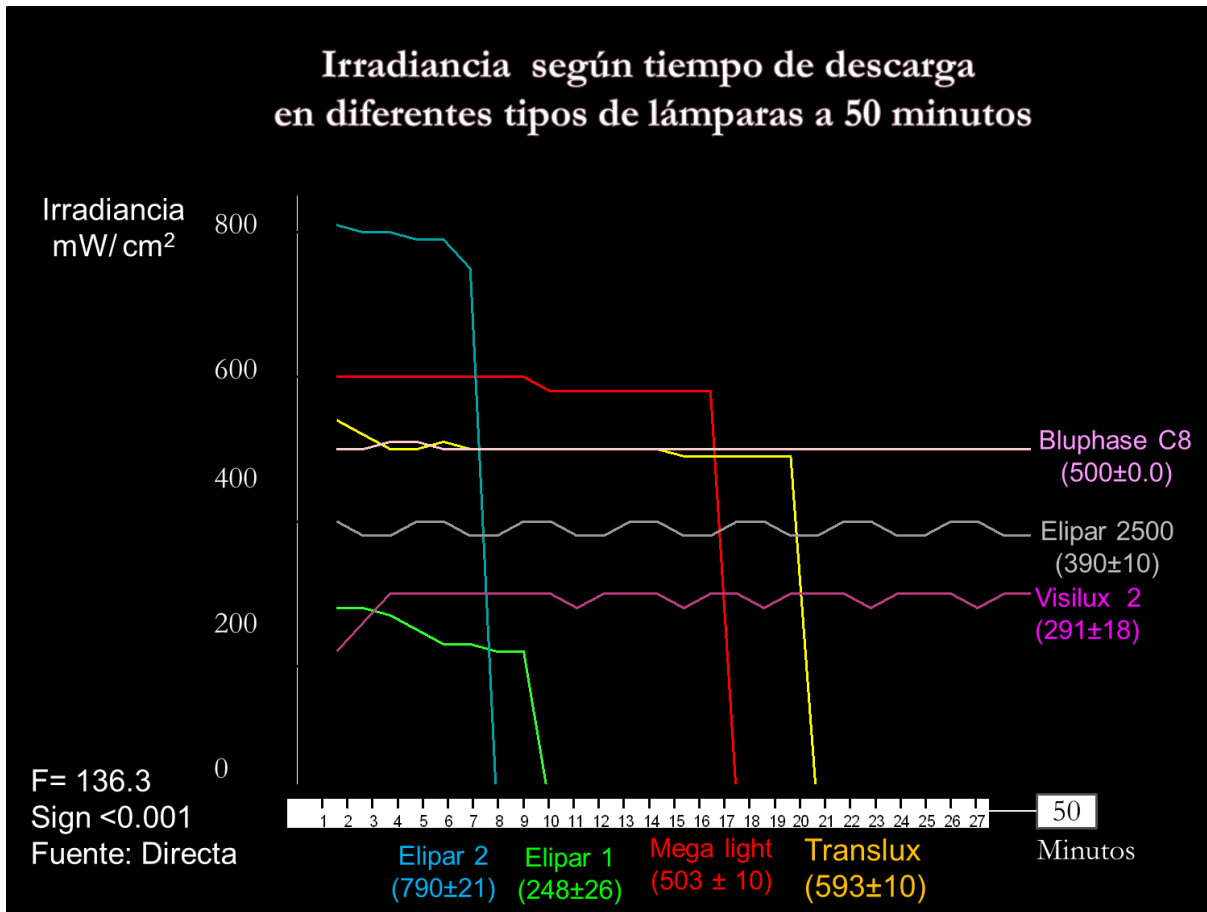
Por tal razón, se decidió evaluar la pérdida de potencia por unidad de superficie (irradiancia) y energía por unidad de superficie medido en  $\text{mW}/\text{cm}^2$  (Lux) de 7 lámparas; 5 LED (4 inalámbricas y 1 alambica) y 2 de halógeno alámbricas que se utilizan habitualmente en el Laboratorio de Materiales Dentales (DEPeI, FO).

La prueba se realizó durante 50 minutos porque en el laboratorio se determinó preparar 50 muestras de cada adhesivo y cada muestra requiere 60 segundos de polimerización.

El adhesivo que se diseñó en este estudio, para cementación de 28 brackets correspondiente a los 28 dientes que usualmente se incluyen en el tratamiento, por lo que se requeriría emplear la lámpara durante 28 minutos continuos.

La información técnica de los Radiometro Optilux recomienda que las lámparas tengan una irradiancia mayor a  $300 \text{ mW}/\text{cm}^2$  y una energía menor a  $30 \text{ mW}/\text{cm}^2$  para tener buen desempeño. Las Gráficas 12 a 14 presentan el desempeño de cada lámpara.

Gráfica 12. Potencia por unidad de superficie según tiempo de descarga



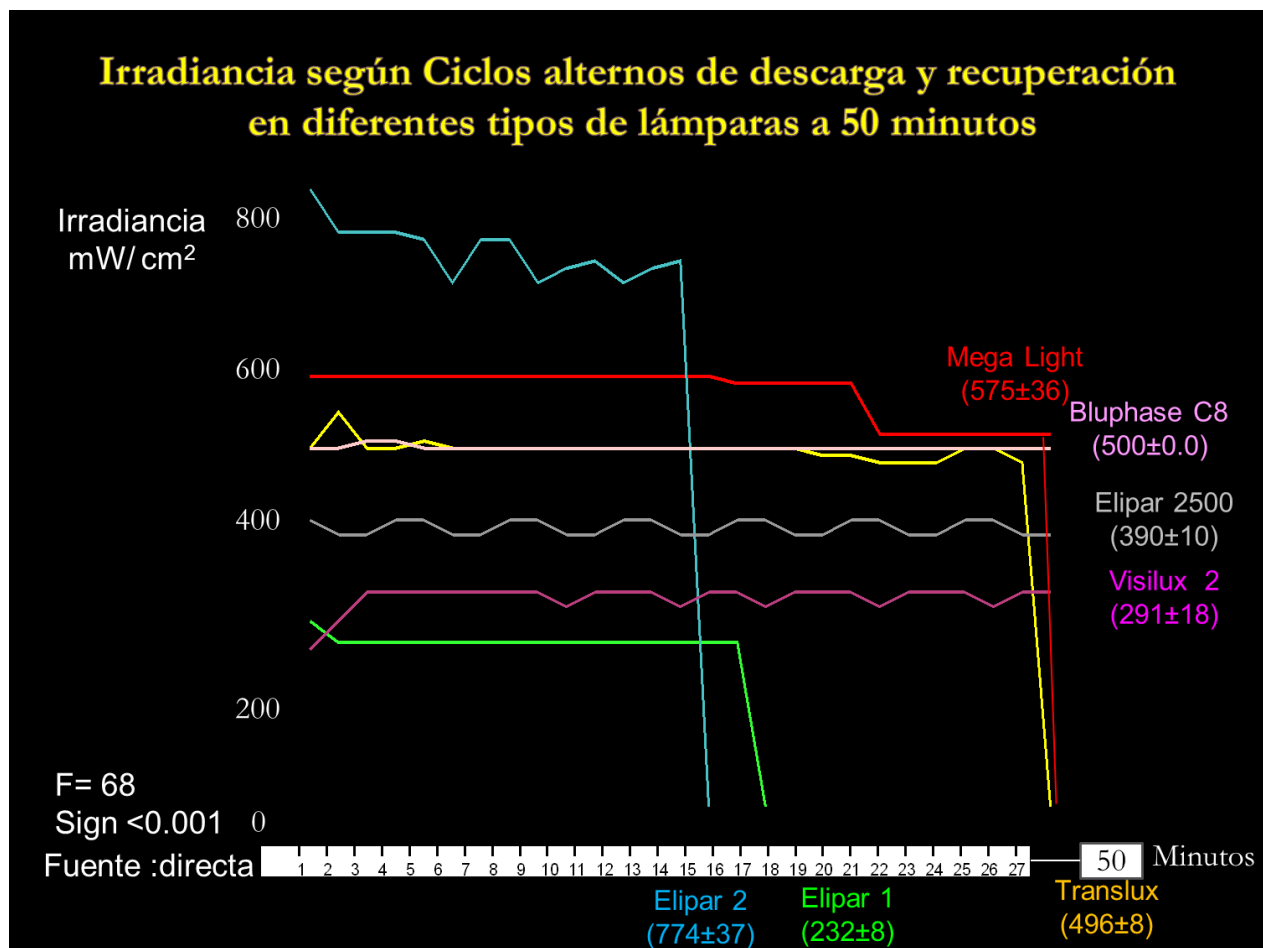
NOTA: La gráfica se cortó a los 30 minutos para hacer más fácil su lectura.

A pesar de que todas las lámparas inalámbricas presentaron potencia aceptable o superior a la mínima, al inicio de la prueba, ninguna permaneció encendida el tiempo requerido para polimerizar los 50 especímenes del laboratorio ni 28 minutos para el tratamiento de ortodoncia.

Las tres lámparas alámbricas presentaron potencia por unidad de superficie adecuada; Bluephase fue la única que la presentó de manera sostenida, Elipar 2500 y

Visilux 2 fluctuaron durante todo el procedimiento que puede deberse a que no se utilizó un regulador de voltaje durante la prueba.

Gráfica 13. Irradiancia según ciclos alternados de descarga y recuperación a 50 minutos.

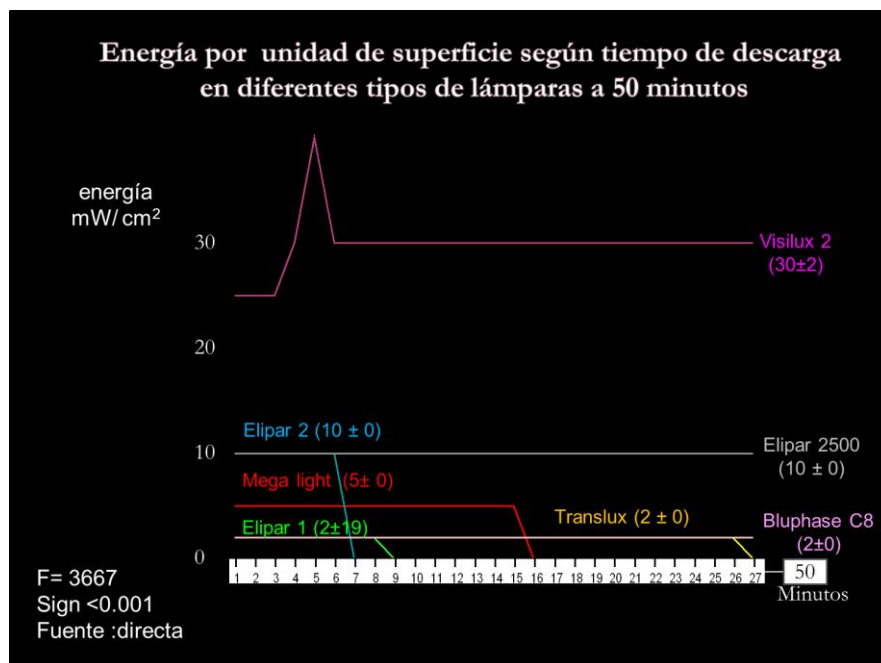


NOTA: La gráfica se cortó a los 30 minutos para hacer más fácil su lectura.

Cuando las lámparas inalámbricas fueron probadas permitiendo que se recargaran durante un minuto después de cada minuto de activación, todas aumentaron el tiempo de duración casi al doble. Por ejemplo en la Gráfica 12, Elipar 1 muestra una caída a los 10 minutos y en la Gráfica 13, la muestra a los 18 minutos. Elipar 1 y 2

dejaron de funcionar al minuto 16 y 18 respectivamente. Mega light aumentó en irradiancia (503 a 575 mW/cm<sup>2</sup>) y Translux disminuyó de 593 a 496 mW/cm<sup>2</sup> (Gráficas 12 y 13) pero ambas permanecieron funcionando durante 30 minutos por lo que éstas dos lámparas pueden ser empleadas para la clínica de ortodoncia pero no para fabricación de muestras de laboratorio en caso de fabricar 50 especímenes en una sola sesión.

Gráfica 14. Energía por unidad de superficie según ciclos alternados de descarga y recuperación a 50 minutos.



NOTA: La gráfica se cortó a los 30 minutos para hacer más fácil su lectura. V alores de desviación estándar de CERO significa que son menores a 0.4 mW/cm<sup>2</sup>

Visilux 2, está en el límite y presentó al recomendado (32 mW/cm<sup>2</sup>); las demás lámparas presentaron valores bajos de energía sin fluctuaciones. Por lo que todas las lámparas pueden ser empleadas para la fabricación de muestras en el laboratorio ya



que no se trabajan con tejidos vitales. Visilux 2 no debe ser empleada para uso en clínica ya que al generar más calor puede ocasionar daño pulpar.

La lámpara empleada inicialmente fue Elipar 1, con los resultados iniciales del comportamiento de las lámparas (Gráfica 11) se comprobó que se habían reportado indiscriminadamente valores del comportamiento de la lámpara, no del adhesivo. Con base en éste comportamiento de las lámparas se decidió repetir la prueba de fuerza a la adhesión empleando la lámpara Bluphase C8, al presentar la potencia por unidad de superficie mayor y sostenida ( $500 \text{ mW/cm}^2$ ) con baja energía ( $2 \text{ mW/cm}^2$ ); al ser alámbrica puede ser empleada para la fabricación de 50 muestras o más en el laboratorio.

En un estudio previo (López, Sáez y Gayosso)<sup>121</sup> se evaluaron cuatro adhesivos ortodóncicos comerciales de mayor uso en México; se encontró que Ortho Solo y Transbond XT fueron los adhesivos que presentaron mayor y menor resistencia al desprendimiento, por lo que fueron considerados como grupos comparativos para las mezclas experimentales.

Janda<sup>95</sup> indica que el fotoiniciador (CPQ) se use en cantidades oscilando entre 0.03-0.1, se incrementó al 0.03%. Las nuevas mezclas polimerizaron.

Los adhesivos comerciales se irradian de 10 a 40 segundos. Se realizaron pruebas en incrementos de 5 segundos hasta lograr el endurecimiento del material. Esto se logró a los 20 segundos estableciéndose así el tiempo de polimerizado. Usando

una lámpara de luz azul porque el pico máximo de absorbancia de la camforoquinona es alrededor de 468nm.

Se decidió hacer mezclas (50-50%), se probaron mecánicamente encontrando que ninguna de éstas se comportó como adhesivo, es decir, no hubo unión entre los materiales. Se disminuyó el porcentaje de disolvente a 10% en peso de la mezcla de acuerdo a Yong Wang y colaboradores<sup>114</sup> quienes recomiendan que el porcentaje óptimo de disolvente para emplearse en una mezcla adhesiva debe ser del 1 al 10%, porque el disolvente únicamente funciona como vehículo aumentando la fluidez para lograr mayor área de contacto. Bajas cantidades de disolvente facilita su evaporación de manera que todo el sustrato queda cubierto por el adhesivo.

Al probar las mezclas con 10% de disolvente se encontró que solo las mezclas con base BisGMA/TEGDMA se comportaron como adhesivos (0.7 a 2.07 MPa) y las mezclas con base TMPTMA no presentaron adhesión incluso al disminuir el disolvente.

Al realizar las mezclas de los líquidos es importante conocer el parámetro de solubilidad de los monómeros y disolventes ya que es una medida de la energía intermolecular<sup>137-139</sup> que permitirá elegir el disolvente adecuado para obtener una mezcla homogénea. (Tablas 14 y 15).

El mejor disolvente será aquel que presente la diferencia entre los parámetros de solubilidad ( $\delta$ ) tendiendo a cero:

$$\delta = \delta_1 - \delta_2$$

Donde  $\delta_1$  es el parámetro de solubilidad del disolvente y  $\delta_2$  es del monómero.

Se usó la regla de las mezclas con el propósito de tener una mayor aproximación al cálculo del parámetro de solubilidad de la mezcla BisGMA (70%W/W) Y TEGDMA (30%W/W). El resultado se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Parámetro de solubilidad de Reactivos.

	Líquido	J/cm <sup>3</sup>
$\delta_1$	BisGMA	21.5
$\delta_1$	TEGDMA	18.4
$\delta_1$	TMPTMA	18.5
$\delta_2$	Etanol	26.36
$\delta_2$	Isopropanol	23.55
$\delta_2$	Acetona	19.94

Tabla 15. Parámetro de solubilidad de mezclas.

Parámetro de solubilidad	
Mezcla	$\delta$ J/cm <sup>3</sup>
BisGMA/TEGDMA	20.57
Base BisGMA/Etanol	5.79
Base BisGMA/Acetona	0.63
Base BisGMA/Isopropanol	2.98
TMPTMA	18.50
TMPTMA/Etanol	7.86
TMPTMA/ Acetona	1.94
TMPTMA/ Isopropanol	5.05

Pashley<sup>97, 98</sup> encontró que los adhesivos comerciales de dimetacrilatos presentan mejor comportamiento cuando están disueltos en acetona. La tabla 15 muestra que el menor valor de parámetro de solubilidad lo tiene la acetona ya que la diferencia es mínima con ambos monómeros por lo que se esperaría el mismo comportamiento de Pashley.

La literatura<sup>101-102</sup> menciona que al incorporar material de relleno se promueve la adhesión. Se añadió tanto a las mezclas con BisGMA/TEGDMA como con TMPTMA del 1 al 9% para incrementar la resistencia a la adhesión.

A mayor fluidez habrá mayor área de mojado, para las mezclas con TMPTMA al adicionarles isopropanol, aumentó la fluidez (11%) y presentó mayor resistencia al desprendimiento (2.51MPa). Con el etanol, aumentó la fluidez (20%) pero la resistencia al desprendimiento disminuyó a razón de 60% (1.60 MPa).

Los valores de la Tabla 7, muestran un aumento de resistencia al desprendimiento conforme aumenta el contenido de relleno hasta un máximo de 6% e ir disminuyendo Miyazaki<sup>101</sup> y Kim<sup>102</sup> demostraron que adicionar pequeñas cantidades de nanopartículas de relleno a los adhesivos, incrementó su adhesión. El presente estudio encontró que para TMPTMA así sucedió, presentando un pico de mayor adhesión con 6% de dióxido de silicio con tamaño de partícula promedio de 16 nm. Vázquez<sup>143</sup> recomienda que los materiales adhesivos con nanorelleno presentan el desempeño de la adhesión a manera de la curva de Gauss abarcando del 0 al 9% con un máximo en 6% lo que concuerda con los hallazgos del presente trabajo.

Pashley y colaboradores<sup>104</sup> sugieren que la adhesión al sustrato también depende del espesor de película el cual se modifica agregando nanopartículas de dióxido de silicio que disminuyen la viscosidad, aumentan la fluidez y el área de mojado (actúan como plastificante) y por consiguiente, la fuerza mecánica de adhesión. En el

presente estudio sin embargo, con el BisGMA y TEGDMA esto no aplicó porque la mayor adhesión se encontró en la mezcla sin material de relleno pues al ser un monómero viscoso se garantizó que en toda la superficie del sustrato hubiera adhesivo.

En éste estudio no se consideró el efecto de la porosidad y rugosidad de la superficie del sustrato.

Al probar los adhesivos preparados con BisGMA se observó que hubo mayor influencia del disolvente que del material de relleno. Cuando se usó 50% de disolvente no hubo adhesión; al disminuir el porcentaje a 10% de etanol, se presentó mayor adhesión (BisGMA/TEGDMA/ 10% de Etanol sin relleno: 2.29 MPa); se decidió probar mezclas con 5% de etanol y 5% de acetona (Tabla 8), sin embargo ambas mezclas presentaron valores menores de adhesión (1.02 y 1.73 MPa respectivamente).

Para evaluar tanto la influencia del disolvente como del material de relleno se realizaron mezclas con base TMPTMA sin disolvente con material de relleno (1, 3, 6 y 9%) (Tabla 10).

Los resultados con menor desviación estándar se encontraron con M30, el cual contiene menor cantidad de disolvente (5%) debido a que es menor cantidad la que se tiene que evaporar, al final del tiempo de espera de evaporación (40 segundos) hubo mayor área de adhesión cubierta por el monómero promoviendo mayor adhesión.

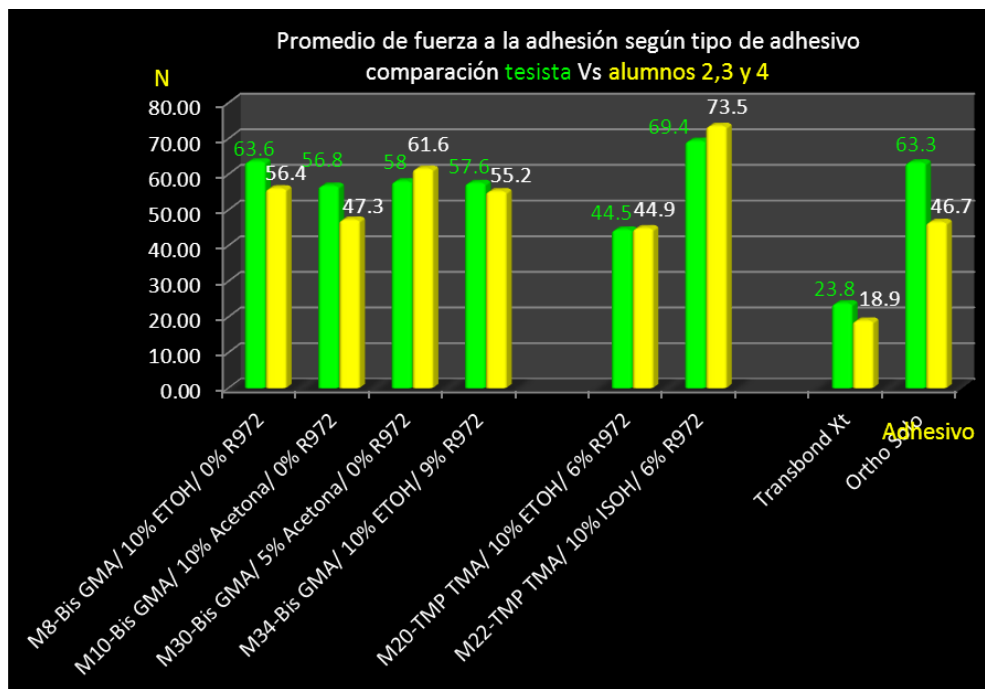
Definiendo como variable de respuesta la fuerza mecánica medida para separar los sustratos.

Una vez realizados los ensayos de adhesión se seleccionaron las mezclas que mayor resistencia al desprendimiento presentaron (base BisGMA y base TMPTMA) y se les denominó mezclas adhesivas (Tabla 10) a las cuales se les realizaron pruebas físicas (fluidez, sorción y solubilidad).

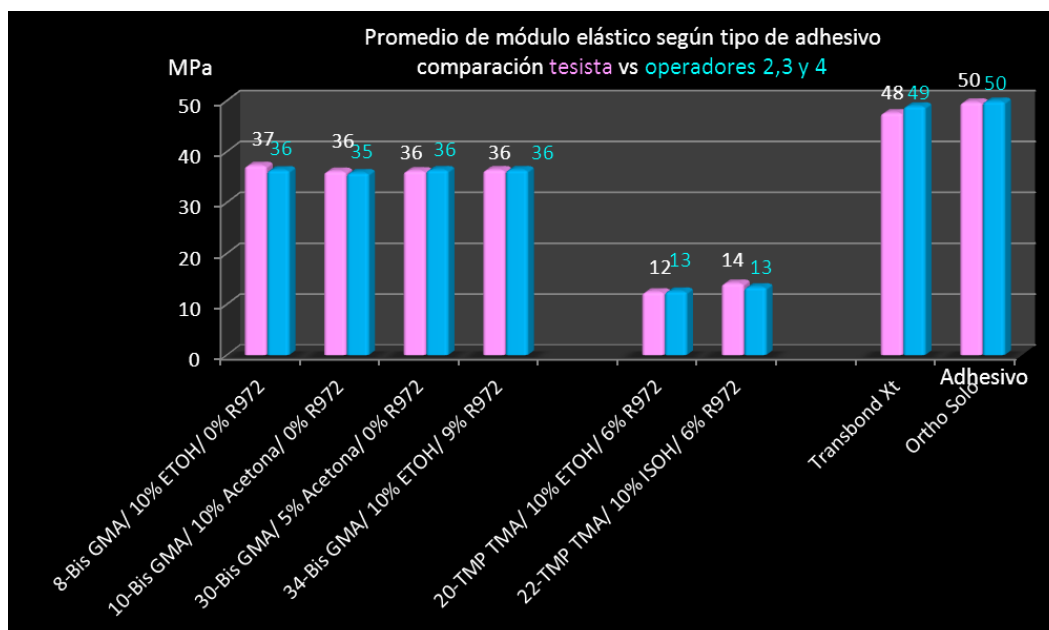
Un módulo elástico bajo con respecto a otro, indica que el material es más flexible. En ortodoncia se aplican fuerzas a los aditamentos cementados en el diente, se requiere que el adhesivo absorba éstas, para disiparlas al diente y lograr movimiento dental, por lo que las mezclas M20 y M22 cumplieron mejor éste cometido al compararse con las mezclas base BisGMA y los adhesivos comerciales.

Debido a que se desarrolló un nuevo material adhesivo con posible aplicación en ortodoncia, probado por un solo operador (tesista) fue necesario realizar un estudio para corroborar el comportamiento de las mezclas adhesivas y determinar que el adhesivo tuviera el mismo comportamiento sin importar el operador para asegurar que el material es confiable. Esta prueba consistió en que tres operadores (alumnos de primer año de la especialidad de ortodoncia, DEPEI, FO, UNAM) realizaran la adhesión de cilindros al sustrato; la prueba de desprendimiento fue realizada por la alumna de maestría. En todos los casos, los operadores desconocieron el nombre del adhesivo; los resultados se muestran en las gráficas 15 a 17.

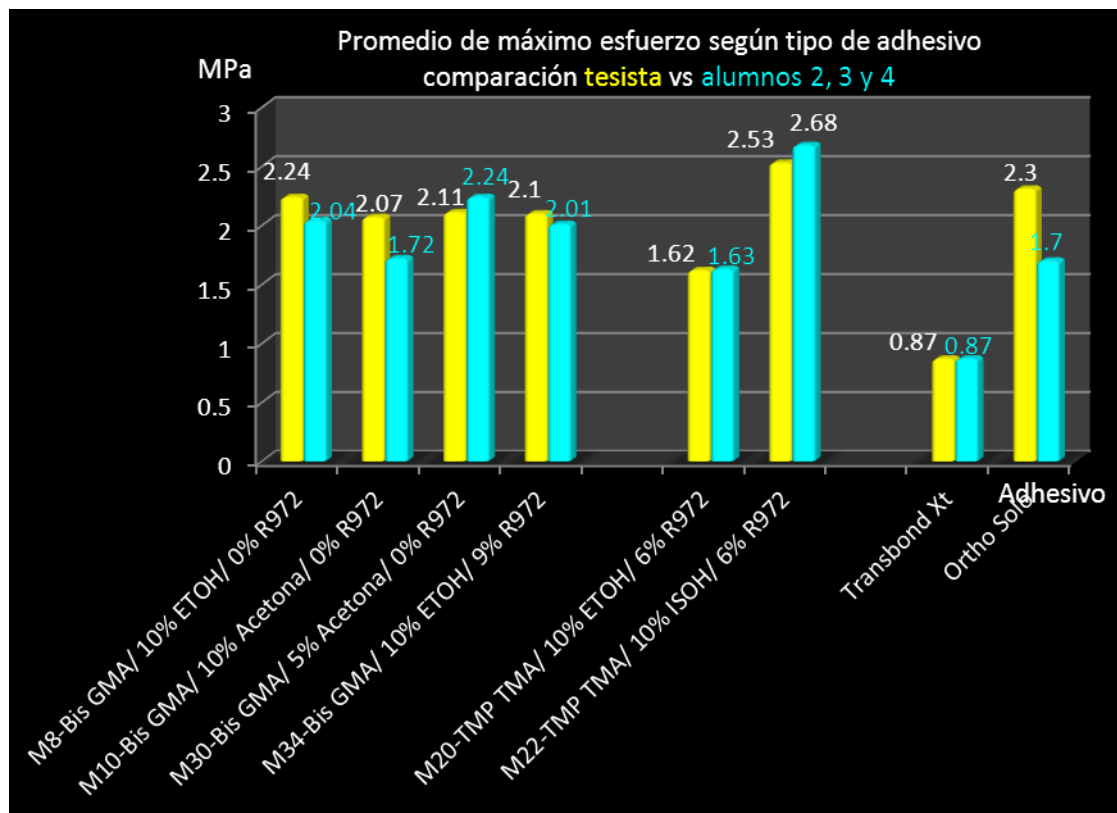
Gráfica 15. Promedio de fuerza a la adhesión comparación entre resultados obtenidos por el tesista y el estudio de doble ciego



Gráfica 16. Comparación de promedios de módulo elástico entre los resultados obtenidos por el tesista y el estudio doble ciego



Gráfica 17. Comparación de promedios de máximo esfuerzo entre los resultados obtenidos por el tesista y el estudio de doble ciego



Los resultados tanto para los cálculos de módulo elástico como de máximo esfuerzo fueron tratados con ANOVA ( $p > 0.05$ ). Entre los obtenidos por el tesista y el doble ciego, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas por lo que se determina que el comportamiento de los adhesivos es reproducible.

En la Gráfica 8 se observa que al incorporar 5% de acetona a la base BisGMA/TEGDMA (M30), la mezcla fluye más (2 mm). Al aumentar a 10% de acetona, M10, se incrementa en 5 mm. Esto es un claro indicio de cómo un disolvente disminuye



la viscosidad. Al añadir 10% de etanol, un alcohol primario, la fluidez aumenta de 16 a 20 mm en la mezcla M8 y M10 se observa que la acetona hizo que la base BisGMA fluyera más (1mm) que el alcohol, lo cual puede deberse a la naturaleza de los alcoholes primarios ya que al incorporarse a un líquido aumentan la tensión superficial modificando los momentos dipolares.<sup>144</sup> Se puede decir: a mayor tensión superficial, aumenta la viscosidad del líquido y su capacidad de extendido disminuye.

La base TMPTMA con 6% de dióxido de silicio (R972) también experimentó aumento en la fluidez cuando se añadieron alcoholes, uno primario y un secundario, al pasar de 17 mm (base TMPTMA) a 21 mm con etanol (M20) y 19 mm con Isopropanol (M22).

El procedimiento de la especificación técnica ISO 4049: 1998<sup>29</sup> propone tres tipos de agua para realizar la prueba de sorción y solubilidad: 1) múltiple destilación, 2) destilación seguida de deionización, y 3) destilación seguida de osmosis reversa. En el laboratorio de materiales dentales, se utiliza agua desionizada. Al no conocer los grados de acidez (pH) de estos cuatro tipos de agua y al no haber información de la influencia del pH en los valores obtenidos de sorción y solubilidad en resinas compuestas y adhesivos, se realizó un estudio (con dos adhesivos de la misma familia: dimetacrilatos), para poder determinar en qué medio acuoso se van a realizar las pruebas del adhesivo experimental<sup>138</sup>. La Tabla 12 presenta los valores de pH de las diferentes aguas propuestas por la norma ISO y del agua usada en el laboratorio. Se decidió utilizar como medio de inmersión para realizar las pruebas de sorción y

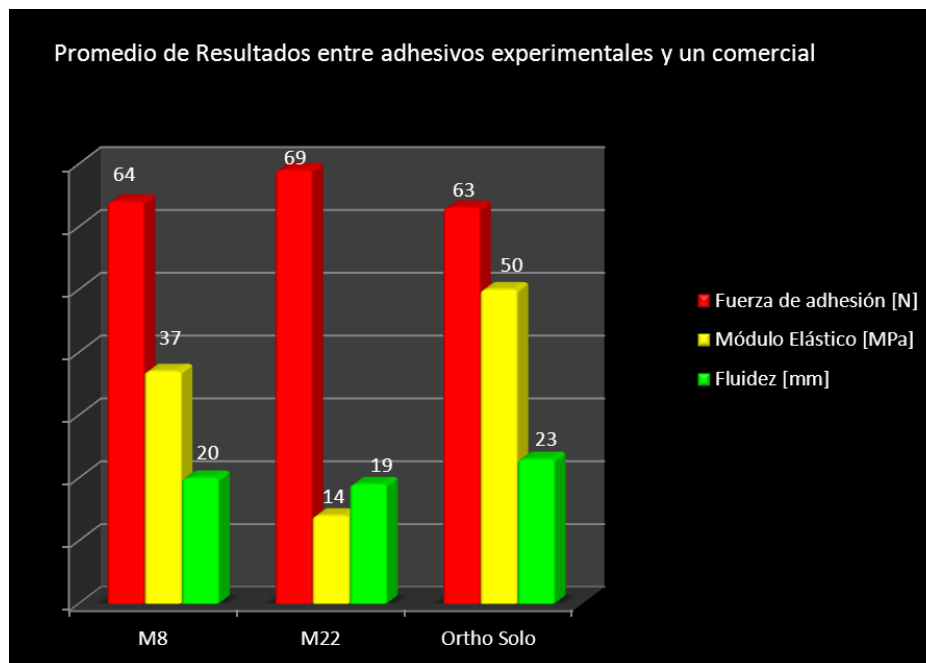
solubilidad agua desmineralizada (7.7) como medio menos ácido debido a que equivale al pH reportado para pacientes con algunos tipos de enfermedad periodontal y pacientes portadores de aparatología ortodóncica<sup>124, 128-132, 134,135</sup> y agua bidestilada (6.8) como medio más ácido que corresponde a pH reportado para pacientes con alto índice de caries.<sup>127-129,134</sup>

Se observó que todos los adhesivos en general presentan menor solubilidad en inmersión de pH más ácido (6.8); Zachrisson<sup>134</sup> y Arith,<sup>135</sup> reportan que los adhesivos serán más estables en pacientes con alto índice de caries que en pacientes con algunos tipos de enfermedad periodontal. La mezcla M22 la cual fue estable en ambos medios pudiera ser empleada indistintamente.

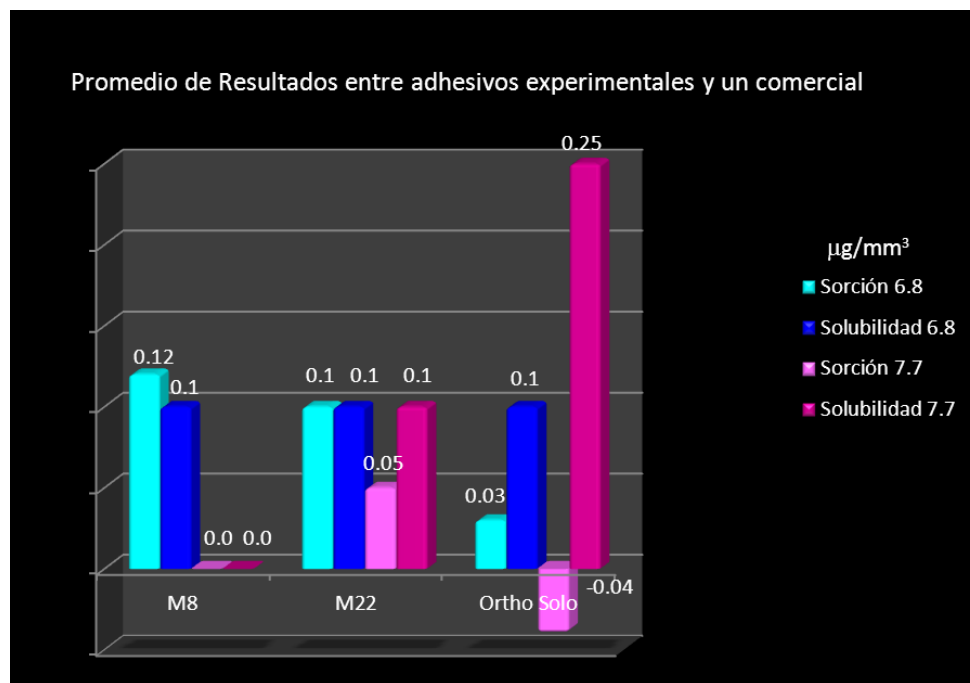
Comparando los adhesivos preparados con el comercial Ortho Solo (que de los comerciales fue quien mayor fuerza al desprendimiento presentó 63N), se encontró que formulaciones (M8 y M22) cumplen los objetivos del trabajo de investigación.

Las Gráficas 18 presenta los resultados de las pruebas de adhesión (fuerza y módulo elástico y fluidez), y la Gráfica 19. Presenta sorción y solubilidad de las mezclas M8 preparada con BisGMA/TEGDMA y M22 desarrollada con TMPTMA.

Gráfica 18. Comparación de valores obtenidos del comportamiento de fuerza de adhesión, módulo elástico y fluidez de los 2 adhesivos experimentales y 1 comercial



Gráfica 19. Comparación de valores obtenidos de sorción y solubilidad de adhesivos experimentales y 1 comercial



M8 presentó comportamiento similar al comercial, misma fuerza a la adhesión (63N) pero con menor módulo elástico (37 MPa), mayor estabilidad al ser sometido a inmersión de agua con valores de pH 6.8 y 7.7.

M22 con TMPTMA presentó comportamiento levemente diferente al comercial, 6N más de fuerza a la adhesión, módulo elástico significativamente menor (14 MPa), menor fluidez (19 mm), mayor estabilidad que el comercial y que M8, en cuanto a sorción y solubilidad a diferente pH.

Los valores más bajos en cuanto al módulo elástico de M8 y M22, pudieran tener mejor comportamiento como adhesivos ya que en ortodoncia se aplican fuerzas a los aditamentos ortodóncicos que deben soportar el adhesivo absorbiendo parte de la energía hasta disiparla para transmitirlos al diente y lograr movimientos dentales.

Las mezclas experimentales (M8 y M22) serán más estables en los diferentes medios de inmersión, ya que los adhesivos comerciales al presentar valores negativos en cuanto a solubilidad, significa que se hincharon por lo que podrían llegar a alterar la prescripción del sistema de los brackets al incrementar la distancia que existe entre la base del aditamento y la superficie del esmalte al que está adherido.

Es considerado importante evaluar las condiciones reales de trabajo del adhesivo experimental.

Fue necesario conocer la temperatura a la que se encuentra la superficie del esmalte sobre la cual se va a colocar el adhesivo.

Las lecturas se realizaron simulando las condiciones clínicas reales de trabajo de los adhesivos con abre bocas aislando el campo operatorio. Se midió la temperatura del centro de la corona clínica del esmalte que es la ubicación más común de los brackets, se realizaron lecturas de todos los dientes excepto de los molares debido a que en éstos se suelen emplear otro tipo de materiales. Un higrómetro fue sostenido por el paciente con la boca abierta debido a que permanece en esta posición durante la colocación de brackets.

La temperatura promedio de la superficie de esmalte fue de  $32.6 \pm 2.8^{\circ} \text{C}$ , y de humedad relativa de  $72 \pm 2\%$ . Las temperaturas de evaporación a nivel del mar de los disolventes empleados son: acetona  $20^{\circ} \text{C}$ , etanol  $35^{\circ} \text{C}$  e isopropanol  $37^{\circ} \text{C}$  <sup>139,140</sup>.

Con estos valores de temperatura del esmalte dental y humedad relativa bucal se infiere que la manipulación de los adhesivos deberá ser modificada porque las temperaturas de evaporación de los alcoholes no permiten su evaporación en las condiciones de trabajo ( $30$  a  $36^{\circ}\text{C}$ ). En el caso de la mezclas con etanol e Isopropanol probablemente en el momento de la polimerización, aún exista disolvente presente, lo cual influirá en el área de mojado de los monómeros haciéndola más reducida; de tal manera que quizá al momento de aplicar el adhesivo sobre el sustrato, sea necesario aplicar aire para favorecer la evaporación del disolvente y de esta manera garantizar que sobre la superficie del área de adhesión, exista monómero presente. Los adhesivos

con acetona no presentan éste problema pues evaporan a 20° C, por lo que solo será necesario esperar 40 segundos como se sugirió en éste estudio.

## Conclusiones

Se comprobó la Hipótesis de trabajo: El adhesivo preparado con Trimetilolpropano trimetacrilato (TMPTMA) presentó mejor comportamiento que el adhesivo con BisGMA y controles comerciales (Transbond XT y Ortho Solo) respecto a resistencia al desprendimiento y estabilidad en inmersión (sorción y solubilidad).

Se cumplió el objetivo de la investigación, ya que se desarrolló una nueva formulación de un material adhesivo con posible uso en ortodoncia, cambiando el monómero bifuncional (BisGMA) por un monómero trifuncional (TMPTMA). Este cumple con las características de un adhesivo ideal: es de fácil manipulación, al ser fotopolimerizable permite tiempo suficiente de trabajo, su fluidez mantiene el botón sobre el sustrato en lo que éste es polimerizado, presenta mínima sorción acuosa y mínimo espesor de película, los excedentes son de fácil remoción, no solubiliza, tiene suficiente resistencia al desprendimiento, así como módulo elástico bajo que permitirá absorber las fuerzas.

Con base en lo anterior se espera que mantenga los aditamentos sobre el diente en lo que el adhesivo es fotopolimerizado, respetará la prescripción del sistema, evitará la microfiltración y así disminuirá el riesgo a desarrollar lesiones debajo del bracket evitando el desprendimiento prematuro de la aparatología, soportará la biomecánica ortodóncica evitando descementaciones involuntarias.

Las mezclas M8 y M22 son materiales adhesivos, ya que después de haber realizado la prueba de adhesión con el método propuesto por ISO/TS 11405, M8 presentó valores de resistencia a la adhesión de 2.29 MPa y M22, 2.51MPa similares a los adhesivos comerciales (Transbond XT: 0.74 MPa y Ortho Solo: 2.25 MPa) contra los que fueron comparados.

El comportamiento de los adhesivos es reproducible, constante y confiable.

Se debe emplear un disolvente con parámetro de solubilidad semejante al monómero para aumentar las propiedades de adhesión y fluidez de los adhesivos; es necesario emplear aquel que sea más compatible, de lo contrario disminuirá la adhesión.

El porcentaje óptimo de disolvente para emplearse en una mezcla adhesiva fue de 10%, tanto para los preparados con BisGMA (M8) como para TMPTMA (M22) porque presentaron el mejor desempeño cuando fueron probados en sustratos de PMMA.

Después de la aplicación del adhesivo que contienen acetona se debe esperar 40 segundos antes de fotopolimerizarlo, para que se evapore el disolvente. A los que contienen alcohol (etanol o isopropanol) se les debe aplicar aire tanto para promover la evaporación del alcohol como formar una capa adhesiva uniforme.

Los adhesivos con TMPTMA presentan mayor adhesión cuando se agrega 6% de Dióxido de silicio con tamaño de partícula promedio de 16nm.



Para los adhesivos con TMPTMA al ser éste un monómero fluido es necesario agregar material de relleno para aumentar su viscosidad y el ángulo de contacto que permita mantener la película de adhesivo sobre el sustrato hasta que éste sea fotopolimerizado.

M22 es estable independientemente del pH por lo que pudiera ser empleado indistintamente. Se observó que todos los adhesivos en general presentan menor solubilidad en inmersión de pH ácido, por lo que serán más estables en pacientes con alto índice de caries que en pacientes con algunos tipos de enfermedad periodontal; excepto

El adhesivo experimental con TMPTMA es menos viscoso que los base BisGMA por lo que puede ser empleado como adhesivo ortodóncico y podría penetrar adecuadamente tanto en las micro-retenciones del esmalte dental posterior a la aplicación del ácido grabador así como en las retenciones de la malla de los aditamentos ortodóncicos.

Se infiere que los adhesivos con TMPTMA al presentar módulo elástico más bajo que los base BisGMA, presentarán comportamiento más elástico por lo cual será posible aplicarlo clínicamente como adhesivo ortodóncico, permitiendo soportar mayor carga sin fracturarse tan rápido como el resto de los adhesivos estudiados.

Tanto M8 como M22, deben ser estudiados como adhesivos ortodóncicos empleando como sustratos la superficie de esmalte contra la superficie de los aditamentos ortodóncicos ya que los resultados del presente estudio muestran que tienen propiedades superiores a los adhesivos ortodóncicos comerciales.

Con base en todas las ventajas descritas se concluye que la formulación con TMPTMA puede ser empleada como adhesivo ortodóncico.

Reactivos utilizados en las formulaciones										
CAS	Nombre	Sinónimos	Formula	Peso molecular g/mol	Punto de ebullición	Punto de inflamación	Daños a			
							la salud	Flamabilidad	Reactividad	
1565-94-2	Bisphenol A glycerolate dimethacrylate	(1-methylethylidene)bis[4,1-phenyleneoxy(2-hydroxy-3,1-propanediyl)] bismethacrylate	$C_{29}H_{32}O_8$	512	SDD	110 °C	2	1	0	
109-16-0	Triethylene glycol dimethacrylate	2,2'-ethylene dioxydiethyl dimethacrylate	$C_{24}H_{32}O_6$	286	170 - 172 °C	167 °C	2	1	0	
3290-92-4	Trimethylolpropane trimethacrylate	TMPTMA	$C_{18}H_{26}O_6$	338	SDD	113 °C	0	1	0	
67-64-1	2-PROPANONA	acetona	$C_3H_6O$ , $CH_3COCH_3$	58.08	56.5 °C	-17.0 °C	2	3	2	
7732-18-5	Ethanol solution	Etanol	$CH_3-CH_2-OH$	46.07	SDD	22° C	2	3	2	
67-63-0	2-Propanol	2-Propanol solution	$H_3C-CH(OH)-CH_3$	60.09	SDD	22.2 °C	2	3	2	
99-97-8	4,N,N-Trimethylaniline	N,N-Dimethyl-p-toluidine	$C_9H_{13}N$	135.21	211 °C	76 °C	2	2	2	
10334-26-6	(1R)-(-)-Camphorquinone	CPQ	$C_{15}H_{14}O_2$	166.22	SDD	SDD	3	0	3	

NOTA: SDD significa sin dato disponible. La información completa del reactivo se encuentra en las fichas de seguridad presentadas a continuación:

**SIGMA-ALDRICH**[sigma-aldrich.com](http://sigma-aldrich.com)**Material Safety Data Sheet**Version 4.0  
Revision Date 06/18/2010  
Print Date 03/07/2011**1. PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION**

Product name : Bisphenol A glycerolate dimethacrylate

Product Number : 494356  
Brand : Aldrich

Company : Sigma-Aldrich Quimica, S.A. de C.V.  
Parque Industrial Toluca 2000  
Calle 6 Norte No. 107  
50200 TOLUCA  
MEXICO

Telephone : +5218000075300  
Fax : +5218007129920  
Emergency Phone # :

**2. HAZARDS IDENTIFICATION****Emergency Overview****OSHA Hazards**

Target Organ Effect, Harmful by ingestion., Skin sensitizer, Irritant, Carcinogen

**Target Organs**

Damage to the eyes.

**GHS Label elements, including precautionary statements**

Pictogram



Signal word

Danger

Hazard statement(s)

H317 May cause an allergic skin reaction.  
H318 Causes serious eye damage.  
H351 Suspected of causing cancer.  
H402 Harmful to aquatic life.

Precautionary statement(s)

P280 Wear protective gloves/eye protection/face protection.  
P305 + P351 + P338 IF IN EYES: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing.

**HMS Classification**

Health hazard: 2  
Chronic Health Hazard: \*  
Flammability: 1  
Physical hazards: 0

**NFPA Rating**

Health hazard: 2  
Fire: 1  
Reactivity Hazard: 0

**Potential Health Effects**

**Inhalation** May be harmful if inhaled. Causes respiratory tract irritation.  
**Skin** Harmful if absorbed through skin. Causes skin irritation.

**Eyes** Causes eye irritation.  
**Ingestion** Harmful if swallowed.

### 3. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Formula : C<sub>29</sub>H<sub>36</sub>O<sub>8</sub>

CAS-No.	EC-No.	Index-No.	Concentration
<b>(1-methylethylidene)bis[4,1-phenyleneoxy(2-hydroxy-3,1-propanediyl)] bismethacrylate</b>			
1565-94-2	216-367-7	-	>= 89.9 - <= 99.9 %
<b>Mequinol</b>			
150-76-5	205-769-8	604-044-00-7	<= 1 %
<b>Hydroquinone</b>			
123-31-9	204-617-8	604-005-00-4	<= 0.1 %

### 4. FIRST AID MEASURES

**General advice**

Consult a physician. Show this safety data sheet to the doctor in attendance. Move out of dangerous area.

**If inhaled**

If breathed in, move person into fresh air. If not breathing, give artificial respiration. Consult a physician.

**In case of skin contact**

Wash off with soap and plenty of water. Consult a physician.

**In case of eye contact**

Rinse thoroughly with plenty of water for at least 15 minutes and consult a physician.

**If swallowed**

Never give anything by mouth to an unconscious person. Rinse mouth with water. Consult a physician.

### 5. FIRE-FIGHTING MEASURES

**Suitable extinguishing media**

Use water spray, alcohol-resistant foam, dry chemical or carbon dioxide.

**Special protective equipment for fire-fighters**

Wear self contained breathing apparatus for fire fighting if necessary.

### 6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

**Personal precautions**

Use personal protective equipment. Avoid breathing vapors, mist or gas. Ensure adequate ventilation. Evacuate personnel to safe areas.

**Environmental precautions**

Prevent further leakage or spillage if safe to do so. Do not let product enter drains. Discharge into the environment must be avoided.

**Methods and materials for containment and cleaning up**

Soak up with inert absorbent material and dispose of as hazardous waste. Keep in suitable, closed containers for disposal.

### 7. HANDLING AND STORAGE

**Precautions for safe handling**

Avoid contact with skin and eyes. Avoid inhalation of vapour or mist. Normal measures for preventive fire protection.

**Conditions for safe storage**

Keep container tightly closed in a dry and well-ventilated place. Containers which are opened must be carefully resealed and kept upright to prevent leakage.

Recommended storage temperature: 2 - 8 °C

Light sensitive.

**8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION**

**Components with workplace control parameters**

Components	CAS-No.	Value	Control parameters	Update	Basis
Mequinol	150-76-5	TWA	5 mg/m <sup>3</sup>	2007-01-01	USA. ACGIH Threshold Limit Values (TLV)
Remarks	Eye irritation Skin damage				
		TWA	5 mg/m <sup>3</sup>	1989-01-19	USA. OSHA - TABLE Z-1 Limits for Air Contaminants - 1910.1000
Hydroquinone	123-31-9	TWA	1 mg/m <sup>3</sup>	2008-01-01	USA. ACGIH Threshold Limit Values (TLV)
Remarks	Eye irritation Eye damage 2008 Adoption Confirmed animal carcinogen with unknown relevance to humans: The agent is carcinogenic in experimental animals at a relatively high dose, by route(s) of administration, at site(s), of histologic type(s), or by mechanism(s) that may not be relevant to worker exposure. Available epidemiologic studies do not confirm an increased risk of cancer in exposed humans. Available evidence does not suggest that the agent is likely to cause cancer in humans except under uncommon or unlikely routes or levels of exposure. Sensitizer				
		TWA	2 mg/m <sup>3</sup>	1989-01-19	USA. OSHA - TABLE Z-1 Limits for Air Contaminants - 1910.1000
		TWA	2 mg/m <sup>3</sup>	1997-08-04	USA. Occupational Exposure Limits (OSHA) - Table Z-1 Limits for Air Contaminants

**Personal protective equipment**

**Respiratory protection**

Where risk assessment shows air-purifying respirators are appropriate use a full-face respirator with multi-purpose combination (US) or type ABEK (EN 14387) respirator cartridges as a backup to engineering controls. If the respirator is the sole means of protection, use a full-face supplied air respirator. Use respirators and components tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or CEN (EU).

**Hand protection**

Handle with gloves. Gloves must be inspected prior to use. Use proper glove removal technique (without touching glove's outer surface) to avoid skin contact with this product. Dispose of contaminated gloves after use in accordance with applicable laws and good laboratory practices. Wash and dry hands.

**Eye protection**

Tightly fitting safety goggles. Faceshield (8-inch minimum). Use equipment for eye protection tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or EN 166(EU).

**Skin and body protection**

Complete suit protecting against chemicals, The type of protective equipment must be selected according to the concentration and amount of the dangerous substance at the specific workplace.

**Hygiene measures**

Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice. Wash hands before breaks and at the end of workday.

**9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES**

**Appearance**

Form liquid

**Safety data**

pH no data available

Melting point no data available

Boiling point	no data available
Flash point	110 °C (230 °F)
Ignition temperature	no data available
Lower explosion limit	no data available
Upper explosion limit	no data available
Density	1.161 g/mL at 25 °C (77 °F)
Water solubility	no data available

---

## 10. STABILITY AND REACTIVITY

### Chemical stability

Stable under recommended storage conditions.

### Conditions to avoid

no data available

### Materials to avoid

Strong oxidizing agents

### Hazardous decomposition products

Hazardous decomposition products formed under fire conditions. - Carbon oxides

---

## 11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

### Acute toxicity

no data available

### Skin corrosion/irritation

no data available

### Serious eye damage/eye irritation

no data available

### Respiratory or skin sensitization

no data available

### Germ cell mutagenicity

no data available

### Carcinogenicity

IARC: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as probable, possible or confirmed human carcinogen by IARC.

NTP: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a known or anticipated carcinogen by NTP.

OSHA: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a carcinogen or potential carcinogen by OSHA.

### Reproductive toxicity

no data available

### Specific target organ toxicity - single exposure (GHS)

no data available

### Specific target organ toxicity - repeated exposure (GHS)

no data available

### Aspiration hazard

no data available

### Potential health effects

Inhalation	May be harmful if inhaled. Causes respiratory tract irritation.
Ingestion	Harmful if swallowed.

**Skin** Harmful if absorbed through skin. Causes skin irritation.  
**Eyes** Causes eye irritation.

**Signs and Symptoms of Exposure**

To the best of our knowledge, the chemical, physical, and toxicological properties have not been thoroughly investigated.

**Additional Information**

RTECS: UD3438000

**12. ECOLOGICAL INFORMATION****Toxicity**

no data available

**Persistence and degradability**

no data available

**Bioaccumulative potential**

no data available

**Mobility in soil**

no data available

**PBT and vPvB assessment**

no data available

**Other adverse effects**

An environmental hazard cannot be excluded in the event of unprofessional handling or disposal.

Harmful to aquatic life.

no data available

**13. DISPOSAL CONSIDERATIONS****Product**

Offer surplus and non-recyclable solutions to a licensed disposal company. Contact a licensed professional waste disposal service to dispose of this material. Dissolve or mix the material with a combustible solvent and burn in a chemical incinerator equipped with an afterburner and scrubber.

**Contaminated packaging**

Dispose of as unused product.

**14. TRANSPORT INFORMATION****DOT (US)**

Not dangerous goods

**IMDG**

Not dangerous goods

**IATA**

Not dangerous goods

**15. REGULATORY INFORMATION****OSHA Hazards**

Target Organ Effect, Harmful by ingestion., Skin sensitiser, Irritant, Carcinogen

**DSL Status**

All components of this product are on the Canadian DSL list.

**SARA 302 Components**

Hydroquinone

CAS-No.  
123-31-9

Revision Date  
2007-07-01



**SARA 313 Components**

SARA 313: This material does not contain any chemical components with known CAS numbers that exceed the threshold (De Minimis) reporting levels established by SARA Title III, Section 313.

**SARA 311/312 Hazards**

Acute Health Hazard, Chronic Health Hazard

**Massachusetts Right To Know Components**

	CAS-No.	Revision Date
Hydroquinone	123-31-9	2007-07-01

**Pennsylvania Right To Know Components**

	CAS-No.	Revision Date
Mequinol	150-76-5	1994-04-01
(1-methylethylidene)bis[4,1-phenyleneoxy(2-hydroxy-3,1-propanediyl)] bismethacrylate	1565-94-2	

**New Jersey Right To Know Components**

	CAS-No.	Revision Date
Mequinol	150-76-5	1994-04-01
(1-methylethylidene)bis[4,1-phenyleneoxy(2-hydroxy-3,1-propanediyl)] bismethacrylate	1565-94-2	

**California Prop. 65 Components**

This product does not contain any chemicals known to State of California to cause cancer, birth defects, or any other reproductive harm.

**16. OTHER INFORMATION****Further information**

Copyright 2010 Sigma-Aldrich Co. License granted to make unlimited paper copies for internal use only. The above information is believed to be correct but does not purport to be all inclusive and shall be used only as a guide. The information in this document is based on the present state of our knowledge and is applicable to the product with regard to appropriate safety precautions. It does not represent any guarantee of the properties of the product. Sigma-Aldrich Co., shall not be held liable for any damage resulting from handling or from contact with the above product. See reverse side of invoice or packing slip for additional terms and conditions of sale.

**SIGMA-ALDRICH**[sigma-aldrich.com](http://sigma-aldrich.com)**Material Safety Data Sheet**Version 4.0  
Revision Date 07/24/2010  
Print Date 03/07/2011**1. PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION**

Product name : Triethylene glycol dimethacrylate

Product Number : 261548  
Brand : Aldrich

Company : Sigma-Aldrich Quimica, S.A. de C.V.  
Parque Industrial Toluca 2000  
Calle 6 Norte No. 107  
50200 TOLUCA  
MEXICO

Telephone : +5218000075300  
Fax : +5218007129920  
Emergency Phone # :

**2. HAZARDS IDENTIFICATION****Emergency Overview****OSHA Hazards**

Skin sensitiser, Irritant

**Other hazards which do not result in classification**

Lachrymator.

**GHS Label elements, including precautionary statements**

Pictogram



Signal word

Warning

Hazard statement(s)

H315 Causes skin irritation.  
H317 May cause an allergic skin reaction.  
H319 Causes serious eye irritation.  
H335 May cause respiratory irritation.

Precautionary statement(s)

P261 Avoid breathing dust/ fume/ gas/ mist/ vapours/ spray.  
P280 Wear protective gloves.  
P305 + P351 + P338 IF IN EYES: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing.

**HMIS Classification**

Health hazard: 2  
Flammability: 1  
Physical hazards: 0

**NFPA Rating**

Health hazard: 2  
Fire: 1  
Reactivity Hazard: 0

**Potential Health Effects**

Inhalation May be harmful if inhaled. Causes respiratory tract irritation.  
Skin May be harmful if absorbed through skin. Causes skin irritation.

**Eyes**  
**Ingestion**

Causes eye irritation.  
May be harmful if swallowed.

### 3. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Synonyms : 2,2'-ethylenedioxydiethyl dimethacrylate

Formula : C<sub>14</sub>H<sub>22</sub>O<sub>6</sub>

CAS-No.	EC-No.	Index-No.	Concentration
<b>2,2'-Ethylenedioxydiethyl dimethacrylate</b>			
109-16-0	203-652-6	-	<= 100 %
<b>Hydroquinone</b>			
123-31-9	204-617-8	604-005-00-4	>= 0.006 - <= 0.01 %

### 4. FIRST AID MEASURES

**General advice**

Move out of dangerous area. Consult a physician. Show this safety data sheet to the doctor in attendance.

**If inhaled**

If breathed in, move person into fresh air. If not breathing, give artificial respiration. Consult a physician.

**In case of skin contact**

Wash off with soap and plenty of water. Consult a physician.

**In case of eye contact**

Rinse thoroughly with plenty of water for at least 15 minutes and consult a physician.

**If swallowed**

Never give anything by mouth to an unconscious person. Rinse mouth with water. Consult a physician.

### 5. FIRE-FIGHTING MEASURES

**Suitable extinguishing media**

Use water spray, alcohol-resistant foam, dry chemical or carbon dioxide.

**Special protective equipment for fire-fighters**

Wear self contained breathing apparatus for fire fighting if necessary.

### 6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

**Personal precautions**

Use personal protective equipment. Avoid breathing vapors, mist or gas. Ensure adequate ventilation. Evacuate personnel to safe areas.

**Environmental precautions**

Do not let product enter drains.

**Methods and materials for containment and cleaning up**

Soak up with inert absorbent material and dispose of as hazardous waste. Keep in suitable, closed containers for disposal.

### 7. HANDLING AND STORAGE

**Precautions for safe handling**

Avoid contact with skin and eyes. Avoid inhalation of vapour or mist. Normal measures for preventive fire protection.

**Conditions for safe storage**

Keep container tightly closed in a dry and well-ventilated place.

Recommended storage temperature: 2 - 8 °C

Light sensitive.

## 8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

### Components with workplace control parameters

Components	CAS-No.	Value	Control parameters	Update	Basis
Hydroquinone	123-31-9	TWA	1 mg/m <sup>3</sup>	2008-01-01	USA. ACGIH Threshold Limit Values (TLV)
Remarks	Eye irritation Eye damage 2008 Adoption Confirmed animal carcinogen with unknown relevance to humans: The agent is carcinogenic in experimental animals at a relatively high dose, by route(s) of administration, at site(s), of histologic type(s), or by mechanism(s) that may not be relevant to worker exposure. Available epidemiologic studies do not confirm an increased risk of cancer in exposed humans. Available evidence does not suggest that the agent is likely to cause cancer in humans except under uncommon or unlikely routes or levels of exposure. Sensitizer				
		TWA	2 mg/m <sup>3</sup>	1989-01-19	USA. OSHA - TABLE Z-1 Limits for Air Contaminants - 1910.1000
		TWA	2 mg/m <sup>3</sup>	1997-08-04	USA. Occupational Exposure Limits (OSHA) - Table Z-1 Limits for Air Contaminants

### Personal protective equipment

#### Respiratory protection

Where risk assessment shows air-purifying respirators are appropriate use a full-face respirator with multi-purpose combination (US) or type ABEK (EN 14387) respirator cartridges as a backup to engineering controls. If the respirator is the sole means of protection, use a full-face supplied air respirator. Use respirators and components tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or CEN (EU).

#### Hand protection

Handle with gloves. Gloves must be inspected prior to use. Use proper glove removal technique (without touching glove's outer surface) to avoid skin contact with this product. Dispose of contaminated gloves after use in accordance with applicable laws and good laboratory practices. Wash and dry hands.

#### Eye protection

Face shield and safety glasses Use equipment for eye protection tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or EN 166(EU).

#### Skin and body protection

Complete suit protecting against chemicals, The type of protective equipment must be selected according to the concentration and amount of the dangerous substance at the specific workplace.

#### Hygiene measures

Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice. Wash hands before breaks and at the end of workday.

## 9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

### Appearance

Form liquid

### Safety data

pH no data available  
 Melting point no data available  
 Boiling point 170 - 172 °C (338 - 342 °F) at 7 hPa (5 mmHg) - lit.  
 Flash point 167 °C (333 °F) - closed cup  
 Ignition temperature no data available  
 Lower explosion limit no data available

Upper explosion limit	no data available
Density	1.092 g/mL at 25 °C (77 °F)
Water solubility	no data available
Partition coefficient: n-octanol/water	POW: 1.88

## 10. STABILITY AND REACTIVITY

### Chemical stability

Stable under recommended storage conditions.

### Conditions to avoid

May polymerize on exposure to light.

### Materials to avoid

Strong bases, Strong oxidizing agents

### Hazardous decomposition products

Hazardous decomposition products formed under fire conditions. - Carbon oxides

Contains the following stabiliser(s):

Hydroquinone (>=0.006 - <=0.01 %)

## 11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

### Acute toxicity

LD50 Oral - rat - 10,837 mg/kg

TDL0 Oral - rat - 7,889 mg/kg

### Skin corrosion/irritation

no data available

### Serious eye damage/eye irritation

The product causes irritation of eyes, skin and mucous membranes.

### Respiratory or skin sensitization

May cause sensitization by skin contact.

### Germ cell mutagenicity

no data available

### Carcinogenicity

IARC: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as probable, possible or confirmed human carcinogen by IARC.

ACGIH: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a carcinogen or potential carcinogen by ACGIH.

NTP: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a known or anticipated carcinogen by NTP.

OSHA: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a carcinogen or potential carcinogen by OSHA.

### Reproductive toxicity

no data available

### Specific target organ toxicity - single exposure (Globally Harmonized System)

Inhalation - May cause respiratory irritation.

### Specific target organ toxicity - repeated exposure (Globally Harmonized System)

no data available

### Aspiration hazard

no data available

### Potential health effects

<b>Inhalation</b>	May be harmful if inhaled. Causes respiratory tract irritation.
<b>Ingestion</b>	May be harmful if swallowed.
<b>Skin</b>	May be harmful if absorbed through skin. Causes skin irritation.
<b>Eyes</b>	Causes eye irritation.

**Signs and Symptoms of Exposure**

Symptoms of exposure may include burning sensation, coughing, wheezing, laryngitis, shortness of breath, headache, nausea, and vomiting. To the best of our knowledge, the chemical, physical, and toxicological properties have not been thoroughly investigated.

**Additional Information**

RTECS: OZ4100000

**12. ECOLOGICAL INFORMATION****Toxicity**

no data available

**Persistence and degradability**

no data available

**Bioaccumulative potential**

no data available

**Mobility in soil**

no data available

**PBT and vPvB assessment**

no data available

**Other adverse effects**

no data available

**13. DISPOSAL CONSIDERATIONS****Product**

Offer surplus and non-recyclable solutions to a licensed disposal company. Contact a licensed professional waste disposal service to dispose of this material.

**Contaminated packaging**

Dispose of as unused product.

**14. TRANSPORT INFORMATION****DOT (US)**

UN-Number: 3334 Class: 9

Proper shipping name: Aviation regulated liquid, n.o.s. (2,2'-Ethylenedioxydiethyl dimethacrylate)

Reportable Quantity (RQ):

Marine pollutant: No

Poison Inhalation Hazard: No

**IMDG**

Not dangerous goods

**IATA**

UN-Number: 3334 Class: 9

Proper shipping name: Aviation regulated liquid, n.o.s. (2,2'-Ethylenedioxydiethyl dimethacrylate)

**15. REGULATORY INFORMATION****OSHA Hazards**

Skin sensitiser, Irritant

**DSL Status**

All components of this product are on the Canadian DSL list.

**SARA 302 Components**

Hydroquinone

CAS-No.  
123-31-9Revision Date  
2007-07-01**SARA 313 Components**

SARA 313: This material does not contain any chemical components with known CAS numbers that exceed the threshold (De Minimis) reporting levels established by SARA Title III, Section 313.

**SARA 311/312 Hazards**

Acute Health Hazard

**Reportable Quantity** : lowest RQ > 999999 lbs

lowest RQ &gt; 999999 lbs

**Massachusetts Right To Know Components**

Hydroquinone

CAS-No.  
123-31-9Revision Date  
2007-07-01**Pennsylvania Right To Know Components**

2,2'-Ethylenedioxydiethyl dimethacrylate

CAS-No.  
109-16-0

Revision Date

**New Jersey Right To Know Components**

2,2'-Ethylenedioxydiethyl dimethacrylate

CAS-No.  
109-16-0

Revision Date

**California Prop. 65 Components**

This product does not contain any chemicals known to State of California to cause cancer, birth defects, or any other reproductive harm.

**16. OTHER INFORMATION****Further information**

Copyright 2010 Sigma-Aldrich Co. License granted to make unlimited paper copies for internal use only.

The above information is believed to be correct but does not purport to be all inclusive and shall be used only as a guide. The information in this document is based on the present state of our knowledge and is applicable to the product with regard to appropriate safety precautions. It does not represent any guarantee of the properties of the product. Sigma-Aldrich Co., shall not be held liable for any damage resulting from handling or from contact with the above product. See reverse side of invoice or packing slip for additional terms and conditions of sale.

**SIGMA-ALDRICH**

sigma-aldrich.com

**Material Safety Data Sheet**Version 4.0  
Revision Date 07/23/2010  
Print Date 03/07/2011**1. PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION**

Product name : Trimethylolpropane trimethacrylate

Product Number : 246840  
Brand : Aldrich

Company : Sigma-Aldrich Quimica, S.A. de C.V.  
Parque Industrial Toluca 2000  
Calle 6 Norte No. 107  
50200 TOLUCA  
MEXICO

Telephone : +5218000075300  
Fax : +5218007129920  
Emergency Phone # :

**2. HAZARDS IDENTIFICATION****Emergency Overview****OSHA Hazards**

No known OSHA hazards

**HMIS Classification**

Health hazard: 0  
Chronic Health Hazard: \*  
Flammability: 1  
Physical hazards: 0

**NFPA Rating**

Health hazard: 0  
Fire: 1  
Reactivity Hazard: 0

**Potential Health Effects**

**Inhalation** May be harmful if inhaled. May cause respiratory tract irritation.  
**Skin** May be harmful if absorbed through skin. May cause skin irritation.  
**Eyes** May cause eye irritation.  
**Ingestion** May be harmful if swallowed.

**3. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS**

Synonyms : TMPTMA

Formula : C<sub>18</sub>H<sub>26</sub>O<sub>6</sub>

CAS-No.	EC-No.	Index-No.	Concentration
<b>propylidynetrimethyl trimethacrylate</b>			
3290-92-4	221-950-4	-	-
<b>Mequinol</b>			
150-76-5	205-769-8	604-044-00-7	<= 0.1 %

**4. FIRST AID MEASURES**



**If inhaled**

If breathed in, move person into fresh air. If not breathing, give artificial respiration.

**In case of skin contact**

Wash off with soap and plenty of water.

**In case of eye contact**

Flush eyes with water as a precaution.

**If swallowed**

Never give anything by mouth to an unconscious person. Rinse mouth with water.

**5. FIRE-FIGHTING MEASURES**

**Suitable extinguishing media**

Use water spray, alcohol-resistant foam, dry chemical or carbon dioxide.

**Special protective equipment for fire-fighters**

Wear self contained breathing apparatus for fire fighting if necessary.

**6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES**

**Personal precautions**

Avoid breathing vapors, mist or gas.

**Environmental precautions**

Do not let product enter drains.

**Methods and materials for containment and cleaning up**

Keep in suitable, closed containers for disposal.

**7. HANDLING AND STORAGE**

**Precautions for safe handling**

Normal measures for preventive fire protection.

**Conditions for safe storage**

Keep container tightly closed in a dry and well-ventilated place. Containers which are opened must be carefully resealed and kept upright to prevent leakage.

Product is sensitive to light and moisture.

**8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION**

**Components with workplace control parameters**

Components	CAS-No.	Value	Control parameters	Update	Basis
	3290-92-4	TWA	1 mg/m3	2008-01-01	USA. Workplace Environmental Exposure Levels (WEEL)
Remarks	Skin				

**Personal protective equipment**

**Respiratory protection**

Respiratory protection not required. For nuisance exposures use type OV/AG (US) or type ABEK (EU EN 14387) respirator cartridges. Use respirators and components tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or CEN (EU).

**Hand protection**

Handle with gloves. Gloves must be inspected prior to use. Use proper glove removal technique (without touching glove's outer surface) to avoid skin contact with this product. Dispose of contaminated gloves after use in accordance with applicable laws and good laboratory practices. Wash and dry hands.

**Eye protection**

Use equipment for eye protection tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or EN 166(EU).

**Skin and body protection**

impervious clothing, The type of protective equipment must be selected according to the concentration and amount of the dangerous substance at the specific workplace.

**Hygiene measures**

General industrial hygiene practice.

**9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES****Appearance**

Form	clear, viscous liquid
Colour	yellow

**Safety data**

pH	no data available
Melting point	no data available
Boiling point	no data available
Flash point	113 °C (235 °F)
Ignition temperature	no data available
Lower explosion limit	no data available
Upper explosion limit	no data available
Vapour pressure	0.00750 hPa (0.00563 mmHg) at 20 °C (68 °F)
Density	1.06 g/mL at 25 °C (77 °F)
Water solubility	no data available

**10. STABILITY AND REACTIVITY****Chemical stability**

Stable under recommended storage conditions.

**Conditions to avoid**

no data available

**Materials to avoid**

Strong acids and oxidizing agents

**Hazardous decomposition products**

Hazardous decomposition products formed under fire conditions. - Carbon oxides

Contains the following stabiliser(s):

Mequinol (<=0.1 %)

**11. TOXICOLOGICAL INFORMATION****Acute toxicity**

LD50 Oral - rat - 5,999.6 mg/kg

LD50 Dermal - rabbit - 16,960 mg/kg

**Skin corrosion/irritation**

Skin - rabbit - Mild skin irritation - Draize Test

**Serious eye damage/eye irritation**

no data available

**Respiratory or skin sensitization**

no data available

**Germ cell mutagenicity**

no data available

**Carcinogenicity**

- IARC: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as probable, possible or confirmed human carcinogen by IARC.
- ACGIH: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a carcinogen or potential carcinogen by ACGIH.
- NTP: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a known or anticipated carcinogen by NTP.
- OSHA: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a carcinogen or potential carcinogen by OSHA.

**Reproductive toxicity**

no data available

**Specific target organ toxicity - single exposure (Globally Harmonized System)**

no data available

**Specific target organ toxicity - repeated exposure (Globally Harmonized System)**

no data available

**Aspiration hazard**

no data available

**Potential health effects**

- Inhalation** May be harmful if inhaled. May cause respiratory tract irritation.
- Ingestion** May be harmful if swallowed.
- Skin** May be harmful if absorbed through skin. May cause skin irritation.
- Eyes** May cause eye irritation.

**Signs and Symptoms of Exposure**

Symptoms of exposure may include burning sensation, coughing, wheezing, laryngitis, shortness of breath, headache, nausea, and vomiting., To the best of our knowledge, the chemical, physical, and toxicological properties have not been thoroughly investigated.

**Additional Information**

RTECS: TY6675000

**12. ECOLOGICAL INFORMATION**

**Toxicity**

- Toxicity to fish LC50 - Oncorhynchus mykiss (rainbow trout) - 144 mg/l - 96 h
- LC50 - Pimephales promelas (fathead minnow) - 160 mg/l - 96 h
- LC50 - Lepomis macrochirus - 112 mg/l - 96 h

**Persistence and degradability**

no data available

**Bioaccumulative potential**

no data available

**Mobility in soil**

no data available

**PBT and vPvB assessment**

no data available

**Other adverse effects**

no data available

**13. DISPOSAL CONSIDERATIONS**

**Product**

Offer surplus and non-recyclable solutions to a licensed disposal company.

**Contaminated packaging**  
Dispose of as unused product.

---

#### 14. TRANSPORT INFORMATION

**DOT (US)**  
Not dangerous goods

**IMDG**  
Not dangerous goods

**IATA**  
Not dangerous goods

---

#### 15. REGULATORY INFORMATION

**OSHA Hazards**  
No known OSHA hazards

**DSL Status**  
All components of this product are on the Canadian DSL list.

**SARA 302 Components**  
SARA 302: No chemicals in this material are subject to the reporting requirements of SARA Title III, Section 302.

**SARA 313 Components**  
SARA 313: This material does not contain any chemical components with known CAS numbers that exceed the threshold (De Minimis) reporting levels established by SARA Title III, Section 313.

**SARA 311/312 Hazards**  
No SARA Hazards

**Massachusetts Right To Know Components**  
No components are subject to the Massachusetts Right to Know Act.

**Pennsylvania Right To Know Components**

	CAS-No.	Revision Date
propylidynetrimethyl trimethacrylate	3290-92-4	

**New Jersey Right To Know Components**

	CAS-No.	Revision Date
propylidynetrimethyl trimethacrylate	3290-92-4	

**California Prop. 65 Components**  
This product does not contain any chemicals known to State of California to cause cancer, birth defects, or any other reproductive harm.

---

#### 16. OTHER INFORMATION

**Further information**  
Copyright 2010 Sigma-Aldrich Co. License granted to make unlimited paper copies for internal use only.  
The above information is believed to be correct but does not purport to be all inclusive and shall be used only as a guide. The information in this document is based on the present state of our knowledge and is applicable to the product with regard to appropriate safety precautions. It does not represent any guarantee of the properties of the product. Sigma-Aldrich Co., shall not be held liable for any damage resulting from handling or from contact with the above product. See reverse side of invoice or packing slip for additional terms and conditions of sale.

---

**SIGMA-ALDRICH**[sigma-aldrich.com](http://sigma-aldrich.com)**Hoja Técnica de Seguridad del Material**

Versión 4.0

Fecha de revisión 07/19/2010

Fecha de impresión 03/07/2011

**1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA**

Nombre del producto	:	Acetone
Referencia	:	414689
Marca	:	Fluka
Compañía	:	Sigma-Aldrich Química, S.A. de C.V. Parque Industrial Toluca 2000 Calle 6 Norte No. 107 50200 TOLUCA MEXICO
Teléfono	:	+5218000075300
Fax	:	+5218007129920
Teléfono de Urgencia	:	

**2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS****Revisión de la Emergencia****Peligros OSHA**

Líquido inflamable, Efecto del órgano de blanco, Irritante

**Órganos diana**

Hígado, RiñónHígado, Riñón

**Elementos de las etiquetas del SGA, incluidos los consejos de prudencia**

Pictograma



Palabra de advertencia Peligro

Indicación(es) de peligro

H225	Líquido y vapores muy inflamables.
H316	Provoca una leve irritación cutánea.
H319	Provoca irritación ocular grave.
H336	Puede provocar somnolencia o vértigo.

Declaración(es) de prudencia

P210	Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. - No fumar.
P261	Evitar respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol.
P305 + P351 + P338	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

**HMIS Classification**

Health hazard:	2
Chronic Health Hazard:	*
Flammability:	3
Physical hazards:	0

**Clasificación NFPA**

Peligro para la salud:	2
Fuego:	3
Peligro de Reactividad:	0

Peligro para la salud: 2  
 Fuego: 3  
 Peligro de Reactividad: 0

#### Efectos potenciales para la Salud

**Inhalación** Puede ser nocivo si se inhala. Provoca una irritación del tracto respiratorio. La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.

**Piel** Puede ser nocivo si es absorbido por la piel. Provoca irritaciones de la piel. La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.

**Ojos** Provoca una irritación en los ojos.

**Ingestión** Puede ser nocivo si es tragado.

### 3. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Formula :  $C_3H_6O$   
 Peso molecular : 58.08 g/mol

No. CAS	No. CE	No. Índice	Concentración
<b>Acetone</b>			
67-64-1	200-662-2	606-001-00-8	-

### 4. PRIMEROS AUXILIOS

#### Recomendaciones generales

Consultar a un médico. Mostrar esta ficha de seguridad al doctor que esté de servicio. Retire a la persona de la zona peligrosa.

#### Si es inhalado

Si aspiró, mueva la persona al aire fresco. Si ha parado de respirar, hacer la respiración artificial. Consultar a un médico.

#### En caso de contacto con la piel

Eliminar lavando con jabón y mucha agua. Consultar a un médico.

#### En caso de contacto con los ojos

Lávese a fondo con agua abundante durante 15 minutos por lo menos y consulte al médico.

#### Si es tragado

No provocar el vómito. Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente. Enjuague la boca con agua. Consultar a un médico.

### 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

#### Medios de extinción adecuados

En caso de fuegos incipientes, usar medios como espuma de "alcohol", polvo seco o dióxido de carbono. Para incendios, aplicar desde una larga distancia, abundante agua pulverizada o spray. Enfriar todos los contenedores afectados con abundante agua.

#### Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios

Si es necesario, usar equipo de respiración autónomo para la lucha contra el fuego.

#### Otros datos

El agua pulverizada puede ser utilizada para enfriar los contenedores cerrados.

### 6. MEDIDAS EN CASO DE LIBERACIÓN ACCIDENTAL

#### Precauciones personales

Utilícese equipo de protección individual. Evitar respirar los vapores, la neblina o el gas. Asegúrese una ventilación apropiada. Retirar todas las fuentes de ignición. Evacuar el personal a zonas seguras. Tener cuidado con los vapores que se acumulan formando así concentraciones explosivas. Los vapores pueden acumularse en las zonas inferiores.

#### Precauciones para la protección del medio ambiente

Impedir nuevos escapes o derrames si puede hacerse sin riesgos. No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

**Métodos y materiales para la contención y la limpieza**

Contener y recoger el derrame con un aspirador aislado de la electricidad o cepillándolo, y meterlo en un envase para su eliminación de acuerdo con las reglamentaciones locales (ver sección 13).

**7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO**

**Precauciones para una manipulación sin peligro**

Evítese el contacto con los ojos y la piel. Evitar la inhalación de vapor o neblina. Utilizar un equipamiento de protección contra las explosiones. Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar. Tomar medidas para impedir la acumulación de descargas electrostáticas.

**Condiciones para el almacenaje seguro**

Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado. Los contenedores que se abren deben volverse a cerrar cuidadosamente y mantener en posición vertical para evitar pérdidas. Almacenar en un lugar fresco.

**8. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL**

**Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.**

Componentes	No. CAS	Valor	Parámetros de control	Puesto al día	Base
Acetone	67-64-1	TWA	500 ppm	2007-01-01	USA. ACGIH Threshold Limit Values (TLV)
Observaciones	Eye & Upper Respiratory Tract irritation Central Nervous System impairment Hematologic effects Substances for which there is a Biological Exposure Index or Indices (see BEI® section) Not classifiable as a human carcinogen: Agents which cause concern that they could be carcinogenic for humans but which cannot be assessed conclusively because of a lack of data. In vitro or animal studies do not provide indications of carcinogenicity which are sufficient to classify the agent into one of the other categories.				
		STEL	750 ppm	2007-01-01	USA. ACGIH Threshold Limit Values (TLV)
	Eye & Upper Respiratory Tract irritation Central Nervous System impairment Hematologic effects Substances for which there is a Biological Exposure Index or Indices (see BEI® section) Not classifiable as a human carcinogen: Agents which cause concern that they could be carcinogenic for humans but which cannot be assessed conclusively because of a lack of data. In vitro or animal studies do not provide indications of carcinogenicity which are sufficient to classify the agent into one of the other categories.				
		TWA	750 ppm 1,800 mg/m <sup>3</sup>	1989-01-19	USA. OSHA - TABLE Z-1 Limits for Air Contaminants - 1910.1000
	The acetone STEL does not apply to the cellulose acetate fiber industry. It is in effect for all other sectors.				
		STEL	1,000 ppm 2,400 mg/m <sup>3</sup>	1989-01-19	USA. OSHA - TABLE Z-1 Limits for Air Contaminants - 1910.1000
	The acetone STEL does not apply to the cellulose acetate fiber industry. It is in effect for all other sectors.				
		TWA	1,000 ppm 2,400 mg/m <sup>3</sup>	1997-08-04	USA. Occupational Exposure Limits (OSHA) - Table Z-1 Limits for Air Contaminants
	The value in mg/m <sup>3</sup> is approximate.				

**Protección personal**

**Protección respiratoria**

Donde el asesoramiento de riesgo muestre que los respiradores purificadores de aire son apropiados, usar un respirador que cubra toda la cara con combinación multi-proposito (EEUU) o tipo AXBEK (EN 14387) respiradores de cartucho de respuesto para controles de ingeniería. Si el respirador es la única protección, usar un respirador suministrado que cubra toda la cara Usar respiradores y componenetes testados y aprovados bajo los estandards gubernamentales apropiados como NIOSH (EEUU) o CEN (UE)

**Protección de las manos**

Manipular con guantes. Los guantes deben ser controlados antes de la utilización. Utilice la técnica correcta de quitarse los guantes (sin tocar la superficie exterior del guante) para evitar el contacto de la piel con este producto. Deseche los guantes contaminados después de su uso, de conformidad con las leyes aplicables y buenas prácticas de laboratorio. Lavar y secar las manos.

**Protección de los ojos**

Caretas de protección y gafas de seguridad. Use equipo de protección para los ojos probado y aprobado según las normas gubernamentales correspondientes, tales como NIOSH (EE.UU.) o EN 166 (UE).

**Protección de la piel y del cuerpo**

indumentaria impermeable, Vestimenta protectora antiestática retardante de la flama, El tipo de equipamiento de protección debe ser elegido según la concentración y la cantidad de sustancia peligrosa al lugar específico de trabajo.

**Medidas de higiene**

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad. Lávense las manos antes de los descansos y después de terminar la jornada laboral.

---

**9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**

**Aspecto**

Estado físico	líquido, claro
Color	incoloro

**Datos de Seguridad**

pH	sin datos disponibles
Punto de fusión	-94 °C (-137 °F) - lit.
Punto de ebullición	56 °C (133 °F) a 1,013 hPa (760 mmHg) - lit.
Punto de inflamación	-17.0 °C (1.4 °F) - copa cerrada
Temperatura de ignición	465 °C (869 °F)
Límite de explosión, inferior	2 %(V)
Límite de explosión, superior	13 %(V)
Presión de vapor	533.3 hPa (400.0 mmHg) a 39.5 °C (103.1 °F) 245.3 hPa (184.0 mmHg) a 20.0 °C (68.0 °F)
Densidad	0.791 g/cm <sup>3</sup> a 25 °C (77 °F)
Solubilidad en agua	totalmente miscible
Coefficiente de reparto n-octanol/agua	log Pow: -0.24

---

**10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD**

**Estabilidad química**

Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.



**Posibilidad de reacciones peligrosas**

Los vapores pueden formar una mezcla explosiva con el aire.

**Condiciones que deben evitarse**

Calor, llamas y chispas. Temperaturas extremas y luz directa del sol.

**Materias que deben evitarse**

Bases, Oxidantes, Agentes reductores, La acetona reacciona violentamente con oxocloruro de fósforo.

**Productos de descomposición peligrosos**

Productos de descomposición peligrosos formados en condiciones de incendio. - Óxidos de carbono

**11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA****Toxicidad aguda**

DL50 Oral - rata - 5,800 mg/kg

Observaciones: Conducta: alteraciones en el ciclo del sueño Conducta. Terror

CL50 Inhalación - rata - 8 h - 50,100 mg/m<sup>3</sup>

DL50 Cutáneo - conejillo de indias - 7,426 mg/kg

**Corrosión o irritación cutáneas**

Piel - conejo - Ligera irritación de la piel - 24 h

**Lesiones oculares graves/ irritación ocular**

Ojos - conejo - Irritación ocular - 24 h

**Sensibilización de la piel o respiratoria**

La exposición crónica puede causar dermatitis.

**Mutagenicidad en células germinales**

sin datos disponibles

**Carcinogenicidad**

Este producto es o contiene un componente no clasificable con respecto a su carcinogenia en humanos, basado en su clasificación por IARC (International Agency for Research on Cancer; Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer), ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists; Conferencia de Higienistas Industriales Gubernamentales de los Estados Unidos), NTP (National Toxicology Program; Programa Nacional de Toxicología) de los Estados Unidos o EPA (Environmental Protection Agency; Agencia para la Protección del Medio Ambiente) de los Estados Unidos.

IARC: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as probable, possible or confirmed human carcinogen by IARC.

ACGIH: No se identifica ningún componente de este producto, que presente niveles mayores que o el igual a 0,1% como cancerígeno o como carcinógeno potencial por la ACGIH.

NTP: En este producto no se identifica ningún componente, que presente niveles mayores que o iguales a 0.1%, como agente carcinógeno conocido o anticipado por el (NTP) Programa Nacional de Toxicología.

OSHA: No se identifica ningún componente de este producto, que presente niveles mayores que o el igual a 0,1% como cancerígeno o como carcinógeno potencial por la (OSHA) Administración de Salud y Seguridad Ocupacional.

**Toxicidad para la reproducción**

sin datos disponibles

**Toxicidad específica en determinados órganos (stot) - exposición única (SGA)**

Puede provocar somnolencia o vértigo.

**Toxicidad específica en determinados órganos (stot) - exposiciones repetidas (SGA)**

sin datos disponibles

**Peligro por aspiración**

sin datos disponibles

**Efectos potenciales sobre la salud**

<b>Inhalación</b>	Puede ser nocivo si se inhala. Provoca una irritación del tracto respiratorio. La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.
<b>Ingestión</b>	Puede ser nocivo si es tragado.
<b>Piel</b>	Puede ser nocivo si es absorbido por la piel. Provoca irritaciones de la piel. La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.
<b>Ojos</b>	Provoca una irritación en los ojos.

**Información Adicional**

RTECS: AL3150000

**12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA**

**Toxicidad**

Toxicidad para los peces	CL50 - Oncorhynchus mykiss (Trucha irisada) - 5,540.00 mg/l - 96 h
Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos.	CE50 - Daphnia magna (Pulga de mar grande) - 13,500.00 mg/l - 48 h

**Persistencia y degradabilidad**

sin datos disponibles

**Potencial de bioacumulación**

sin datos disponibles

**Movilidad en suelo**

sin datos disponibles

**Valoración PBT y MPMB**

sin datos disponibles

**Otros efectos nocivos**

sin datos disponibles

**13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN**

**Producto**

Quemar en un incinerador apto para productos químicos provisto de postquemador y lavador, procediendo con gran cuidado en la ignición ya que este producto es extremadamente inflamable. Ofertar el sobrante y las soluciones no-aprovechables a una compañía de vertidos acreditada. Para la eliminación de este producto, dirigirse a un servicio profesional autorizado.

**Envases contaminados**

Eliminar como producto no usado.

**14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE**

**DOT (US)**

UN-Number: 1090 Class: 3 Packing group: II  
 Proper shipping name: Acetone  
 Reportable Quantity (RQ): 5000 lbs  
 Marine pollutant: No  
 Poison Inhalation Hazard: No

**IMDG**

UN-Number: 1090 Class: 3 Packing group: II EMS-No: F-E, S-D  
 Proper shipping name: ACETONE  
 Marine pollutant: No

**IATA**

UN-Number: 1090 Class: 3  
 Proper shipping name: Acetone

Packing group: II

**15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA**

**Peligros OSHA**

Líquido inflamable, Efecto del órgano de blanco, Irritante

**DSL Estado**

Todos los componentes de este producto están en la lista canadiense DSL.

**SARA 302 Componentes**

SARA 302: Este material no contiene productos químicos sujetos a los requisitos reportados por SARA Título III, sección 302.

**SARA 313 Componentes**

SARA 313: Este material no contiene ningún componente químico con los conocidos números CAS que exceden el umbral de los niveles reportados (De Minimis) establecidos por SARA título III, sección 313.

**SARA 311/312 Peligros**

Peligro de Incendio, Peligro Agudo para la Salud, Peligro para la Salud Crónico

**Massachusetts Right To Know Componentes**

	No. CAS	Fecha de revisión
Acetone	67-64-1	2007-03-01

**Pennsylvania Right To Know Componentes**

	No. CAS	Fecha de revisión
Acetone	67-64-1	2007-03-01

**New Jersey Right To Know Componentes**

	No. CAS	Fecha de revisión
Acetone	67-64-1	2007-03-01

**Prop. 65 de California Componentes**

Este producto no contiene ninguna sustancia química conocida para el de Estado de California que pueden causar cáncer, defectos de nacimiento, o cualquier otro daño reproductivo.

**16. OTRA INFORMACIÓN**

**Otros datos**

Copyright 2010 Sigma-Aldrich. Se autoriza la reproducción en número ilimitado de copias para uso exclusivamente interno.

La información indicada arriba se considera correcta pero no pretende ser exhaustiva y deberá utilizarse únicamente como orientación. Sigma-Aldrich, no responderá por ningún daño resultante de la manipulación o contacto con el producto indicado arriba. Ver otros términos y condiciones de venta en el reverso de la factura o de la nota de entrega.

**SIGMA-ALDRICH****Material Safety Data Sheet**

Version 3.0  
 Revision Date 08/25/2008  
 Print Date 03/07/2011

**1. PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION**

Product name : Ethanol solution

Product Number : 02877  
 Brand : Fluka

Company : Sigma-Aldrich Quimica, S.A. de C.V.  
 Parque Industrial Toluca 2000  
 Calle 6 Norte No. 107  
 50200 TOLUCA  
 MEXICO

Telephone : +5218000075300  
 Fax : +5218007129920  
 Emergency Phone # :

**2. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS**

CAS-No.	EC-No.	Index-No.	Concentration
<b>Water</b>			
7732-18-5	231-791-2	-	30 %
<b>Ethanol</b>			
64-17-5	200-578-6	603-002-00-5	70 %

**3. HAZARDS IDENTIFICATION****Emergency Overview****OSHA Hazards**

Flammable Liquid, Carcinogen, Target Organ Effect, Irritant

**Target Organs**

Nerves., Liver, Heart

**HMIS Classification**

Health Hazard: 2  
 Chronic Health Hazard: \*  
 Flammability: 3  
 Physical hazards: 0

**NFPA Rating**

Health Hazard: 2  
 Fire: 3  
 Reactivity Hazard: 0

**Potential Health Effects**

<b>Inhalation</b>	May be harmful if inhaled. Causes respiratory tract irritation.
<b>Skin</b>	May be harmful if absorbed through skin. Causes skin irritation.
<b>Eyes</b>	Causes eye irritation.
<b>Ingestion</b>	May be harmful if swallowed.

---

#### 4. FIRST AID MEASURES

##### **General advice**

Consult a physician. Show this safety data sheet to the doctor in attendance. Move out of dangerous area.

##### **If inhaled**

If breathed in, move person into fresh air. If not breathing give artificial respiration. Consult a physician.

##### **In case of skin contact**

Wash off with soap and plenty of water. Consult a physician.

##### **In case of eye contact**

Flush eyes with water as a precaution.

##### **If swallowed**

Do NOT induce vomiting. Never give anything by mouth to an unconscious person. Rinse mouth with water. Consult a physician.

---

#### 5. FIRE-FIGHTING MEASURES

##### **Flammable properties**

Flash point 22 °C (72 °F) - closed cup

Ignition temperature no data available

##### **Suitable extinguishing media**

For small (incipient) fires, use media such as "alcohol" foam, dry chemical, or carbon dioxide. For large fires, apply water from as far as possible. Use very large quantities (flooding) of water applied as a mist or spray; solid streams of water may be ineffective. Cool all affected containers with flooding quantities of water.

##### **Special protective equipment for fire-fighters**

Wear self contained breathing apparatus for fire fighting if necessary.

##### **Further information**

Use water spray to cool unopened containers.

---

#### 6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

##### **Personal precautions**

Avoid breathing vapors, mist or gas. Remove all sources of ignition. Beware of vapours accumulating to form explosive concentrations. Vapours can accumulate in low areas.

##### **Environmental precautions**

Do not let product enter drains.

##### **Methods for cleaning up**

Contain spillage, and then collect with non-combustible absorbent material, (e.g. sand, earth, diatomaceous earth, vermiculite) and place in container for disposal according to local / national regulations (see section 13). Keep in suitable, closed containers for disposal.

---

#### 7. HANDLING AND STORAGE

##### **Handling**

Avoid inhalation of vapour or mist.

Keep away from sources of ignition - No smoking. Take measures to prevent the build up of electrostatic charge.

##### **Storage**

Keep container tightly closed in a dry and well-ventilated place. Store in cool place.

**8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION**

**Components with workplace control parameters**

Components	CAS-No.	Value	Control parameters	Update	Basis
Ethanol	64-17-5	TWA	1,000 ppm 1,880 mg/m <sup>3</sup>	1996-05-18	US. American Conference of Governmental and Industrial Hygienists Threshold Limit Values for Chemical Substances in the Work Environment; Annual Reports for the Year 2004: Committees on Threshold Limit Values (TLVs ) and Biological Exposure Indices (BEIs)
Remarks	The agent (mixture , or exposure circumstance) is not classifiable as to its carcinogenicity to humans . Refers to Appendix A -- Carcinogens. 1996 Adoption				
		TWA	1,000 ppm 1,900 mg/m <sup>3</sup>	1989-03-01	US. Department of Labor - Occupational Safety and Health Administration (OSHA) 29 CFR 1910.1000 Z-1-A
		TWA	1,000 ppm 1,900 mg/m <sup>3</sup>	1993-06-30	US. Department of Labor - Occupational Safety and Health Administration (OSHA) Permissible Exposure Limits (PEL) 29 CFR 1910.1000 Air Contaminants.

**Personal protective equipment**

**Respiratory protection**

Where risk assessment shows air-purifying respirators are appropriate use a full-face respirator with multi-purpose combination (US) or type ABEK (EN 14387) respirator cartridges as a backup to engineering controls. If the respirator is the sole means of protection, use a full-face supplied air respirator. Use respirators and components tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or CEN (EU).

**Hand protection**

Handle with gloves.

**Eye protection**

Safety glasses

**Skin and body protection**

Choose body protection according to the amount and concentration of the dangerous substance at the work place.

**Hygiene measures**

Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice. Wash hands before breaks and at the end of workday.

---

**9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES****Appearance**

Form	clear, liquid
Colour	colourless

**Safety data**

pH	no data available
Melting point	no data available
Boiling point	no data available
Flash point	22 °C (72 °F) - closed cup
Ignition temperature	no data available
Lower explosion limit	no data available
Upper explosion limit	no data available
Water solubility	no data available

---

**10. STABILITY AND REACTIVITY****Storage stability**

Stable under recommended storage conditions.

**Conditions to avoid**

Heat, flames and sparks.

**Materials to avoid**

Alkali metals, Ammonia, Oxidizing agents, Peroxides

**Hazardous decomposition products**

Hazardous decomposition products formed under fire conditions. - None known.

**Hazardous reactions**

Vapours may form explosive mixture with air.

---

**11. TOXICOLOGICAL INFORMATION****Acute toxicity**

no data available

**Irritation and corrosion**

no data available

**Sensitisation**

no data available

**Chronic exposure**

This product is or contains a component that is not classifiable as to its carcinogenicity based on its IARC, ACGIH, NTP, or EPA classification.

IARC: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as probable, possible or confirmed human carcinogen by IARC.

NTP: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as

a known or anticipated carcinogen by NTP.

OSHA: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a carcinogen or potential carcinogen by OSHA.

#### Signs and Symptoms of Exposure

Central nervous system depression, narcosis, Damage to the heart., To the best of our knowledge, the chemical, physical, and toxicological properties have not been thoroughly investigated.

#### Potential Health Effects

<b>Inhalation</b>	May be harmful if inhaled. Causes respiratory tract irritation.
<b>Skin</b>	May be harmful if absorbed through skin. Causes skin irritation.
<b>Eyes</b>	Causes eye irritation.
<b>Ingestion</b>	May be harmful if swallowed.
<b>Target Organs</b>	Nerves., Liver, Heart,

---

## 12. ECOLOGICAL INFORMATION

#### Elimination information (persistence and degradability)

no data available

#### Ecotoxicity effects

no data available

#### Further information on ecology

no data available

---

## 13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

#### Product

Burn in a chemical incinerator equipped with an afterburner and scrubber but exert extra care in igniting as this material is highly flammable. This combustible material may be burned in a chemical incinerator equipped with an afterburner and scrubber. Observe all federal, state, and local environmental regulations. Contact a licensed professional waste disposal service to dispose of this material.

#### Contaminated packaging

Dispose of as unused product.

---

## 14. TRANSPORT INFORMATION

#### DOT (US)

UN-Number: 1170 Class: 3 Packing group: II  
 Proper shipping name: Ethanol solutions  
 Marine pollutant: No  
 Poison Inhalation Hazard: No

#### IMDG

UN-Number: 1170 Class: 3 Packing group: II EMS-No: F-E, S-D  
 Proper shipping name: ETHANOL SOLUTION  
 Marine pollutant: No

#### IATA

UN-Number: 1170 Class: 3 Packing group: II  
 Proper shipping name: Ethanol solution

---

## 15. REGULATORY INFORMATION



**OSHA Hazards**

Flammable Liquid, Carcinogen, Target Organ Effect, Irritant

**DSL Status**

All components of this product are on the Canadian DSL list.

**SARA 302 Components**

SARA 302: No chemicals in this material are subject to the reporting requirements of SARA Title III, Section 302.

**SARA 313 Components**

SARA 313: This material does not contain any chemical components with known CAS numbers that exceed the threshold (De Minimis) reporting levels established by SARA Title III, Section 313.

**SARA 311/312 Hazards**

Fire Hazard, Acute Health Hazard, Chronic Health Hazard

**Massachusetts Right To Know Components**

	CAS-No.	Revision Date
Ethanol	64-17-5	1989-12-01

**Pennsylvania Right To Know Components**

	CAS-No.	Revision Date
Water	7732-18-5	
Ethanol	64-17-5	1989-12-01

**New Jersey Right To Know Components**

	CAS-No.	Revision Date
Water	7732-18-5	
Ethanol	64-17-5	1989-12-01

**California Prop. 65 Components**

This product does not contain any chemicals known to State of California to cause cancer, birth, or any other reproductive defects.

**16. OTHER INFORMATION****Further information**

Copyright 2008 Sigma-Aldrich Co. License granted to make unlimited paper copies for internal use only.

The above information is believed to be correct but does not purport to be all inclusive and shall be used only as a guide. The information in this document is based on the present state of our knowledge and is applicable to the product with regard to appropriate safety precautions. It does not represent any guarantee of the properties of the product. Sigma-Aldrich Co., shall not be held liable for any damage resulting from handling or from contact with the above product. See reverse side of invoice or packing slip for additional terms and conditions of sale.

**SIGMA-ALDRICH****Material Safety Data Sheet**

Version 3.0  
 Revision Date 10/22/2009  
 Print Date 03/07/2011

**1. PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION**

Product name : 2-Propanol

Product Number : 563935  
 Brand : Sigma-Aldrich

Company : Sigma-Aldrich Quimica, S.A. de C.V.  
 Parque Industrial Toluca 2000  
 Calle 6 Norte No. 107  
 50200 TOLUCA  
 MEXICO

Telephone : +5218000075300  
 Fax : +5218007129920  
 Emergency Phone # :

**2. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS**

Synonyms : 2-Propanolsolution

CAS-No.	EC-No.	Index-No.	Concentration
<b>Propan-2-ol</b>			
67-63-0	200-661-7	603-117-00-0	70 %
<b>Water</b>			
7732-18-5	231-791-2	-	30 %

**3. HAZARDS IDENTIFICATION****Emergency Overview****OSHA Hazards**

Flammable liquid, Target Organ Effect, Irritant

**Target Organs**

Nerves., Kidney, Cardiovascular system., Gastrointestinal tract, Liver

**HMIS Classification**

Health hazard: 2  
 Chronic Health Hazard: \*  
 Flammability: 3  
 Physical hazards: 0

**NFPA Rating**

Health hazard: 2  
 Fire: 3  
 Reactivity Hazard: 0

**Potential Health Effects**

<b>Inhalation</b>	May be harmful if inhaled. Causes respiratory tract irritation. Vapours may cause drowsiness and dizziness.
<b>Skin</b>	May be harmful if absorbed through skin. Causes skin irritation.
<b>Eyes</b>	Causes eye irritation.
<b>Ingestion</b>	May be harmful if swallowed.

**4. FIRST AID MEASURES****General advice**

Consult a physician. Show this safety data sheet to the doctor in attendance. Move out of dangerous area.

**If inhaled**

If breathed in, move person into fresh air. If not breathing give artificial respiration. Consult a physician.

**In case of skin contact**

Wash off with soap and plenty of water. Consult a physician.

**In case of eye contact**

Rinse thoroughly with plenty of water for at least 15 minutes and consult a physician.

**If swallowed**

Do NOT induce vomiting. Never give anything by mouth to an unconscious person. Rinse mouth with water. Consult a physician.

**5. FIRE-FIGHTING MEASURES****Flammable properties**

Flash point 22.2 °C (72.0 °F) - closed cup

Ignition temperature no data available

**Suitable extinguishing media**

For small (incipient) fires, use media such as "alcohol" foam, dry chemical, or carbon dioxide. For large fires, apply water from as far as possible. Use very large quantities (flooding) of water applied as a mist or spray; solid streams of water may be ineffective. Cool all affected containers with flooding quantities of water.

**Special protective equipment for fire-fighters**

Wear self contained breathing apparatus for fire fighting if necessary.

**Further information**

Use water spray to cool unopened containers.

**6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES****Personal precautions**

Use personal protective equipment. Avoid breathing vapors, mist or gas. Ensure adequate ventilation. Remove all sources of ignition. Beware of vapours accumulating to form explosive concentrations. Vapours can accumulate in low areas.

**Environmental precautions**

Do not let product enter drains.

**Methods for cleaning up**

Contain spillage, and then collect with non-combustible absorbent material, (e.g. sand, earth, diatomaceous earth, vermiculite) and place in container for disposal according to local / national regulations (see section 13). Keep in suitable, closed containers for disposal.

**7. HANDLING AND STORAGE****Handling**

Avoid contact with skin and eyes. Avoid inhalation of vapour or mist.

Keep away from sources of ignition - No smoking. Take measures to prevent the build up of electrostatic charge.

**Storage**

Keep container tightly closed in a dry and well-ventilated place. Store in cool place.

**8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION**

**Components with workplace control parameters**

Components	CAS-No.	Value	Control parameters	Update	Basis
Propan-2-ol	67-63-0	TWA	200 ppm	2007-01-01	USA. ACGIH Threshold Limit Values (TLV)
Remarks	Eye & Upper Respiratory Tract irritation Central Nervous System impairment Not classifiable as a human carcinogen: Agents which cause concern that they could be carcinogenic for humans but which cannot be assessed conclusively because of a lack of data. In vitro or animal studies do not provide indications of carcinogenicity which are sufficient to classify the agent into one of the other categories.				
		STEL	400 ppm	2007-01-01	USA. ACGIH Threshold Limit Values (TLV)
	Eye & Upper Respiratory Tract irritation Central Nervous System impairment Not classifiable as a human carcinogen: Agents which cause concern that they could be carcinogenic for humans but which cannot be assessed conclusively because of a lack of data. In vitro or animal studies do not provide indications of carcinogenicity which are sufficient to classify the agent into one of the other categories.				
		TWA	400 ppm 980 mg/m3	1989-01-19	USA. OSHA - TABLE Z-1 Limits for Air Contaminants - 1910.1000
		STEL	500 ppm 1,225 mg/m3	1989-01-19	USA. OSHA - TABLE Z-1 Limits for Air Contaminants - 1910.1000
		TWA	400 ppm 980 mg/m3	1997-08-04	USA. Occupational Exposure Limits (OSHA) - Table Z-1 Limits for Air Contaminants
The value in mg/m3 is approximate.					

**Personal protective equipment**

**Respiratory protection**

Where risk assessment shows air-purifying respirators are appropriate use a full-face respirator with multi-purpose combination (US) or type ABEK (EN 14387) respirator cartridges as a backup to engineering controls. If the respirator is the sole means of protection, use a full-face supplied air respirator. Use respirators and components tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or CEN (EU).

**Hand protection**

Handle with gloves.

**Eye protection**

Face shield and safety glasses

**Skin and body protection**

Choose body protection according to the amount and concentration of the dangerous substance at the work place.

**Hygiene measures**

Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice. Wash hands before breaks and at the end of workday.

---

**9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES****Appearance**

Form	liquid
Colour	colourless

**Safety data**

pH	no data available
Melting point	no data available
Boiling point	no data available
Flash point	22.2 °C (72.0 °F) - closed cup
Ignition temperature	no data available
Lower explosion limit	no data available
Upper explosion limit	no data available
Density	0.858 g/cm <sup>3</sup>
Water solubility	no data available

---

**10. STABILITY AND REACTIVITY****Storage stability**

Stable under recommended storage conditions.

**Conditions to avoid**

Heat, flames and sparks.

**Materials to avoid**

Aluminium, Acids, Oxidizing agents, Halogenated compounds, Acid anhydrides

**Hazardous decomposition products**

Hazardous decomposition products formed under fire conditions. - Carbon oxides

**Hazardous reactions**

Vapours may form explosive mixture with air.

---

**11. TOXICOLOGICAL INFORMATION****Acute toxicity**

no data available

**Irritation and corrosion**

no data available

**Sensitisation**

no data available

**Chronic exposure**

IARC:	3 - Group 3: Not classifiable as to its carcinogenicity to humans (Propan-2-ol)
NTP:	No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a known or anticipated carcinogen by NTP.
OSHA:	No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a carcinogen or potential carcinogen by OSHA.

**Signs and Symptoms of Exposure**

Central nervous system depression, prolonged or repeated exposure can cause: Nausea, Dizziness, narcosis, Drowsiness, To the best of our knowledge, the chemical, physical, and toxicological properties have not been thoroughly investigated.

**Potential Health Effects**

<b>Inhalation</b>	May be harmful if inhaled. Causes respiratory tract irritation. Vapours may cause drowsiness and dizziness.
<b>Skin</b>	May be harmful if absorbed through skin. Causes skin irritation.
<b>Eyes</b>	Causes eye irritation.
<b>Ingestion</b>	May be harmful if swallowed.
<b>Target Organs</b>	Nerves., Kidney, Cardiovascular system., Gastrointestinal tract, Liver,

---

**12. ECOLOGICAL INFORMATION****Elimination information (persistence and degradability)**

no data available

**Ecotoxicity effects**

no data available

**Further information on ecology**

no data available

---

**13. DISPOSAL CONSIDERATIONS****Product**

Burn in a chemical incinerator equipped with an afterburner and scrubber but exert extra care in igniting as this material is highly flammable. This combustible material may be burned in a chemical incinerator equipped with an afterburner and scrubber. Observe all federal, state, and local environmental regulations. Contact a licensed professional waste disposal service to dispose of this material.

**Contaminated packaging**

Dispose of as unused product.

---

**14. TRANSPORT INFORMATION****DOT (US)**

UN-Number: 1219 Class: 3 Packing group: II  
 Proper shipping name: Isopropanol  
 Marine pollutant: No  
 Poison Inhalation Hazard: No

**IMDG**

UN-Number: 1219 Class: 3 Packing group: II EMS-No: F-E, S-D  
 Proper shipping name: ISOPROPANOL  
 Marine pollutant: No

**IATA**

UN-Number: 1219 Class: 3  
 Proper shipping name: Isopropanol

Packing group: II

**15. REGULATORY INFORMATION****OSHA Hazards**

Flammable liquid, Target Organ Effect, Irritant

**DSL Status**

All components of this product are on the Canadian DSL list.

**SARA 302 Components**

SARA 302: No chemicals in this material are subject to the reporting requirements of SARA Title III, Section 302.

**SARA 313 Components**

	CAS-No.	Revision Date
Propan-2-ol	67-63-0	1987-01-01

**SARA 311/312 Hazards**

Fire Hazard, Acute Health Hazard, Chronic Health Hazard

**Massachusetts Right To Know Components**

	CAS-No.	Revision Date
Propan-2-ol	67-63-0	1987-01-01

**Pennsylvania Right To Know Components**

	CAS-No.	Revision Date
Water	7732-18-5	
Propan-2-ol	67-63-0	1987-01-01

**New Jersey Right To Know Components**

	CAS-No.	Revision Date
Water	7732-18-5	
Propan-2-ol	67-63-0	1987-01-01

**California Prop. 65 Components**

This product does not contain any chemicals known to the State of California to cause cancer, birth, or any other reproductive defects.

**16. OTHER INFORMATION****Further information**

Copyright 2009 Sigma-Aldrich Co. License granted to make unlimited paper copies for internal use only.  
 The above information is believed to be correct but does not purport to be all inclusive and shall be used only as a guide. The information in this document is based on the present state of our knowledge and is applicable to the product with regard to appropriate safety precautions. It does not represent any guarantee of the properties of the product. Sigma-Aldrich Co., shall not be held liable for any damage resulting from handling or from contact with the above product. See reverse side of invoice or packing slip for additional terms and conditions of sale.

**SIGMA-ALDRICH****Material Safety Data Sheet**

Version 3.2  
 Revision Date 02/18/2009  
 Print Date 03/07/2011

**1. PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION**

Product name : 4,*N,N*-Trimethylaniline  
 Product Number : 41690  
 Brand : Aldrich  
 Company : Sigma-Aldrich Quimica, S.A. de C.V.  
 Parque Industrial Toluca 2000  
 Calle 6 Norte No. 107  
 50200 TOLUCA  
 MEXICO  
 Telephone : +5218000075300  
 Fax : +5218007129920  
 Emergency Phone # :

**2. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS**

Synonyms : 4-Dimethylaminotoluene  
 N,N-Dimethyl-p-toluidine  
 Formula : C<sub>9</sub>H<sub>13</sub>N  
 Molecular Weight : 135.21 g/mol

CAS-No.	EC-No.	Index-No.	Concentration
<b>N,N-Dimethyl-p-toluidine</b>			
99-97-8	202-805-4	612-056-00-9	-

**3. HAZARDS IDENTIFICATION****Emergency Overview****OSHA Hazards**

Combustible Liquid, Target Organ Effect, Toxic by inhalation., Toxic by ingestion, Toxic by skin absorption

**Target Organs**

BloodBlood

**HMIS Classification**

Health Hazard: 2  
 Chronic Health Hazard: \*  
 Flammability: 2  
 Physical hazards: 0

**NFPA Rating**

Health Hazard: 2  
 Fire: 2  
 Reactivity Hazard: 0



<b>Health Hazard:</b>	4
<b>Fire:</b>	2
<b>Reactivity Hazard:</b>	0

**Potential Health Effects**

<b>Inhalation</b>	Toxic if inhaled. May cause respiratory tract irritation.
<b>Skin</b>	Toxic if absorbed through skin. May cause skin irritation.
<b>Eyes</b>	May cause eye irritation.
<b>Ingestion</b>	Toxic if swallowed.

---

**4. FIRST AID MEASURES****General advice**

Consult a physician. Show this safety data sheet to the doctor in attendance. Move out of dangerous area.

**If inhaled**

If breathed in, move person into fresh air. If not breathing give artificial respiration. Consult a physician.

**In case of skin contact**

Wash off with soap and plenty of water. Take victim immediately to hospital. Consult a physician.

**In case of eye contact**

Rinse thoroughly with plenty of water for at least 15 minutes and consult a physician.

**If swallowed**

Never give anything by mouth to an unconscious person. Rinse mouth with water. Consult a physician.

---

**5. FIRE-FIGHTING MEASURES****Flammable properties**

Flash point 76 °C (169 °F) - closed cup

Ignition temperature 425 °C (797 °F)

**Suitable extinguishing media**

Use water spray, alcohol-resistant foam, dry chemical or carbon dioxide.

**Special protective equipment for fire-fighters**

Wear self contained breathing apparatus for fire fighting if necessary.

---

**6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES****Personal precautions**

Wear respiratory protection. Avoid breathing vapors, mist or gas. Ensure adequate ventilation. Evacuate personnel to safe areas.

**Environmental precautions**

Prevent further leakage or spillage if safe to do so. Do not let product enter drains. Discharge into the environment must be avoided.

**Methods for cleaning up**

Soak up with inert absorbent material and dispose of as hazardous waste. Keep in suitable, closed containers for disposal.

---

**7. HANDLING AND STORAGE****Handling**

Avoid contact with skin and eyes. Avoid inhalation of vapour or mist.

Keep away from sources of ignition - No smoking. Take measures to prevent the build up of electrostatic charge.

**Storage**

Keep container tightly closed in a dry and well-ventilated place. Containers which are opened must be carefully resealed and kept upright to prevent leakage.

Store under inert gas. Light sensitive. Air sensitive.

**8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION**

Contains no substances with occupational exposure limit values.

**Personal protective equipment****Respiratory protection**

Where risk assessment shows air-purifying respirators are appropriate use a full-face respirator with multi-purpose combination (US) or type ABEK (EN 14387) respirator cartridges as a backup to engineering controls. If the respirator is the sole means of protection, use a full-face supplied air respirator. Use respirators and components tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or CEN (EU).

**Hand protection**

Handle with gloves.

**Eye protection**

Safety glasses

**Skin and body protection**

Choose body protection according to the amount and concentration of the dangerous substance at the work place.

**Hygiene measures**

Avoid contact with skin, eyes and clothing. Wash hands before breaks and immediately after handling the product.

**9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES****Appearance**

Form clear, liquid

Colour yellow

**Safety data**

pH no data available

Melting point no data available

Boiling point 211 °C (412 °F)  
90 - 92 °C (194 - 198 °F) at 13 hPa (10 mmHg)

Flash point 76 °C (169 °F) - closed cup

Ignition temperature 425 °C (797 °F)

Lower explosion limit 1.2 %(V)

Upper explosion limit 7 %(V)

Vapour pressure 0.100 hPa (0.075 mmHg)

Density 0.937 g/mL at 25 °C (77 °F)  
0.936 g/mL at 20 °C (68 °F)

Water solubility insoluble

Relative vapour density 5.42

---

**10. STABILITY AND REACTIVITY**
**Storage stability**

Stable under recommended storage conditions.

**Materials to avoid**

acids, Acid chlorides, Acid anhydrides, Strong oxidizing agents

**Hazardous decomposition products**

Hazardous decomposition products formed under fire conditions. - Carbon oxides, nitrogen oxides (NOx)

---

**11. TOXICOLOGICAL INFORMATION**
**Acute toxicity**

LC50 Inhalation - rat - 4 h - 1,400 mg/m<sup>3</sup>

Remarks: Sense Organs and Special Senses (Nose, Eye, Ear, and Taste):Olfaction:Ulcerated nasal septum. Lungs, Thorax, or Respiration:Dyspnea. Lungs, Thorax, or Respiration:Respiratory stimulation.

LD50 Intraperitoneal - mouse - 212 mg/kg

**Irritation and corrosion**

no data available

**Sensitisation**

no data available

**Chronic exposure**

IARC: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as probable, possible or confirmed human carcinogen by IARC.

ACGIH: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a carcinogen or potential carcinogen by ACGIH.

NTP: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a known or anticipated carcinogen by NTP.

OSHA: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a carcinogen or potential carcinogen by OSHA.

Genotoxicity in vivo - rat - Intraperitoneal

DNA damage

Genotoxicity in vivo - mouse - Intraperitoneal

DNA damage

**Signs and Symptoms of Exposure**

Absorption into the body leads to the formation of methemoglobin which in sufficient concentration causes cyanosis. Onset may be delayed 2 to 4 hours or longer., To the best of our knowledge, the chemical, physical, and toxicological properties have not been thoroughly investigated.

**Potential Health Effects**

<b>Inhalation</b>	Toxic if inhaled. May cause respiratory tract irritation.
<b>Skin</b>	Toxic if absorbed through skin. May cause skin irritation.
<b>Eyes</b>	May cause eye irritation.
<b>Ingestion</b>	Toxic if swallowed.
<b>Target Organs</b>	Blood,Blood,

**Additional Information**

RTECS: XU5803000

---

## 12. ECOLOGICAL INFORMATION

### Elimination information (persistence and degradability)

no data available

### Ecotoxicity effects

Toxicity to fish            LC50 - Pimephales promelas (fathead minnow) - 46 - 52 mg/l - 96 h

### Further information on ecology

An environmental hazard cannot be excluded in the event of unprofessional handling or disposal.

Harmful to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.

---

## 13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

### Product

This combustible material may be burned in a chemical incinerator equipped with an afterburner and scrubber. Observe all federal, state, and local environmental regulations. Contact a licensed professional waste disposal service to dispose of this material.

### Contaminated packaging

Dispose of as unused product.

---

## 14. TRANSPORT INFORMATION

### DOT (US)

NA-Number: 1993    Class: CBL                    Packing group: III  
Proper shipping name: Combustible liquid, n.o.s. (N,N-Dimethyl-p-toluidine)  
Marine pollutant: No  
Poison Inhalation Hazard: No

### IMDG

Not dangerous goods

### IATA

Not dangerous goods

---

## 15. REGULATORY INFORMATION

### OSHA Hazards

Combustible Liquid, Target Organ Effect, Toxic by inhalation., Toxic by ingestion, Toxic by skin absorption

### DSL Status

All components of this product are on the Canadian DSL list.

### SARA 302 Components

SARA 302: No chemicals in this material are subject to the reporting requirements of SARA Title III, Section 302.

### SARA 313 Components

SARA 313: This material does not contain any chemical components with known CAS numbers that exceed the threshold (De Minimis) reporting levels established by SARA Title III, Section 313.

### SARA 311/312 Hazards

Fire Hazard, Acute Health Hazard, Chronic Health Hazard

### Massachusetts Right To Know Components

No components are subject to the Massachusetts Right to Know Act.

**Pennsylvania Right To Know Components**

N,N-Dimethyl-p-toluidine

CAS-No.  
99-97-8

Revision Date

**New Jersey Right To Know Components**

N,N-Dimethyl-p-toluidine

CAS-No.  
99-97-8

Revision Date

**California Prop. 65 Components**

This product does not contain any chemicals known to State of California to cause cancer, birth, or any other reproductive defects.

---

**16. OTHER INFORMATION****Further information**

Copyright 2009 Sigma-Aldrich Co. License granted to make unlimited paper copies for internal use only. The above information is believed to be correct but does not purport to be all inclusive and shall be used only as a guide. The information in this document is based on the present state of our knowledge and is applicable to the product with regard to appropriate safety precautions. It does not represent any guarantee of the properties of the product. Sigma-Aldrich Co., shall not be held liable for any damage resulting from handling or from contact with the above product. See reverse side of invoice or packing slip for additional terms and conditions of sale.

---

**SIGMA-ALDRICH****Material Safety Data Sheet**

Version 3.0  
 Revision Date 08/23/2008  
 Print Date 03/07/2011

**1. PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION**

Product name : (1*R*)-(-)-Camphorquinone  
 Product Number : 276286  
 Brand : Aldrich  
 Company : Sigma-Aldrich Quimica, S.A. de C.V.  
 Parque Industrial Toluca 2000  
 Calle 6 Norte No. 107  
 50200 TOLUCA  
 MEXICO  
 Telephone : +5218000075300  
 Fax : +5218007129920  
 Emergency Phone # :

**2. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS**

Formula : C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>O<sub>2</sub>  
 Molecular Weight : 166.22 g/mol

CAS-No.	EC-No.	Index-No.	Concentration
<b>(1<i>R</i>)-(-)-Camphorquinone</b>			
10334-26-6	-	-	-

**3. HAZARDS IDENTIFICATION****Emergency Overview****OSHA Hazards**

Harmful by ingestion.

**HMIS Classification**

Health Hazard: 3

Flammability: 0

Physical hazards: 0

**NFPA Rating**

Health Hazard: 3

Fire: 0

Reactivity Hazard: 0

**Potential Health Effects**

**Inhalation** May be harmful if inhaled. May cause respiratory tract irritation.  
**Skin** May be harmful if absorbed through skin. May cause skin irritation.  
**Eyes** May cause eye irritation.  
**Ingestion** Harmful if swallowed.

#### 4. FIRST AID MEASURES

**General advice**

Consult a physician. Show this safety data sheet to the doctor in attendance.

**If inhaled**

If breathed in, move person into fresh air. If not breathing give artificial respiration. Consult a physician.

**In case of skin contact**

Wash off with soap and plenty of water. Consult a physician.

**In case of eye contact**

Rinse thoroughly with plenty of water for at least 15 minutes and consult a physician.

**If swallowed**

Never give anything by mouth to an unconscious person. Rinse mouth with water. Consult a physician.

---

#### 5. FIRE-FIGHTING MEASURES

**Flammable properties**

Flash point no data available

Ignition temperature no data available

**Suitable extinguishing media**

Use water spray, alcohol-resistant foam, dry chemical or carbon dioxide.

**Special protective equipment for fire-fighters**

Wear self contained breathing apparatus for fire fighting if necessary.

---

#### 6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

**Personal precautions**

Use personal protective equipment. Avoid dust formation. Avoid breathing dust. Ensure adequate ventilation.

**Environmental precautions**

Do not let product enter drains.

**Methods for cleaning up**

Pick up and arrange disposal without creating dust. Keep in suitable, closed containers for disposal.

---

#### 7. HANDLING AND STORAGE

**Handling**

Avoid formation of dust and aerosols.

Provide appropriate exhaust ventilation at places where dust is formed. Normal measures for preventive fire protection.

**Storage**

Keep container tightly closed in a dry and well-ventilated place.

---

#### 8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

Contains no substances with occupational exposure limit values.

**Personal protective equipment****Respiratory protection**

Where risk assessment shows air-purifying respirators are appropriate use a dust mask type N95 (US) or type P1 (EN 143) respirator. Use respirators and components tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or CEN (EU).

**Hand protection**

Handle with gloves. For prolonged or repeated contact use protective gloves.

**Eye protection**

Safety glasses

**Skin and body protection**

Choose body protection according to the amount and concentration of the dangerous substance at the work place.

**Hygiene measures**

Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice. Wash hands before breaks and at the end of workday.

---

**9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES**
**Appearance**

Form	crystalline
Colour	dark yellow

**Safety data**

pH	no data available
Melting point	200 - 203 °C (392 - 397 °F)
Boiling point	no data available
Flash point	no data available
Ignition temperature	no data available
Lower explosion limit	no data available
Upper explosion limit	no data available
Water solubility	no data available
Partition coefficient: n-octanol/water	log Pow: 1.27

---

**10. STABILITY AND REACTIVITY**
**Storage stability**

Stable under recommended storage conditions.

---

**11. TOXICOLOGICAL INFORMATION**
**Acute toxicity**

no data available

**Irritation and corrosion**

no data available

**Sensitisation**

no data available

**Chronic exposure**

IARC: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as probable, possible or confirmed human carcinogen by IARC.



- ACGIH: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a carcinogen or potential carcinogen by ACGIH.
- NTP: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a known or anticipated carcinogen by NTP.
- OSHA: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as a carcinogen or potential carcinogen by OSHA.

**Potential Health Effects**

<b>Inhalation</b>	May be harmful if inhaled. May cause respiratory tract irritation.
<b>Skin</b>	May be harmful if absorbed through skin. May cause skin irritation.
<b>Eyes</b>	May cause eye irritation.
<b>Ingestion</b>	Harmful if swallowed.

---

**12. ECOLOGICAL INFORMATION****Elimination information (persistence and degradability)**

no data available

**Ecotoxicity effects**

no data available

**Further information on ecology**

no data available

---

**13. DISPOSAL CONSIDERATIONS****Product**

Observe all federal, state, and local environmental regulations.

**Contaminated packaging**

Dispose of as unused product.

---

**14. TRANSPORT INFORMATION****DOT (US)**

Not dangerous goods

**IMDG**

Not dangerous goods

**IATA**

Not dangerous goods

---

**15. REGULATORY INFORMATION****OSHA Hazards**

Harmful by ingestion.

**DSL Status**

This product contains the following components that are not on the Canadian DSL nor NDSL lists.

(1R)-(-)-Camphorquinone	CAS-No. 10334-26-6
-------------------------	-----------------------

**SARA 302 Components**

SARA 302: No chemicals in this material are subject to the reporting requirements of SARA Title III, Section 302.

**SARA 313 Components**

SARA 313: This material does not contain any chemical components with known CAS numbers that exceed the threshold (De Minimis) reporting levels established by SARA Title III, Section 313.

**SARA 311/312 Hazards**

Acute Health Hazard

**Massachusetts Right To Know Components**

No components are subject to the Massachusetts Right to Know Act.

**Pennsylvania Right To Know Components**

	CAS-No.	Revision Date
(1R)-(-)-Camphorquinone	10334-26-6	

**New Jersey Right To Know Components**

	CAS-No.	Revision Date
(1R)-(-)-Camphorquinone	10334-26-6	

**California Prop. 65 Components**

This product does not contain any chemicals known to State of California to cause cancer, birth, or any other reproductive defects.

---

**16. OTHER INFORMATION****Further information**

Copyright 2008 Sigma-Aldrich Co. License granted to make unlimited paper copies for internal use only. The above information is believed to be correct but does not purport to be all inclusive and shall be used only as a guide. The information in this document is based on the present state of our knowledge and is applicable to the product with regard to appropriate safety precautions. It does not represent any guarantee of the properties of the product. Sigma-Aldrich Co., shall not be held liable for any damage resulting from handling or from contact with the above product. See reverse side of invoice or packing slip for additional terms and conditions of sale.

---

## Referencias

- 1) Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955; 34: 849-853.
- 2) Newman GV. Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report. *Am J of Orthod.* 1965; 51: 901-12.
- 3) Trimpeneers LM, Verbeeck RMH, Dermaut LR, Moors MG. Comparative shear bond strength of some orthodontic bonding resins to enamel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990; 98: 417-421.
- 4) Cohen S, Marulli R, Binder R. Shear bond Strengths of Chemically and light cured resin modified ionomers. *J Clin of Orthod.* 1998; 32(7): 423-426.
- 5) Lippitz SJ, Staley RN, Jacobsen JR. In vitro study of 24 hour and 30 day shear bond strengths of three resin glass ionomer cements used to bond orthodontic brackets *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998; 113: 620-624.
- 6) Chung CH, Cuozzo PT, Mante FK. Shear bond strength of resin reinforced glass ionomer cement: an in vivo comparative. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999; 115: 52-54.
- 7) Jobalia SB, Valente RM, de Rijk WG, BeGole EA, Evans CA. Bond strength of visible light-cured glass ionomero orthodontic cement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997; 112: 205-208.

- 8) Wilson AD, Kent BE. A new translucent cement for dentistry: The glass ionomer cement. *Brit Dent J.*1972; (132):133-135.
- 9) Komori A, Ishikawa H. Evaluation of resin- reinforced glass ionomer cement for use as in orthodontic bonding agent. *Angle Orthodontics.* 1996; 67: 189-196.
- 10) Messersmith M, Devine S. Effects of tooth surface preparation on the shear bond strength of resin modified glass ionomer cements *Journal Clinic of Orthodontics.* 1997; 31(8): 503- 509.
- 11) Bishara S, Graden V. Shear bond strength of composit glass ionomer, and acidic primer adhesive systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*1999; 115 (1):24-28.
- 12) Shin Lee, Castes C. A comparison of the shear bond strength of two glass ionomer cements *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995; 115-125.
- 13) Subenberger M, Davindson C. Advances in glass ionomer cements as a bracket adhesive with different types of enamel conditioners. *J Orofac Orthop.* 1997; 58: 174-180.
- 14) Voss A, Hrckel R. In vitro bonding of orthodontic brackets with glass ionomer cement *Angle Orthodontics.* 1993; 63 (2):149-153.
- 15) Flores AR, Sáez G, Barceló F. Metallic Bracket to enamel bonding with a photopolymerizable resin-reinforced glass ionómero. *Am J Orthod Denofacial Orthoped.*1999; 116(5); 514- 517.

- 16) Fricker I. A 12 month clinical evaluation of a light activated glass polyalkenocite cement for the direct bonding of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999; 105: 502.
- 17) Wiltshire WA. Shear bond strengths of a glass ionomer for direct bonding in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994; 106: 127-130.
- 18) Komori A, Ishikawa H. Evaluation of resin- reinforced glass ionomer cement for use as in orthodontic bonding agent. *Angle Orthodontics* 1996; 67: 189-196.
- 19) Subenberger M, Davindson C. *Advances in glass ionomer cements Quintessence* 1996.
- 20) Cohen S, Masujlli R, Binder R, Shear bond the of chemically and light cured resin modified ionomers. *Clin Orthod.* 1998; 32:423.
- 21) Fricker T. A new self-curing resin modified glass ionomer cement for the direct bonding of orthodontic brakets in vitro. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998; (113): 184.
- 22) Meehan M, Foler T. A comparison of the shear bond strength of two glass ionomer cements. *Am J Orthod Denofacial Orthoped.* 1999; 115(2):125-132.
- 23) Bishara S, Olsen. Evaluation of a new light-cured orthodontic bonding adhesive. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998; 114: 80.
- 24) Cohen SM, Marulli R, Brinder RE, Vaidyanathan TK. Shear bond strengths of chemically and light cured resin modified ionomers. *J Clin Orthodontics.* 1998; 32 (7): 423-426.

- 25) Messersmith M, Devine S. Effects of tooth surface preparation on the shear bond strength of resin modified glass ionomer cements. *J Clin Orthod.* 1997; 31:503.
- 26) Bishara SE, Olsen ME, Damon P, Jacobsen JR. Evaluation of a new Light-cured orthodontic bonding adhesive. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998; 114: 80-87.
- 27) Tavares SW, Consani S, Nouer DF, Magnani MB, Nouer PA, Martins LM. Shear Bond Strength of New and Recycled Brackets to Enamel. *Brazil Dental J.* 2006; 17 (1): 44-48.
- 28) Meehan M, Foler T. A comparison of the shear bond strength of two glass ionomer cements. *Am J Orthod Dentofacial Orthoped.* 1999; 115(2): 125-132.
- 29) Technical Specification the International Organization Standardization ISO/TS 11405: Second edition 2003-02-01 Dental materials Testing of adhesion to tooth structure Terms and definitions 3.5.
- 30) Trurow R. *Biomecanismo Ortodontico*. 4ta edición. USA: Editorial Mosloy; 1982.
- 31) Binderman I, Zor U, Kaye AM, Shimshoni Z, Harell A, Somjen D. The transduction of mechanical force into biomechanical events in bone cells may involve activation of phospholipase A2. *Calcif Tissue Int.* 1988; 42 : 261 –266.
- 32) Canut J. *Ortodoncia Clinica*. Capítulo 15. Movimiento Ortodónico, reacción tisular ante las fuerzas. Barcelona. Salvat; 1992. p. 239-255.
- 33) Davidovitch Z, Shanfeld J. Cyclic AMP levels in the alveolar bone of orthodontically treated cats. *Arch Oral Biol.* 1975; 20: 567-573.

- 34) Davidovitch Z. Electric currents bone remodeling and orthodontic tooth movement. Part II. Am J Orthod. 1980; 77: 33-35.
- 35) Davidovitch Z., Nicolay O., Ngan P. & Shanfeld. Neurotransmitters, cytokines and the control of alveolar bone remodeling in orthodontics. Dent Clin North Am. 1988; 32: 411-435.
- 36) Gianelly A. Force induced changes in the vascularity of the periodontal ligament. Am J Orthod. 1969; 55: 5-11.
- 37) Meehan MP, Foley FF, Mamandras AH. A comparison of the shear bond strengths of two glass ionomer cements Am J Orthod Dentofacial Orthopedics 1999; 115:125-132.
- 38) Bishara S, Graden V. Shear bond strength of composite glass ionomer, and acidic primer adhesive systems. Am J Orthod Dentofacial Ortho. 1999; 115:24
- 39) Chung C, Cuozzo, Brendlinger EJ, Bernal V, Mante FK. Shear bond strength of resin reinforced glass ionomer cement in vitro. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1999; 115: 24.
- 40) Bishara S, Graden V. Shear bond strength of composite glass ionomer, and acidic primer adhesive systems. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1999; 115: 24.
- 41) Kusai M., Gordon PH., McCabe JF. The use of a cyanoacrylate adhesive for bonding orthodontic brackets: an ex-vivo study. Journal of Orthodontics. 2000; 27: 255-60.

- 42) Douglas R, Timothy F, Foley F, Mamandras A. Comparison of bond strength of three adhesives: Composite resin, hybrid GIC, and glass-filled GIC. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001; 119: 36-42.
- 43) Evans LJ, Peters C, Flickinger C, Taloumis L, Dunn W. A comparison of shear bond strengths of orthodontic brackets using various light sources, light guides, and cure times. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002; 121:510-515.
- 44) Cacciafesta V, Sfondrini MF, Stifanelli P, Baluga L, Scribante A, Klersy C. The effect of bleaching on shear bond strenght of brackets bonded with a resin-modified glass ionomer. *Am J Orthodontic Dentofacial Orthop.* 2003; 124: 420-426.
- 45) Cacciafesta V, Sfondrini MF, Stifanelli P, Baluga , De Angelis M., Scribante A, Klersy C. Effect of water and saliva contamination on shear bond strength of brackets bonded with conventional, hydrophilic, and self-etching primers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003; 123: 633-640.
- 46) Cacciafesta V, Sfondrini MF, Stifanelli P, Scribante A, De Angelis M, Klersy C. Effect of blood contamination on shear bond strength of brackets bonded with a self-etching primer combined with a resin-modified glass ionomer. *Am J Orthodontic Dentofacial Orthop.* 2004; 126: 703-708.
- 47) Grubisa HS, Heo G, Rabound D, Glover K, Major P. An evaluation and comparison of orthodontic bracket bond strengths achived with self-etching primer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004; 126: 213-219.
- 48) Cehreli ZC, Kecik D, Kocadereli I. Effect of self-etching primer and adhesive



formulations on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005; 127: 573-579.

49) Cacciafesta V, Sfondrini MF, Calvi D, Scribante A. Effect of fluoride application on shear bond strength of brackets bonded with a resin-modified glass-ionomer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005; 127: 580-583.

50) Sfondrini MF, Cacciafesta V, Scribante A, Boheme A, Jost-Brinkmann PG. Effect of Light-tip distance on the shear bond strenghts of resin- modified glass ionomer cured with high-intensity halogen, Light-emitting Diode, and plasma arc lights. *Am J Orthodontic Dentofacial Orthop.* 2006; 129: 541-546.

51) Cacciafesta V, Sfondrini MF, Stifanelli P, Scribante A, Klersy C. Effect of chlorhexidine application on shear bond strength of brackets bonded with a resinmodified glass ionomer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006; 129:273-276.

52) Cacciafesta V, Sfondrini MF, Stifanelli P, Scribante A, Klersy C. The effect of bleaching on shear bond strenght of brackets bonded with a resin-modified glass ionomer. *Am J Orthod Dentofacial Orthopedics.* 2006; 130: 83-87.

53) Korkmas S, Fulya I, Serdar S, Buldent A. Effect of blood and Saliva contamination on bond strength of brackets bonded with a protective liquid polisha and light cured adhesive. *Am J Orthod and Dentofacial Orthop.* 2007;131:391-394.

54) Amra I, Samsodien G, Shaikh E, Lalloo R. Xeno III self-etching adhesive in orthodontic bonding: The next generation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007; 131: 160.e11-160.e15.

- 55) Manar KA, Hajrassie, Salwa EK. In-vivo and in-vitro comparison of bond strengths of orthodontic brackets bonded to enamel and debonded at various times. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007; 131: 384-90.
- 56) Tüfekçi, Almy DA, Carter JM, Moon PC, Lindauer SJ. Bonding properties of newly erupted and mature premolars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007; 131:753-758.
- 57) Faltermeier A, Behr M, Müssig D. A comparative evaluation of bracket bonding with 1-, 2-, and 3-component adhesive Systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007; 132: 144.e1-144.e5.
- 58) Oesterle LJ, Shellhart WC. Effect of aging on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008; 133:716-720.
- 59) Ostby AW, Bishara SE, Denehy GE, Laffoon JF, Warren JJ. Effect of self-etchant pH on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008; 134: 203-208.
- 60) Endo T, Ozoe R, Shinkai K, Shimomura J, Katoh, Shimoka S. Comparison of shear bond strengths of orthodontic brackets bonded to deciduous and permanent teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008; 134: 198-202.
- 61) Melo M, De Oliveira AC., Franzotti E, De Oliveira V, Alves LA. Shear Bond Strength of Brackets Bonded to Enamel with a Self-Etching Primer. *Angle Orthod.* 2009; 79: 133–137.
- 62) Van Meerbeek B, Vargas M, Inoue S, Yoshida Y, Peumans M, Lambrechts P, et al. Adhesives and cements to promote preservation dentistry. *Oper Dent* 2001; 6: 119–124.

- 63) Hayden HW, Moffatt WG, Wulff J. Propiedades Mecánicas. México: Editorial LIMUSA S.A; 1982. p. 14-16.
- 64) Asmussen E, Hansen EK, Peutzfeldt A. Influence of the solubility parameter of intermediary resin on the effectiveness of the gluma bonding system. *J Dent Res.* 1991; 70(9): 1290–1293.
- 65) Van Meerbeek B, DeMunck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003; 28(3): 215–235.
- 66) Kirsten L, Van Landuyta, Johan Snauwaertb, Jan De Muncka. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Journal Biomaterials.* 2007; 21(28): 3757–3785.
- 67) Moad G, Solomon G. The chemistry of free radical polymerization. 1<sup>st</sup> ed, Oxford USA. 1995.
- 68) Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: the monomer systems. *Eur J Oral Sci.* 1997; 105 (2): 97–116.
- 69) Lee TY, Guymon CA, Jonsson ES, Hoyle CE. The effect of monomer structure on oxygen inhibition of (meth)acrylates photopolymerization. *Polymer* 2004; 45(18): 6155–6162.
- 70) Sheldon RP. Composite polymeric materials. London and New York: Applied Science Publishers; 1982.
- 71) Odian G. Principles of polymerization. New York: Willey Interscience; 2004.

- 72) Venz S, Dickens B. Modified surface-active monomers for adhesive bonding to dentin. *J Dent Res.* 1993; 72(3): 582–586.
- 73) Ferracane JL, Greener EH. The effect of resin formulation on the degree of conversion and mechanical properties of dental restorative resins. *J Biomed Mater Res.* 1986; 20(1): 121–131.
- 74) Bae JH, Cho BH, Kim JS, Kim MS, Lee IB, Son HH, et al. Adhesive layer properties as a determinant of dentin bond strength. *J Biomed Mater Res.* 2005; 74(2): 822–828.
- 75) Rueggeberg FA, Ergle JW, Lockwood PE. Effect of photoinitiator level on properties of a light-cured and post-cure heated model resin system. *Dent Mater.* 1997; 13(6): 360–364.
- 76) Pianelli C, Devaux J, Bebelman S, Leloup G. The micro-Raman spectroscopy, a useful tool to determine the degree of conversion of light-activated composite resins. *J Biomed Mater Res.* 1999; 48(5):675–681.
- 77) Nunes TG, Garcia FC, Osorio R, Carvalho R, Toledano M. Polymerization efficacy of simplified adhesive systems studied by NMR and MRI techniques. *Dent Mater.* 2006; 22(10): 963–972.
- 78) Cadenaro M, Antonioli F, Sauro S, Tay FR, Di Lenarda R, Prati C, et al. Degree of conversion and permeability of dental adhesives. *Eur J Oral Sci.* 2005; 113(6): 525–309).

- 79) Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterial*. 2002; 23(8):1819–1829.
- 80) Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of selected components on crosslink density in polymer structures. *Eur J Oral Sci*. 2001; 109(4): 282–285.
- 81) Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of UEDMA BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. *Dent Mater*. 1998; 14(1):51–56.
- 82) Mariotti A, Soderholm KJ, Johnson S. The in vivo effects of bisGMA on murine uterine weight, nucleic acids and collagen. *Eur J Oral Sci*. 1998; 106(6):1022–1027.
- 83) Darmani H, Al Hiyasat AS. The resin monomer triethylene glycol dimethacrylate exhibits reproductive toxicity in male mice. *Reprod Fertil Dev*. 2005; 17(4): 401–406.
- 84) Schafer TE, Lapp CA, Hanes CM, Lewis JB, Wataha JC, Schuster GS. Estrogenicity of bisphenol A and bisphenol A dimethacrylate in vitro. *J Biomed Mater Res*. 1999; 45(3): 192–197.
- 85) Al Hiyasat AS, Darmani H, Elbetieha AM. Effects of bisphenol A on adult male mouse fertility. *Eur J Oral Sci*. 2002; 110(2): 163–167.
- 86) Lewis JB, Rueggeberg FA, Lapp CA, Ergle JW, Schuster GS. Identification and characterization of estrogen-like components in commercial resin-based dental restorative materials. *Clin Oral Invest*. 1999; 3(3): 107–113.

- 87) Nomura Y, Ishibashi H, Miyahara M, Shinohara R, Shiraishi F, Arizono K. Effects of dental resin metabolites on estrogenic activity in vitro. *J Mater Sci Mater Med.* 2003; 14(4): 307–310.
- 88) Soderholm KJ, Mariotti A. BIS-GMA—based resins in dentistry: are they safe *J Am Dent Assoc.* 1999; 130(2): 201–209.
- 89) Minhye Ha, Kangseok Lee, Soonja Choe. Crosslinkable functional moiety for the formation of highly crosslinked stable microspheres in the precipitation polymerization. *Polymer.* 2008; 49: 4592–4601.
- 90) Odian G. Principles of polymerization. New York: Willey Interscience; 2004.
- 91) Kalliyana K, Yamuna V. Effect of initiator concentration, exposure time and particle size of the filler upon the mechanical properties of a light-curing radiopaque dental composite. *J Oral Rehab.* 1998; 25(10): 747–751.
- 92) Sun GJ, Chae KH. Properties of 2,3-butanedione and 1-phenyl-1,2-propanedione as new photosensitizers for visible light cured dental resin composites. *Polymer.* 2000; 41(16): 6205–6212.
- 93) Janda R, Roulet JF, Kaminsky M, Steffin G, Latta M. Color stability of resin matrix restorative materials as a function of the method of light activation. *Eur J Oral Sci.* 2004; 112(3): 280–285.
- 94) Kenneth W, Raymond E, Davis M, Larry P. *Química General, 8º.* México: Cengage Learning. 2008.

- 95) Nicholson JW. and Wilson AD. British. Acrylic and Metacrylic pomposite. Polym J. 1987; 19: 67-70.
- 96) Abate PF, Rodriguez VI, Macchi RL. Evaporation of solvent in one-bottle adhesives. J Dent. 2000; 28(6): 437–440.
- 97) Pashley DH, Carvalho RM, Tay FR, Agee KA, Lee KW. Solvation of dried dentin matrix by water and other polar solvents. Am J Dent. 2002; 15(2): 97–102.
- 98) Pashley DH, Zhang Y, Agee KA, Rouse CJ, Carvalho RM, Russell CM. Permeability of demineralized dentin to HEMA. Dent Mater. 2000; 16(1): 7–14.
- 99) Van Meerbeek B, Dhem A, Goret-Nicaise M, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Comparative SEM and TEM examination of the ultrastructure of the resin–dentin interdiffusion zone. J Dent Res. 1993; 72(2): 495–501.
- 100) Sano H, Yoshiyama M, Ebisu S, Burrow MF, Takatsu T, Ciucchi B, et al. Comparative SEM and TEM observations of nanoleakage within the hybrid layer. Oper Dent. 1995; 20(4): 160–167.
- 101) Miyazaki Mo S, Hinoura K, Onose H, Moore BK. Influence of filler addition to bonding agents on shear bond strength to bovine dentin. Dent Mater 1995; 11(4): 234–238.
- 102) Kim JS, Cho BH, Lee IB, Um CM, Lim BS, Oh MH, et al. Effect of the hydrophilic nanofiller loading on the mechanical properties and the microtensile bond strength of an ethanol-based one-bottle dentin adhesive. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2005; 72(2): 284–291.

- 103) Nunes MF, Swift EJ, Perdigao J. Effects of adhesive composition on microtensile bond strength to human dentin. *Am J Dent*. 2001; 14(6): 340–343.
- 104) Pashley EL, Agee KA, Pashley DH, Tay FR. Effects of one versus two applications of an unfilled, all-in-one adhesive on dentine bonding. *J Dent* 2002;30(2–3): 83–90.
- 105) Perdigao J, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Braem M, Yildiz E, Yucel T, et al. The interaction of adhesive systems with human dentin. *Am J Dent* 1996; 9(4): 167–173.
- 106) Moszner N, Salz U, Zimmermann J. Chemical aspects of selfetching enamel–dentin adhesives: a systematic review. *Dent Mater*. 2005; 21(10): 895–910.
- 107) Yoshida Y, Shirai K, Nakayama Y, Itoh M, Okazaki M, Shintani H, et al. Improved filler–matrix coupling in resin composites. *J Dent Res*. 2002; 81(4): 270–273.
- 108) ASTM D1708 - 06a Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics by Use of Microtensile Specimens. (American Standard Testing Materials).
- 109) Technical Specification The International Organization Standardization ISO/ TS 6876: 1996, 7.6. For endodontic filling materials.
- 110) Technical Specification the International Organization Standardization ISO/TS 4049:2009 - Dentistry -- Polymer-based restorative materials.
- 111) Vela V. Álvarez S. Química industrial orgánica. México. Alianza Editorial; 1989.
- 112) Dickerson, Richard E. Principios de Química. Editorial Reverte, Barcelona 1992.
- 113) Technical Specification The International Organization Standardization ISO/ TS 3696:1987. Water for analytical laboratory use.



- 114) Dumitrascu C, Borcia B. Determining the contact angle between liquids and cylindrical surfaces. *Journal of Colloid and Int Sci.* 2006; 294: 418–422
- 115) Kane JW, Morton M, Sternheim, Casas J. “Física” Editorial Reverte, 2da Edición 1992, p. 212-123.
- 116) Dumitrascu N, Borcia C. Determining the contact angle between liquids and cylindrical surfaces. *Journal of Colloid and Interface Science.* 2006; 294: 418-422.
- 117) Inaba H, Sato K. A measurement of interfacial tension between tetradecane and ethylene glycol water solution by means of the pendant drop method. *Fluid Phase Equilibria.* 1996; 125: 159-168.
- 118) Kinloch , adhesión AJ *Adhesion and Adhesives science and technology* en Chapman and Hall. 2<sup>a</sup> ed. Londres: 1990.
- 119) Fleiss JL. *The design and analysis of clinical experiments.* New York: Wiley; 1986.
- 120) Altman DG. *Practical statistics for medical research.* New York: Chapman and Hall; 1991.
- 121) López Palacios Eira, Trabajo terminal para obtener el grado de Especialista en Ortodoncia, División de Estudios de Posgrado e Investigación. En prensa.
- 122) Baumeister T, Avallone EA, Baumeister III T. Marks, *Manual del Ingeniero Mecánico*, 8a Edición. Editorial McGraw-Hill, Cap. 6. pg. 144.
- 123) *Tecnical Specification the Internacional Organization Standardization ISO/TS 6876: 1996, 7.6. For endodontic filling materials.*

124) Rey AD Tate's law for carbonaceous mesophases. *Carbón*. 2001; 39: 287-324.

125) AY Osorio González, Antonio Bascones Martínez, M. Villaroel Dorrego Alteración del pH salival en pacientes fumadores con enfermedad periodontal *Avances en periodoncia e implantología oral* 2009; 21 (2): 75-79

126) Stabholz A, Mann J, Sela M, Steinberg D, Shapira J. Department of CommunityDentistry, "Caries experience, Periodontal treatment needs, salivary pH and Counts in a Preadolescente Down's Syndrome population". *Spec. Care Dentist*. 1991; 11;(5): 203-208.

127) Bernardi MG, Reis A, Loguercio AD, Kehrig R, Leite MF, Nicolau J. Study of the Buffering Capacity, pH and Salivary Rate in type 2 well-controlled and poorly controlled diabetic patients. *Oral Health Prev Dent*. 2007; 5(1): 73-78.

128) Koparal E, Eronat C, Eronat N. In vivo assessment of dental plaque pH changes in children after ingestion of snack foods. *ASDC J Dent Child*. 1998; 65 (6): 478-83

129) Sixto García Linares<sup>1</sup>, Francis Bravo Castañola<sup>2</sup>, Jocelyn Ayala Luis<sup>3</sup>, Guadalupe Bardales Cuzquén<sup>3</sup> Total saliva pH in patients with periodontal disease of UNMSM Dental Faculty Periodontal Service *Odontol. Sanmarquina* 2008; 11(1): 19-21.

130) Eggert F., Drewell L., Bigelow J., The pH of gingival crevices and periodontal pockets in children, teenagers and adults *Oral biology* 1991; 36(3): 295-303.

131) Galgut P., The relevance of pH to gingivitis and periodontitis, *Journal Academy periodontology* 2001; 3(3).

- 132) Romero HM, Hernández Y. Modificaciones del pH y flujo salival con el uso de aparatología funcional tipo Bimbler. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría "Ortodoncia.ws edición electrónica Marzo 2009.
- 133) Coudray M, Baehni P, Lang R. Effects of orthodontic bans on microbiologic and clinical parameters. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1990; 97: 213-218.
- 134) Shannon IL, Suddick RP. Effects of light and darkness on human parotid salivary flow rate and chemical composition. *Archives of Oral Biology.* 1973; 18: 601- 608.
- 135) Zachrisson B, Alnaes L. Periodontal condition in orthodontically treated And untreated individuals. *Angle Orthod.* 1973; 43: 402-408.
- 136) Zárate A, Leyva E, Franco F. Determinación de pH y proteínas totales en saliva en pacientes con y sin aparatología ortodóncica fija (estudio piloto). *Revista Odontológica Mexicana.* 2004; 8 (3): 59-63.
- 137) Billmeyer FD. *Ciencia de polímeros.* España: Editorial Reverté; 2004.
- 138) Sherrington DC. Preparation, structure and morphology of polymer supports, *Chem Commun.* 1998, 2275–2286
- 139) Tao Q, Akinari S, Yoji M, Hirofumi K, Kenta O, Takahio H, Porous Properties of Poly(glycidyl methacrylate-cotrimethylolpropane trimethacrylate) Resins Synthesized by Suspension Polymerization. *J App Polymer Sci,* 2002; 83: 2374–2381.
- 140) Enciclopedia de la Salud y seguridad en el trabajo, guía de productos químicos, Facultad de Medicina, UNAM.

- 141) IPCS (Programa Internacional de Seguridad de Sustancias Químicas), Fichas Internacionales de seguridad Química,
- 142) Comunicación Personal Dr. Joaquín Palacios Alquisira, Profesor de la Asignatura Fisicoquímica y caracterización de Polímeros, Facultad de Química, UNAM.
- 143) Comunicación personal Dra. América Vázquez Olmos, Profesora de la asignatura Materiales y Nanotecnología, CCADET, UNAM.
- 144) López E, Sáez G, Álvarez CA. "Influence of the pH of the aqueous solution in the sorption and solubility in adhesives for brackets". IADR/AADR/CADR 87th General Session and Exhibition. 2009; USA.