



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

“RESISTENCIA COMPRESIVA EN LA ESTRATIFICACIÓN DE UN IONÓMERO DE  
VIDRIO DE RESTAURACIÓN EXPUESTO A SALIVA ARTIFICIAL DE DIFERENTES  
PH.”

**Trabajo de Titulación a la obtención del título de Odontólogo**

**Autor:**

**Bryan Paúl Rodríguez Lloré**

**Tutor:**

**Dr. Cristian Roberto Sigcho Romero**

**Riobamba, Ecuador. 2023**

## DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, Bryan Paúl Rodríguez Lloré, con cédula de ciudadanía 172407735, autor del trabajo de investigación titulado: “Resistencia compresiva en la estratificación de un ionómero de vidrio de restauración expuesto a saliva artificial de diferentes pH”, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

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

En Riobamba, 03 de marzo de 2023.



---

Bryan Paúl Rodríguez Lloré

C.I. 172407736-5

## **DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR**

El suscrito docente-tutor de la Carrera de Odontología, de la Facultad de Ciencias de la Salud, de la Universidad Nacional de Chimborazo, Dr. Cristian Roberto Sigcho Romero, certifica que el señor Bryan Paúl Rodríguez Lloré con C.I: 1724077365, se encuentra apto para la presentación del proyecto de investigación: “Resistencia compresiva en la estratificación de un ionómero de vidrio de restauración expuesto a saliva artificial de diferentes pH” y para que conste a los efectos oportunos, expido el presente certificado, a petición de la persona interesada, el día viernes 17 de febrero en la ciudad de Riobamba en el año 2023

Atentamente,



Dr. Cristian Roberto Sigcho Romero  
**DOCENTE TUTOR**

## PÁGINA DE REVISIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de revisión del proyecto de investigación: “RESISTENCIA COMPRESIVA EN LA ESTRATIFICACIÓN DE UN IONÓMERO DE VIDRIO DE RESTAURACIÓN EXPUESTO A SALIVA ARTIFICIAL DE DIFERENTES PH” presentado por Bryan Paúl Rodríguez Lloré y dirigida por el Dr. Cristian Roberto Sigcho Romero, una vez revisado el proyecto de investigación con fines de graduación, escrito en el cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, se procede a la calificación del informe del proyecto de investigación.

Por lo expuesto:

**Firma:**

Dr. Cristian Roberto Sigcho Romero

**TUTOR**



Firma

Dra. Sandra Marcela Quisiguiña Guevara

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firma

Dra. Olga Alejandra Fuenmayor Vinuesa

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firma



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

Riobamba 14 de febrero del 2023  
Oficio N° 136-2022-2S-URKUND-CID-2023

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

Estimado Profesor:

Luego de expresarle un cordial saludo, en atención al pedido realizado por el **Dr. Cristian Roberto Sigcho Romero**, docente tutor de la carrera que dignamente usted dirige, para que en correspondencia con lo indicado por el señor Decano mediante Oficio N° 1898-D-FCS-TELETRABAJO-2020, realice validación del porcentaje de similitud de coincidencias presentes en el trabajo de investigación con fines de titulación que se detalla a continuación; tengo a bien remitir el resultado obtenido a través del empleo del programa URKUND, lo cual comunico para la continuidad al trámite correspondiente.

No	Documento número	Título del trabajo	Nombres y apellidos del estudiante	% URKUND verificado	Validación	
					Si	No
1	D- 155506964	Resistencia compresiva en la estratificación de un ionómero de vidrio de restauración expuesto a saliva artificial de diferentes pH	Bryan Paúl Rodríguez Lloré	1	x	

Atentamente,

CARLOS  
GAFAS  
GONZALEZ

Firmado digitalmente por  
CARLOS GAFAS  
GONZALEZ  
Fecha: 2023.02.14  
12:00:14 -05'00'

Dr. Carlos Gafas González  
Delegado Programa URKUND  
FCS / UNACH  
C/c Dr. Gonzalo E. Bonilla Pulgar – Decano FCS

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar mi investigación primordialmente a mis amados padres por ser quienes han estado siempre al frente de mis necesidades académicas y personales apoyándome día a día en este largo camino de forjarme como profesional en ésta hermosa carrera. A mis hermanos por brindarme su compañía y apoyo incondicional incentivándome a seguir cada vez más y más hasta conseguir éste gran sueño. A toda mi familia por estar siempre presentes en los momentos en los cuales necesité de ellos y supieron apoyarme para poder llevar a cabo mis actividades como estudiante. Finalmente quiero dedicar este logro a Dios, quien desde el cielo estuvo dándome el aliento para poder avanzar y darme la sabiduría para poder elegir el camino adecuado.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios por brindarme sabiduría para cumplir esta meta tan anhelada, y no dejarme desistir ante obstáculos que se presentaban. Agradezco a mis padres y hermanos por el apoyo incondicional que tuvieron hacía mí, agradezco de todo corazón a mi querida Universidad Nacional de Chimborazo por darme la oportunidad de avanzar en mi vida académica y permitirme formarme como profesional con todo el conocimiento adquirido durante estos largos años de estudio en los cuales se me brindó el conocimiento necesario para poder llegar a ser quien ahora soy. También quiero extender un agradecimiento a mi docente Doctor Cristian Sigcho por ser quien me ha guiado en este proceso de realización de la presente investigación con la cual culmino mi proceso de formación.

## ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA .....	
CERTIFICADO EL TUTOR .....	
PÁGINA DE REVISIÓN DEL TRIBUNAL .....	
DEDICATORIA.....	
AGRADECIMIENTO .....	
RESUMEN .....	
ABSTRACT .....	
CÁPITULO I. INTRODUCCIÓN .....	15
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	16
3. JUSTIFICACIÓN.....	17
4. OBJETIVOS.....	19
4.1. Objetivo General .....	19
4.2. Objetivo Especifico .....	19
5. MARCO TEORICO .....	20
5.1. Ionómeros de vidrio.....	20
5.1.1. Historia .....	20
5.1.2. Composición .....	20
5.1.3. Clasificación .....	21
5.1.4. Propiedades de lo Ionómeros de Vidrio .....	22
5.1.5. Técnica de tratamiento restaurativo atraumático .....	24
5.1.6. Coeficiente de expansión térmica .....	24
5.1.7. Aplicaciones Clínicas .....	24
5.1.8. Ketac Molar .....	24
5.2. Saliva.....	25
5.2.1. Funciones de la Saliva.....	25
5.2.2. Proteínas de la Saliva .....	26

5.2.3. PH salival.....	27
5.2.4. Saliva artificial.....	27
5.3. Resistencia a la compresión.....	27
5.3.1. Efectos de una fuerza compresiva sobre un cuerpo en reposo .....	28
5.3.2. Cálculo de la resistencia Compresiva.....	28
6. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA .....	29
6.1. Tipo de investigación .....	29
6.2. Diseño de la investigación .....	29
6.3. Población de estudio.....	29
6.4. Criterios de Selección.....	29
6.5. Criterios de Exclusión .....	29
6.6. Entorno .....	29
6.7. Intervenciones .....	30
6.8. Recursos.....	36
6.8.1. Bienes .....	36
6.8.2. Servicios .....	36
6.8.3. Recursos Humanos .....	36
6.9. Técnicas e Instrumentos .....	36
6.10. Análisis Estadístico .....	37
6.11. Operacionalización de las Variables .....	37
6.11.1. Variable Independiente: Ph salival.....	37
6.11.2. Variable Dependiente: Resistencia compresiva.....	37
7. RESULTADOS .....	37
8. DISCUSIÓN.....	42
9. CONCLUSIONES.....	44
10. RECOMENDACIONES .....	45
11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	46
12. ANEXOS.....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Bienes.....	36
Tabla 2: Servicios.....	36
Tabla 3: Ph salival .....	37
Tabla 4: Resistencia compresiva .....	37
Tabla 5: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión por grupo .....	37
Tabla 6: Resultados estadísticos.....	39
Tabla 7: Resultados del test de normalidad .....	40
Tabla 8: Resistencia a la compresión, media (DS).....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ketac Molar, espátula de plástico, espátula metálica. glicerina, lozeta de vidrio, prensa, matriz de acrílico. ....	30
Figura 2: Mezclado del Ketac Molar con espátula de plástico. ....	30
Figura 3: Colocación de la mezcla de Ketac Molar en la matriz de acrílico .....	31
Figura 4: Colocación de la mezcla de Ketac Molar en la matriz de acrílico .....	31
Figura 5: Se desmonto las probetas de los cilindros de acrílico para su posterior almacenamiento .....	31
Figura 6: Saliva artificial, vasos plásticos, ácido cítrico, Hidróxido de magnesio, medidor de pH .....	32
Figura 7: Solución ácida .....	32
Figura 8: Solución básica.....	33
Figura 9: Solución neutra.....	33
Figura 10: Almacenamiento en frascos ámbar de las muestras con las diferentes soluciones .	33
Figura 11: Extracción de las muestras .....	34
Figura 12: Medición de probeta con calibrador pie de rey .....	34
Figura 13: Medición de la resistencia a la compresión .....	35
Figura 14: Medición de la resistencia a la compresión .....	35
Figura 15: Registro en ordenador de los datos obtenidos.....	35

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribución de la resistencia compresiva por grupo.....	39
Gráfico 2: Diagrama de caja y bigotes para la resistencia compresiva por grupo (Mpa).....	40
Gráfico 3: Dispersión de la resistencia compresiva por grupo .....	40
Gráfico 4: Resistencia media a la compresión por grupo .....	41

## **RESUMEN**

El presente proyecto de investigación se realizó con el propósito de comparar la resistencia a fuerzas de compresión o fuerzas verticales que tiene un ionómero de vidrio de restauración para lo cual se utilizó el Ketac Molar de la marca 3M que fue sometido a saliva artificial de diferente pH por 21 días; se realizó un estudio de tipo observacional – cuantitativo con un diseño in vitro- experimental y transversal; para el estudio se prepararon un conjunto de 30 muestras de ionómero de vidrio las cuales seguían las dosificaciones del fabricante y la norma ISO 9917-1, las soluciones de saliva artificial se las realizaron con la ayuda de hidróxido de magnesio, ácido cítrico para las muestras de pH ácido y Ph básico respectivamente mientras que para las muestras de pH neutro no se agregó ningún elemento; Las muestras fueron sometidas a pruebas de resistencia a la compresión en la máquina de ensayo universal Tinius Olsen Modelo superior L120 de la Escuela Politécnica Nacional de la ciudad de Quito; los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión para las muestras en solución acida fueron de una media de 15,23 Mpa, para las muestras en solución neutra 22.30 Mpa y para la muestras en solución básica 23,15 Mpa; con los datos obtenidos se realizó en análisis de varianza (KRUSKAL WALLIS) el cual no determino diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes grupos de muestras, sin embargo estadísticamente se logró demostrar que las muestras sometidas a una solución acida presentan menor resistencia que las sometidas a solución básica y neutra.

**Palabras claves: Ionómero de vidrio, resistencias materiales, saliva artificial**

## ABSTRACT

The present research was to compare the resistance to compression forces or vertical forces that a restoration glass ionomer has. The 3M brand Ketac Molar was used, which was subjected to artificial saliva of different pH. For 21 days. An observational-quantitative study was carried out with an in vitro-experimental and cross-sectional design. For the study, a set of 30 glass ionomer samples were prepared, which followed the manufacturer's dosages and the ISO 9917-1 standard. Artificial saliva solutions were made with the help of magnesium hydroxide, and citric acid for the samples. Acidic pH and basic pH respectively while for the pieces of neutral pH, no element was added; The samples were subjected to compressive strength tests in the Tinius Olsen Superior Model L120 universal testing machine of the National Polytechnic School of the city of Quito; the results obtained from the compressive strength for the samples in acid solution were an average of 15.23 Mpa, for the examples in neutral solution 22.30 Mpa and for the samples in basic resolution 23.15 Mpa; With the data obtained, an analysis of variance (KRUSKAL WALLIS) was carried out, which did not determine statistically significant differences between the different groups of samples, however, it was statistically possible to demonstrate that the samples subjected to an acid solution present less resistance than those subjected to an acid solution basic and neutral.

Keywords: glass ionomer, material resistance, artificial saliva



MARCELA PATRICIA  
GONZALEZ ROBALINO

Reviewed by:

Mgs. Marcela González Robalino

**English Professor**

c.c. 0603017708

## **CÁPITULO I. INTRODUCCIÓN**

La presente investigación tendrá el objetivo de medir la fuerza de compresión que presentan los Ionómeros de vidrio clasificados como materiales de restauración los cuales se someterán por 21 días a saliva artificial con diferentes pH, usaremos 3 tipos de pH salival en donde podremos encontrar medios ácidos, neutros y básicos; para así poder determinar si el pH salival afecta a los ionómeros de vidrio cuando estos se encuentran en boca y ocurre el proceso de masticación ya que estos actúan como materiales de restauración usados para reemplazar el tejido dentario perdido.

Teniendo en cuenta que la caries dental es un problema muy importante para la sociedad por la alta incidencia y el impacto que presentan; la cual se debe principalmente a un inadecuado estilo de vida por una dieta cariogénica alta e incorrectos hábitos adquiridos.(1) El paciente tiene que entender que hay que reemplazar los tejidos duros del diente cuando estos se pierden y se utilizarán materiales de restauración según el caso; los ionómeros de vidrio de restauración son utilizados generalmente en una cavidad clase 1 o clase 2 de Black ya que presenta un excelente comportamiento biomecánico frente a fuerzas de masticación. (2)

La investigación será de tipo experimental, observacional, comparativa y transversal en donde se utilizará un ionómero de vidrio de una marca comercial Gold Standard y se realizarán 30 muestras; estas muestras serán sometidas a pruebas de esfuerzo en laboratorios certificados y sus resultados serán tabulados para determinar si afecta o no el hecho de que fueron sometidas a diferentes tipos de pH.2

El objetivo de este proyecto de investigación es determinar la resistencia compresiva de los ionómeros de vidrio los cuales se someterán a soluciones de diferente pH por 21 días; se tendrá un grupo de control que será el grupo de ionómeros de vidrio expuesto a saliva artificial con un pH neutro y dos grupos experimentales en donde se modificará el pH; uno básico y el otro ácido. Esta investigación se desarrollará en los laboratorios de análisis de esfuerzo y vibraciones de la facultad de ingeniería de Escuela Politécnica Nacional de la ciudad de Quito; otorgando los datos necesarios para su posterior análisis.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La caries dental afecta a cerca de 2000 millones de personas en el mundo de los cuales 514 millones son niños, para el tratamiento de esta enfermedad durante décadas se siguen usando materiales de restauración los cuales reemplazan la estructura dental perdida;(3) los Ionómeros de vidrio son materiales de restauración que se utilizan como un sustituto de la resina en pacientes que presentan un alto índice cariogénico ya que estos contienen flúor y ayudan a remineralizar el diente; presentan propiedades que los hacen materiales ideales para determinados casos en los que podemos mencionar cuando se utiliza una técnica atraumática que no requiere el uso de ácido ni adhesivo ya que este material tiene una buena adhesión en esmalte y dentina, aparte de una buena estética y liberación de flúor por largos periodos.(4)

A nivel de América latina cerca de 22 países en el 2016, se estimó que 600 millones de personas padecieron de caries y enfermedad periodontal, en donde los ingresos económicos eran muy variados, frente a esto se utilizaron programas con el fin de reducir estos porcentajes para lo cual se basaron en estrategias de promoción de salud oral, prevención y educación en dos tipos; una individual y otra poblacional. En donde los odontólogos e higienistas orales eran los encargados de diseñar, implementar y evaluar estas estrategias para ver los resultados a corto y largo plazo.(5) (6)

Estudios realizados en Ecuador en el año de 1996 y posterior en el año 2009 revelaron la prevalencia de caries donde los escolares comprendidos en una edad de 6 a 15 años en 1996 presentaron 88.2% caries dental y para el año 2009 se evaluó escolares en el mismo rango de edad en donde se pudo observar que este valor disminuyó en 15.6% de escolares con caries; estudios más recientes demuestran que la prevalencia de caries llegó hasta el 70% en niños con una edad comprendida entre 8 a 10 años.(7)

### 3. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación se realiza con el propósito de determinar las ventajas que presenta el ionómero de vidrio de restauración en cuanto a la resistencia a la compresión que tiene cuando es sometido a medios con saliva artificial de diferente pH; la investigación podrá brindar al odontólogo diferentes criterios de selección de los materiales de restauración dependiendo de cada paciente por los procesos fisiológicos y condiciones clínicas que esté presente como pueden ser normas de higiene personal, hiper actividad muscular; entre otras y así poder ofrecer una tratamiento de restauración adecuado sin que exista posibilidad de la fractura del material de restauración o de la pieza dental debido a las fuerzas masticatorias y el cambiante ambiente que presenta la boca

Los ionómeros de vidrio de restauración son materiales que se utiliza en la odontología moderna por las propiedades que este presenta como puede ser un tratamiento rápido en la que no requiere de ácido grabador, ni de luz halógena, liberación constante de flúor que ayuda con la remineralización el diente y la facilidad de uso lo hacen un excelente material para una restauración provisional, la Organización Mundial de la salud está utilizando este material en los países de escasos recursos por el bajo costo y que se puede utilizar con la técnica de restauración atraumática ya que no requiere tanto instrumental y material como en otras técnicas de restauración.(8) (9)

La masticación es un proceso fisiológico en el cual los seres humanos trituran los alimentos ingeridos, generando así fuerzas masticatorias sobre piezas dentales y en materiales de restauración los cuales han sido colocados para reemplazar el tejido dental perdido por diversas causas; razón por la cual la difusión del presente trabajo es de suma importancia para poder tener una guía hacia el profesional al momento de la selección de un material que reemplace este tejido dental perdido ya que debe tener igual o mayor resistencia a la compresión que el mismo diente.(10)

Esta investigación es factible ya que al analizar y determinar si las fuerzas de compresión del ionómero de vidrio al ser utilizado como material de restauración se modifican en la cavidad oral la cual presenta cambios constantes de pH; generaremos una guía de uso para el estudiante o el profesional odontológico sobre la selección de un adecuado material de restauración.

Al Identificar a este biomaterial como resistente a los cambios constantes de Ph que presenta la cavidad oral el principal beneficiario será el estudiante que se está formando en esta carrera ya que tendrá criterios de selección de materiales de restauración dependiendo del paciente; los

profesionales odontológicos también podrán beneficiarse de este trabajo ya que podrán brindar cierta garantía en su trabajo basado en evidencias científicas, con los resultados de la investigación daremos apertura a la generación de nuevas líneas de investigación en la carrera de odontología como un aporte a la sociedad científica.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo General**

- Analizar la resistencia compresiva en la estratificación de un ionómero de vidrio de restauración autopolimerizables expuesto a saliva artificial con diferente pH.

### **4.2. Objetivo Especifico**

- Determinar la resistencia del ionómero de vidrio de restauración frente a fuerzas de compresión.
- Establecer las diferencias del pH que presentan las soluciones de saliva artificial combinadas con diferentes elementos.
- Establecer una relación entre la resistencia compresiva del ionómero de vidrio de restauración sumergida en diferentes soluciones de saliva artificial con diferente pH.

## **5. MARCO TEORICO**

### **5.1. Ionómeros de vidrio**

#### **5.1.1. Historia**

Los Cementos de Ionómero de Vidrio, nombre genérico que se le otorga a un grupo de materiales dentales los cuales actúan como rellenos o cementos de obturación aparecen en el año de 1969 desarrollados por Wilson y Kent los cuales combinaron polvo de cemento de silicato con líquido de cemento de poliacrilato de zinc, en un principio recibió el nombre de cemento de ASPA ya que básicamente estaba formado por Aluminio, silicato y poliacrílico; su reacción principal fue dada por la interacción del aluminosilicato con el ácido poliacrílico presentando ventajas tales como la adhesión tanto a esmalte como dentina, expansión termina muy similar a la que presenta el diente y liberación constante de flúor; y desventajas como un lento fraguado, textura irregular y sensibilidad a la humedad.(9) (11) (12)

#### **5.1.2. Composición**

Los ionómeros de vidrio están conformados por diferentes materiales los cuales pueden variar dependiendo de la marca; estudios realizados por de la Paz en el año 2016 establecen que un ionómero de vidrio generalmente está conformado por:

- Polvo: es un fluoraluminosilicato de calcio, compuesto por fluoruro de calcio (34,3 %), dióxido de silicio (29 %), óxido de aluminio (16,5 %), fosfatos y fluoruros de aluminio y fluoruro de sodio.
- Líquido: está compuesto por un 47 % de ácidos copolímeros en solución acuosa, en relación 2:1, en donde el ácido poliacrílico está en mayor composición que el ácido itacónico en respectiva relación. El ácido itacónico reduce la viscosidad e inhibe la gelación. Se le agrega ácido tartárico como acelerador y en otras composiciones se encuentra ácido maleico.
- Agua: cumple la función de ser el medio en donde ocurre el cambio iónico de la solución; alteraciones en la cantidad de agua puede dar lugar a que el material se desquebraje. (13) (14)

### 5.1.3. Clasificación

#### 5.1.3.1. De acuerdo con su composición

##### - Cementos de Ionómero de Vidrio Convencionales

Están constituidos básicamente por el polvo y el líquido, el polvo está formado por flouraluminiosilicato el cual es un cristal; mientras que el líquido está formado por ácido poliacrílico. Tienen la característica de que el fraguado es solo químico y no se necesita foto activación. (12)

##### - Cementos de Ionómero de Vidrio Modificados con resinas

Fueron diseñados con el propósito de mejorar las propiedades físicas de los cementos de ionómeros de vidrio, están conformados por polvo que es el cristal de flouraluminiosilicato el mismo que de los ionómeros de vidrio convencionales y el líquido formado por ácido policarboxílico, este cemento presenta un fraguado mixto ya que es fraguado químico dado por la reacción ácido base y adicional la foto activación; este tipo de cementos presenta monómeros y polímeros hidrofílicos lo cual aumenta la resistencia a la flexión en comparación con los cementos de ionómero de vidrio convencionales (11)(12)

#### 5.1.3.2. De acuerdo con las indicaciones clínicas

- **Tipo 1:** Ionómeros de Vidrio de Cementación
- **Tipo 2:** Ionómeros de Vidrio de Restauración
  - 2A:** Restauradores estéticos
  - 2B:** Restauradores reforzados:
    - Mixturas:** Ionómeros de vidrio reforzados con metales
    - Cermets:** Ionómeros de vidrio reforzados con cerámica y metal
- **Tipo 3:** Ionómeros de vidrio para base de alta resistencia y base delgada o liners.
- **Tipo 4:** Misceláneas: Dentro de este grupo encontramos adhesivos para uso protésico ya que elimina socavados o zonas retentivas, pero están contraindicados para aumentar el volumen o tamaño de la preparación; también encontramos selladores de Fosas y Fisuras que pueden ser utilizados en casos especiales como por ejemplo cuando existe un paciente poco colaborador o en molares permanentes que estén muy poco erupcionados. (13) (15)

#### **5.1.4. Propiedades de lo Ionómeros de Vidrio**

##### **5.1.4.1. Flujo Tixotrópico**

Esta es la capacidad que tienen los ionómeros de vidrio de que la restauración quede perfectamente asentada sin necesidad de ejercer presión sobre ella. (16)

##### **5.1.4.2. Biocompatibilidad**

Esta es la capacidad que tienen algunos materiales de provocar una respuesta biológica adecuada cuando estos son aplicados en alguna zona del cuerpo humano, en el caso de los ionómeros de vidrios son elementos biológicamente compatibles ya que gracias a su composición estos materiales en condiciones neutras liberan Na, Al, Si, P y F; mientras que en condiciones acidas se libera Ca; lo cual no causan daños a nivel del organismo y en condiciones fisiológicas son útiles y aceptables para el cuerpo humano, ya que se los asocia a la remineralización de los dientes. (14) (17) (18)

De todos los elementos liberados por los ionómeros de vidrio el aluminio es el más preocupante ya que es el que más toxicidad causa, sin embargo, las cantidades liberadas son muy bajas por lo que no se han encontrado casos de intoxicación por aluminio.(17,18)

##### **5.1.4.3. Solubilidad y desintegración**

Los ionómeros de vidrio frente a otros materiales como son los cementos de fosfato de zinc y de policarbonato de zinc presenta una solubilidad muy baja en ambientes ácidos; en agua los ionómeros de vidrio son menos solubles que los cementos de silicato e incluso de los materiales resinosos.(16)

A pesar de que un pH bajo puede dañar la superficie externa de los ionómeros de vidrio en especial cuando se aplican soluciones fluoradas típicas como es el caso del fluoruro de fosfato el cual tiene un pH aproximado de 3; los ionómeros de vidrio modificados con resina son más resistentes a la solubilidad y desintegración (16)

##### **5.1.4.4. Adhesión**

La adhesión de los ionómeros se da principalmente por la alta energía superficial que presentan hacia elementos polares como son el hueso, esmalte o dentina; pero no son capaces de unirse a otros elementos como la porcelana y metales nobles; la adhesión de los ionómeros de vidrio se da en dos pasos

1. Los grupos de ácido carboxílico se unen mediante enlaces de H hacia el sustrato

2. Mediante esta reacción los enlaces de H se vuelven más flexibles dando lugar a puentes iónicos más fuertes.

Como resultado tendremos una unión permanente ya que los grupos carboxilo de ácido polialquenoico de los Ionómeros de vidrio entran hacia la hidroxiapatita reemplazando el fosfato, formando enlaces covalentes y para que estos se pierdan deberían fallar todos simultáneamente; si solo un enlace falla puede volverse a unir siempre y cuando los demás no haya fallado. (15) (18)

#### **5.1.4.5. Fraguado**

El fraguado de los ionómeros de vidrio tarda aproximadamente de 2 a 3 minutos mediante una reacción ácido – base,(18) la velocidad de fraguado ha sido estudiada mediante técnicas como la espectroscopia en donde se detecta que está dada por dos fases:

1. Se empieza con la descomposición del polvo en donde el ácido liberado por los cationes metálicos y el silicato que se encuentra en las superficies de las partículas presentes en la solución afectan directamente a las partículas de vidrio.(15) (19)
2. Continúa con la etapa de gelación en donde la porción acuosa de la solución eleva el pH provocando que el ácido carboxilo aumente en su ionización y se repela entre si logrando una configuración lineal; lo cual dará lugar a que el material se torne más viscoso ya que existe un aumento en la relación de los cationes metálicos con el grupo carboxilo de los ionómeros de vidrio. El endurecimiento del material es producto de la liberación de los cationes metálicos los cuales forman enlaces cruzados con las cadenas de los polímeros; el último paso del fraguado es el aumento de las fuerzas intermoleculares el cual se da después de 24 horas.(15) (19)

#### **5.1.4.6. Liberación de flúor**

La liberación de flúor de los ionómeros de vidrio es muy importante ya que previene el inicio de la enfermedad caries, así como es el tratamiento de la caries secundaria debido a que el flúor remineraliza el diente; el flúor actúa sobre el esmalte y dentina haciéndolos menos solubles hacia los ácidos presentes en el medio bucal dando lugar a la inhibición de las enzimas bacterias y así evitando la presencia de lesiones cariosas tempranas. (14) (20)

La hidroxiapatita presente en el diente se une con el ion flúor de los ionómeros de vidrio produciendo un intercambio Iónico que resulta la molécula de fluorapatita que es mucho más dura y menos soluble frente a ácidos; razón por la cual también se los utiliza como sellantes de fosas y fisuras. (14,20)

### **5.1.5. Técnica de tratamiento restaurativo atraumático**

Para la restauración de dientes mediante la técnica atraumática se utiliza un equipo económico y de los ionómeros de vidrio los cuales fueron desarrollados gracias a la colaboración de la Organización Mundial de la Salud, para ser utilizada en los países que presentan bajos o escasos recursos para el tratamiento adecuado de caries y que no exista la extracción del diente afectado; la técnica de restauración atraumática generalmente utiliza instrumentos manuales para eliminar el esmalte y dentina cariados; posterior a la limpieza de la cavidad se colocó el cemento de ionómero de vidrio para restaurar el diente; este tratamiento es muy utilizado en países o regiones en donde no existe energía eléctrica o la misma es deficiente, se determinó que la técnica de restauración atraumática tiene un éxito de alrededor un 90% después de 2 o 3 años en restauración de una sola superficie en clases I y V de Black.(18) (21)

### **5.1.6. Coeficiente de expansión térmica**

El coeficiente de expansión térmica que presentan los Ionómeros de vidrio es muy semejante a la estructura dental especialmente a la dentina, dando como resultado una adaptación marginal y un buen sellado lo que impedirá que exista microfiltraciones marginales. (22)

### **5.1.7. Aplicaciones Clínicas**

Los cementos de ionómero de vidrio presentan varias aplicaciones clínicas como son:

- Control de caries ya que se los puede utilizar como restauraciones provisionales
- Restauraciones para clase I y V de Black
- Material de Base ya que puede utilizarse como sustituto de la dentina
- Restauraciones en dientes posteriores primarios
- Adhesivo y cementación de bandas y brackets en ortodoncia
- Restauración temporal para accesos en endodoncia
- Técnica de restauración atraumática
- Restauración temporal en dientes anteriores y posteriores
- Reparación de perforaciones radiculares producidas en endodoncia
- Restauración de caries gingival adyacentes a una corona
- Restauraciones sin tensión
- Restauraciones por lesiones de absorción radicular externa. (23)

### **5.1.8. Ketac Molar**

El ketac molar es un Iononero de vidrio de restauración el cual está diseñado para usarse como un procedimiento mucho más rápido que otros materiales; por lo que facilita al odontólogo en

tratamientos con pacientes pediátricos, geriátricos y adolescentes poco colaboradores; este material se puede utilizar sin un previo acondicionamiento de la cavidad y tampoco requiere el uso de revestimiento, por lo cual el material tiene la capacidad de unirse químicamente a esmalte y dentina eliminando estos pasos y haciéndolo un tratamiento más rápido.(24)

El Ketac Molar viene en presentación polvo - líquido el cual debe ser mezclado manualmente con una proporción de uno a uno; la principal ventaja del material es la liberación constante de flúor; está indicado para procedimientos de mínima invasión, para el tratamiento de restauración atraumática, relleno de coronas, restauraciones clase I y II, llenados uni o multi temporales y sellado de fisuras; viene en varios tonos como son: blanco, A1, A2, A3, A3.5 y A4; resultando un material radiopaco a la exposición radiográfica.(24)

## **5.2. Saliva**

La saliva es una secreción hipotónica muy compleja la cual es producida por las glándulas salivales mayores y menores, las glándulas salivales mayores aportan cerca del 93% de saliva mientras que las menores al rededor del 7%; la saliva al salir de las glándulas salivales es estéril pero inmediatamente deja de serlo ya que se mezcla con diferentes elementos que se encuentran en boca como son el líquido crevicular, restos de alimentos, microorganismos, células descamadas y demás. (25)

### **5.2.1. Funciones de la Saliva**

Las funciones de la Saliva van desde humedecer los alimentos para facilitar su ingesta, humectar y proteger la mucosa oral, ayuda en la eliminación de elementos desechables y regulación de agua. (26) (27)

#### **5.2.1.1. Lubricación**

Esta función es gracias a que la saliva contiene agua, prolina y mucina; ya que con esos elementos ayuda a la protección de las capas superficiales de los elementos que tapizan la boca frente a los agentes irritantes; también modula la adhesión de componentes y microorganismos a las superficies orales ayudando a controlar las colonias de bacterias y hongos.

Los componentes de la saliva ayudan a la elaboración del bolo alimenticio y su posterior digestión ya que contribuye a formar una masa semilíquida o líquida que puede ser asimilada fácilmente por el individuo. (26) (27)

### 5.2.1.2. Capacidad Buffer o Amortiguadora

La capacidad buffer o amortiguadora es la capacidad que tiene la saliva de contrarrestar los cambios de pH a nivel de cavidad oral y de proteger los tejidos frente ataques ácidos los cuales pueden ser provenientes de la comida o también de la placa bacteriana.

El principal amortiguador que presenta la saliva es el bicarbonato el cual va a variar de acuerdo a la concentración de saliva.(26)

### 5.2.1.3. Aclaramiento dental

Esta es la propiedad de la saliva de eliminar los sustratos bacterianos y los azúcares ingeridos en un determinado tiempo; se la vincula principalmente a la cantidad de flujo salival ya que cuando esta es baja la capacidad de lavado es menor y aumente la presencia de caries esto se puede ver principalmente en adultos mayores; la velocidad del aclaramiento dental es muy variable ya que será más rápido en zonas de la boca que se encuentre cerca a los conductos excretores de las glándulas salivales mayores y por ende menor presencia de caries en estas zonas.(26)

## 5.2.2. Proteínas de la Saliva

Existen alrededor de 309 tipos de proteínas dentro de la saliva; la mayoría deriva de las familias que incluyen: Mucinas, Cistatinas, Aglutininas, Prolina, Alfa amilasa, Histatinas y Estaterinas.

- **Mucinas:** Son del tipo glicoproteínas y en la saliva existen la mucina tipo 1 y el tipo 2; por su alto contenido en glúcidos y su estructura en forma de hebra forma elementos hidrofílicos los cuales son viscosos; esto protege al epitelio subyacente de injurias de tipo mecánico e impide el paso de agentes nocivos y microorganismos.
- **Aglutinina:** Proteína altamente glicosilada con una masa molecular de aproximadamente 340 kDa, que porta antígenos activos de grupos sanguíneos. Comparte similitudes con MG2, al ser además monomérica, con propiedades altamente adhesivas y porque se une a gran variedad de microorganismos incluyendo *S. mutans* y *S. sanguis*. También media la unión de estos dos microorganismos entre sí. Se ha identificado además en la película adquirida
- **Cistatinas:** Se las asocia principalmente a dos funciones principales; la de modular la respuesta de defensa frente a una injuria bacteriana en tejidos bucales y en menor porcentaje la de regular la presencia de calcio en saliva.
- **Histatinas:** Presentan una estructura flexible en forma de hélice, mientras que en presencia de agua estas adoptan la forma enrollada azarosamente, se han descrito

alrededor de 12 tipos de histatinas diferentes en la saliva; presentan funciones como son la de participar en la formación de la película adquirida, neutralizar sustancias nocivas, quelación de iones metálicos y la inhibición de citocinas de carácter inflamatorio y de enzimas proteolíticas tanto del hospedero como del huésped.(28)

### **5.2.3. PH salival**

El pH es una unidad de medida que se utiliza para determinar el grado de acidez o alcalinidad que tiene una sustancia, la cual está conformada por una escala de valores que pueden ir desde el 0 al 14, siendo neutro cuando el valor del pH es en promedio de 7; las sustancias cuyo pH se acerquen al valor 0 se consideraran acidas y si se acercan a 14 serán básicas.

El Ph salival en promedio esta entre 6.7 a 7.4; si no se mantiene una buena higiene oral este Ph disminuye haciéndose ácido y dando lugar a la formación de diversas enfermedades siendo la principal la caries dental. (30)(29)

### **5.2.4. Saliva artificial**

La saliva artificial es usada cuando la producción de las glándulas salivales se ve afectada la cual se puede dar por la vejez del individuo, así como condiciones sistémicas como son la diabetes, hipertensión arterial, síndrome de Sjogren, artritis reumatoide, entre otras; dando lugar a la xerostomía que es la disminución o alteración en la composición de la saliva. (30)

El uso de la saliva artificial está indicado varias veces al día y esta permite la lubricación de la mucosa.(30)

#### **5.2.4.1. Composición**

Cada 60 ml de saliva artificial de marca Saliv contiene: Electrolitos Na, K, Mg, Ca, P, Xylitol, Complejo nipagin-nipasol y excipientes.

### **5.3. Resistencia a la compresión**

Todos los tejidos del cuerpo presentan propiedades mecánicas diferentes de acuerdo con el rol que estos cumplen; los biomateriales que están diseñados para reemplazar tejidos que son sometidos a compresión deben estar diseñados con la suficiente resistencia a la compresión que soportaba el tejido original; por lo tanto, para el desarrollo de los biomateriales es importante el estudio de que fuerzas van a estar diseñados a soportar cuando sean puestos en funcionamiento

Para los biomateriales utilizados en boca, se debe tener en cuenta que el tejido dental presenta una resistencia de aproximadamente 384 (MPa) siendo más resistente en esmalte a nivel de

cúspides y menos resistente a nivel de paredes laterales y del tercio cervical del diente; tomando en cuenta que la fuerza aplicada sea en sentido paralelo al eje del diente ya que si se aplica en sentido perpendicular este será mucho más frágil; la dentina puede resistir fuerzas de compresión de alrededor 297 (MPa) (31)

### **5.3.1. Efectos de una fuerza compresiva sobre un cuerpo en reposo**

Una fuerza aplicada sobre un objeto causara que exista tensiones entre sí que cuando estas son superadas; provocara la deformación elástica del cuerpo y a medida que este aumenta; aumentara la fuerza hasta hacerlo permanente, para finalmente fracturar o romper el cuerpo ya que la resistencia y tensión de este fue superada. (31) (16)

### **5.3.2. Cálculo de la resistencia Compresiva**

Para que los cuerpos se deformen o se rompan debe existir una diferencia entre fuerzas opuestas; no solo depende del tipo de material con el que estemos experimentando si no de la forma que le demos a este; para lo cual se ha estandarizado la forma de los cuerpos que se llevaran a prueba denominándolos probetas de ensayo que en la mayoría de los casos son de forma cilíndrica; para este estudio in vitro se diseñó una probeta cilíndrica de 6 mm de altura x 6 mm de diámetro a la cual se le sometió a la máquina de ensayo universal aplicando fuerzas verticales que aumentarían progresivamente.(31)

Una de las principales desventajas que presentan los ionómeros de vidrio es la de ser muy propensos a la fractura debido a la fragilidad que estos presentan en comparación con otros materiales dentales como son las resinas y las amalgamas, por lo cual se debe evitar su aplicación en donde la restauración debe soportar intensas cargas oclusales; la norma ISO y los estándares británicos en 1986 y 1981 establecieron parámetros de resistencia a la compresión mínimos que debían cumplir los ionómero de vidrio en donde se definió que para Ionomeros tipo I o cementantes es de 65 MPa mientras que para los Ionomeros tipo II o de restauración es de 125 MPa.(31)

## **6. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA**

### **6.1. Tipo de investigación**

El presente trabajo será de tipo observacional ya que se medirá la fuerza de compresión que resiste el ionómero de vidrio de restauración sumergido en saliva artificial de diferente Ph y también será de tipo cuantitativa ya que generará datos para su análisis

### **6.2. Diseño de la investigación**

La investigación será de tipo in-vitro - experimental y de tipo transversal

### **6.3. Población de estudio**

La población de estudio para este proyecto de investigación consta de 30 probetas cilíndricas las cuales estuvieron distribuidas en grupos iguales

- Grupo 1: 10 Probetas de Ionómero de Vidrio de restauración sumergidas en pH alcalino
- Grupo 2: 10 Probetas de Ionómero de Vidrio de restauración sumergidas en pH neutro
- Grupo 3: 10 Probetas de Ionómero de Vidrio de restauración sumergidas en Ph ácido

### **6.4. Criterios de Selección**

- Probetas de Ionómero de vidrio sumergidas en pH alcalino de 6mm de ancho x 6 mm de alto.
- Probetas de Ionómero de vidrio sumergidas en pH neutro de 6mm de ancho x 6 mm de alto.
- Probetas de Ionómero de vidrio sumergidas en pH ácido de 6mm de ancho x 6 mm de alto.

### **6.5. Criterios de Exclusión**

- Probetas con grietas.
- Probetas fracturadas.
- Probetas con burbujas.
- Probetas que no cumplan con las medidas de 6 mm de ancho x 6 mm de alto.

### **6.6. Entorno**

La investigación será realizada en la ciudad de Quito en las instalaciones de la Escuela Politécnica Nacional en la Facultad de Ingeniería el laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones.

## 6.7. Intervenciones

Como primer punto del estudio in vitro se reunió los materiales e instrumental adecuado para la realización de la parte experimental del estudio

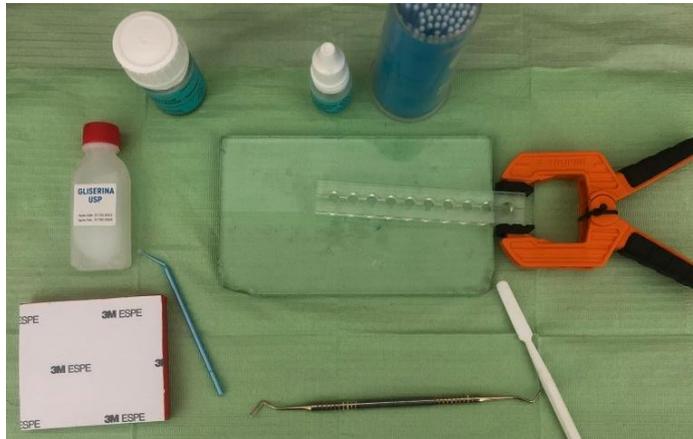


Figura 1: Ketac Molar, espátula de plástico, espátula metálica, glicerina, lozeta de vidrio, prensa, matriz de acrílico.

Procedió la realización de 30 probetas de Ketac Molar que es el Ionómero de vidrio de restauración que se utilizó para el estudio; de manera que, se utilizó una matriz de acrílico para que todas las muestras tuvieran el mismo tamaño de 6 mm x 6 mm el cual fue establecido por el laboratorio; las muestras cumplieron los criterios de inclusión que se establecieron para el estudio

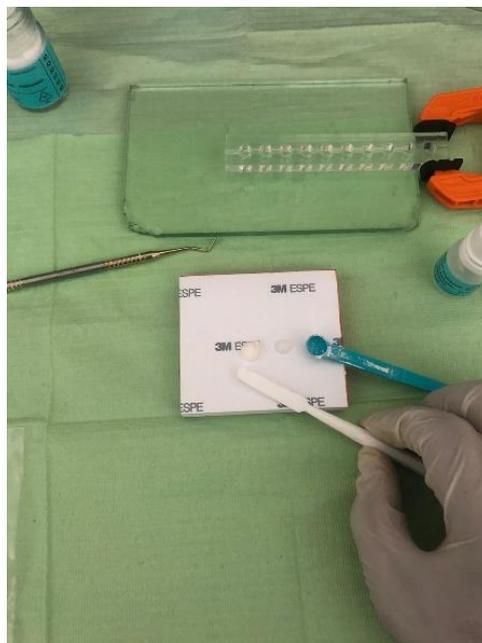


Figura 2: Mezclado del Ketac Molar con espátula de plástico.



Figura 3: Colocación de la mezcla de Ketac Molar en la matriz de acrílico



Figura 4: Colocación de la mezcla de Ketac Molar en la matriz de acrílico



Figura 5: Se desmonta las probetas de los cilindros de acrílico para su posterior almacenamiento

Luego con la modificación de las soluciones que contienen saliva artificial con diferente pH, para la solución ácida se utilizó una mezcla de saliva artificial con ácido cítrico, así mismo, la solución básica se necesitó una mezcla de saliva artificial con hidróxido de magnesio y, por último, para la solución básica solo se utilizará saliva sin ningún aditivo.



Figura 6: Saliva artificial, vasos plásticos, ácido cítrico, Hidróxido de magnesio, medidor de pH

Se utilizó un medidor de pH electrónico para establecer el Ph correcto de cada solución



Figura 7: Solución ácida

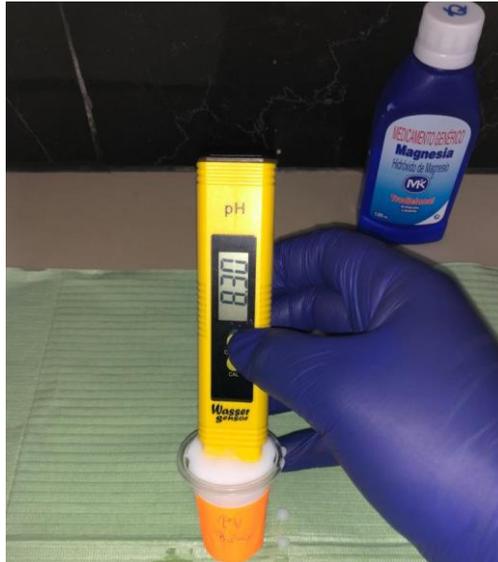


Figura 8: Solución Básica



Figura 9: Solución neutra

Luego, se procede con el almacenamiento durante 21 días de las probetas con las soluciones, creando 3 grupos; 10 probetas en solución acida, 10 probetas en solución básica y 10 en solución neutra.



Figura 10: Almacenamiento en frascos ámbar de las muestras con las diferentes soluciones

Después del periodo establecido para esta investigación de 21 días se procedió con la extracción de las muestras y el secado de estas para llevarlas al laboratorio de la Escuela Politécnica Nacional en la Facultad de Ingeniería el laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones.



Figura 11: Extracción de las muestras

En el laboratorio se procedió a la toma de las medidas de cada muestra con la ayuda de un “calibrador eléctrico pie de rey” y se anotó en la bitácora para ver si las probetas presentaban cambios de medidas y así poder calcular la resistencia a la compresión que podían presentar.

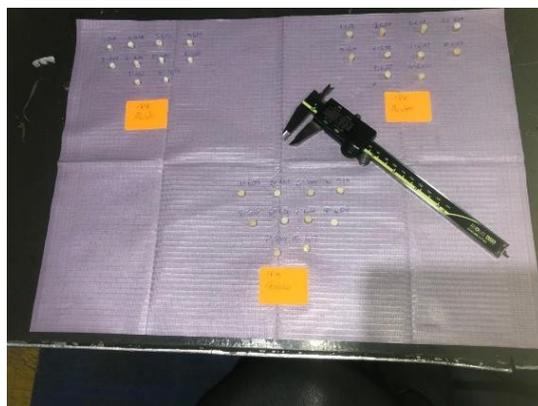


Figura 12: Medición de probeta con calibrador pie de rey

Posterior a esto se procesó con la prueba de resistencia a la compresión; se utilizó la máquina de ensayos universal Tinius Olsen Modelo superior L120



Figura 13: Medición de la resistencia a la compresión



Figura 14: Medición de la resistencia a la compresión

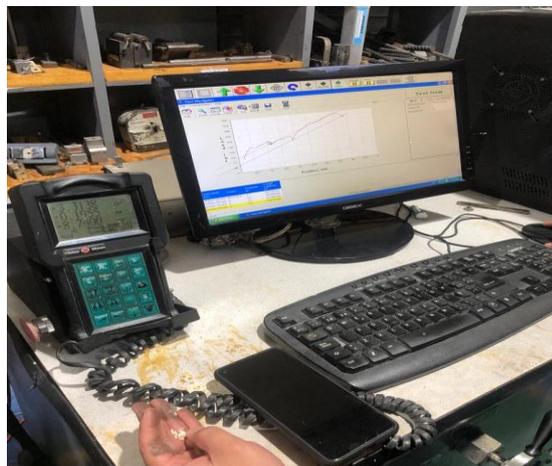


Figura 15: Registro en ordenador de los datos obtenidos

## 6.8. Recursos

### 6.8.1. Bienes

Tabla 1: Bienes

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
1	Ionómero de Vidrio de Restauración	\$44	\$44
1	Saliva artificial	\$8	\$8
3	Molde plástico para elaborar probetas	\$20	\$60
1	Gutaperchero	\$13	\$13
3	Recipientes para colocar las probetas con saliva de diferente pH	\$1.75	\$5.25
1	Utensilios de papelería: lápiz bicolor, esferos, resaltador, perfiles etc.	\$10	\$10
		<b>Total</b>	<b>\$140.25</b>

Fuente: Elaboración propia

### 6.8.2. Servicios

Tabla 2: Servicios

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
4	Servicio de luz	\$12	\$48
4	Servicio de Internet	\$18	\$72
30	Transporte	\$0.30	\$9
30	Uso de la maquina Tinius Olsen	\$6. 16	\$184.80
		<b>Total</b>	<b>\$313.9</b>

Fuente: Elaboración propia

### 6.8.3. Recursos Humanos

Integrantes: Estudiante investigador
Docente tutor
Personal Capacitado del laboratorio

## 6.9. Técnicas e Instrumentos

Se utilizo la técnica observacional y el instrumento fueron los datos otorgados por el laboratorio en una bitácora para posteriormente llevarnos analizar y tabular los resultados.

## 6.10. Análisis Estadístico

Los datos obtenidos de la bitácora entregada por el personal de la Escuela Politécnica Nacional en la Facultad de Ingeniería el laboratorio de análisis de esfuerzos y vibraciones se llevarán bajo el programa SPSS V.27; con esto se obtendrán análisis estadísticos los cuales posteriormente se exportarán al programa Excel para realizar los cuadros respectivos y las descripciones de estos.

## 6.11. Operacionalización de las Variables

### 6.11.1. Variable Independiente: Ph salival

Tabla 3: Ph salival

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Higiene oral relacionado con el Ph de la saliva	Secreción Biológica	Ácido: pH 7-0	Observación	Medidor eléctrico de pH
		Neutro: pH 7		
		Alcalino: Ph 7-14		

Fuente: Elaboración propia

### 6.11.2. Variable Dependiente: Resistencia compresiva

Tabla 4: Resistencia compresiva

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Resistencia a las fuerzas verticales o fuerzas de compresión	Carga Máxima Fuerza Máxima	MPa	Observación	Bitácora
		Newton		

Fuente: Elaboración propia

## 7. RESULTADOS

La información de los resultados experimentales fue entregada mediante informe LAEV – M22.091, del Laboratorio de Análisis de Esfuerzo y Vibraciones de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional que consta en el anexo. A partir de esta información se diseñó una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2016 con el fin de estimar la Resistencia Compresiva, dichos resultados se encuentran en la tabla 5.

Tabla 5: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión por grupo

Muestra	Grupo	F	D	RC
		N	mm	Mpa
M22.091.01	1	903,43	5,18	42,87

M22.091.02	1	417,51	5,44	17,96
M22.091.03	1	437,08	5,93	15,83
M22.091.04	1	268,49	5,20	12,64
M22.091.05	1	134,07	5,07	6,64
M22.091.06	1	254,53	4,79	14,12
M22.091.07	1	161,20	4,70	9,29
M22.091.08	1	145,41	4,60	8,75
M22.091.09	1	304,75	4,60	18,34
M22.091.10	1	103,69	4,75	5,85
M22.091.11	2	1281,04	6,12	43,55
M22.091.12	2	658,47	6,27	21,33
M22.091.13	2	437,93	6,02	15,39
M22.091.14	2	912,82	6,08	31,44
M22.091.15	2	178,28	6,13	6,04
M22.091.16	2	375,21	5,95	13,49
M22.091.17	2	837,02	6,32	26,68
M22.091.18	2	365,60	6,28	11,80
M22.091.19	2	1229,13	6,25	40,06
M22.091.20	2	376,81	6,03	13,19
M22.091.21	3	1281,04	6,05	44,56
M22.091.22	3	658,47	6,01	23,21
M22.091.23	3	437,93	5,95	15,75
M22.091.24	3	912,82	5,95	32,83
M22.091.25	3	178,28	5,91	6,50
M22.091.26	3	375,21	6,06	13,01
M22.091.27	3	837,02	6,23	27,46
M22.091.28	3	365,60	6,07	12,63
M22.091.29	3	1229,13	6,04	42,90
M22.091.30	3	376,81	6,17	12,60

Fuente: Elaboración propia

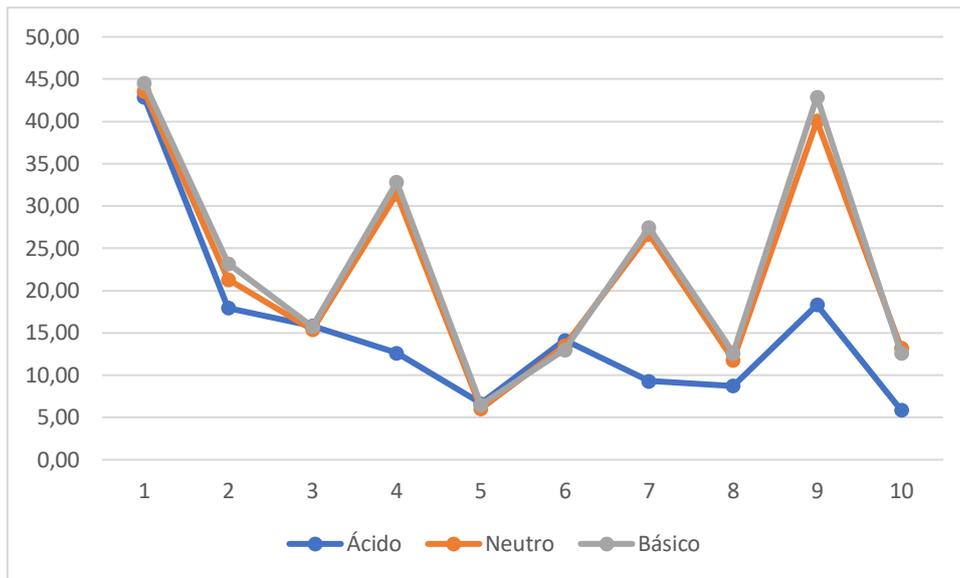


Gráfico 1: Distribución de la resistencia comprensiva por grupo

Los resultados se presentaron muy heterogéneos en cada uno de los grupos y a partir de ellos se configuró una base de datos en el programa SPSS v 27 en español con el fin de facilitar el análisis estadístico. En primera instancia se procedió a determinar los estadísticos descriptivos, como se indica en la tabla 6.

Tabla 6: Resultados estadísticos

Grupo	Ácido	Neutro	Básico
Media	15,23	22,30	23,15
Límite inferior 95%	7,58	13,21	13,55
Límite superior 95%	22,88	31,39	32,74
Mediana	13,38	18,36	19,48
Desv. Desviación	10,69	12,71	13,41
Mínimo	5,85	6,04	6,50
Máximo	42,87	43,55	44,56

Fuente Elaboración propia

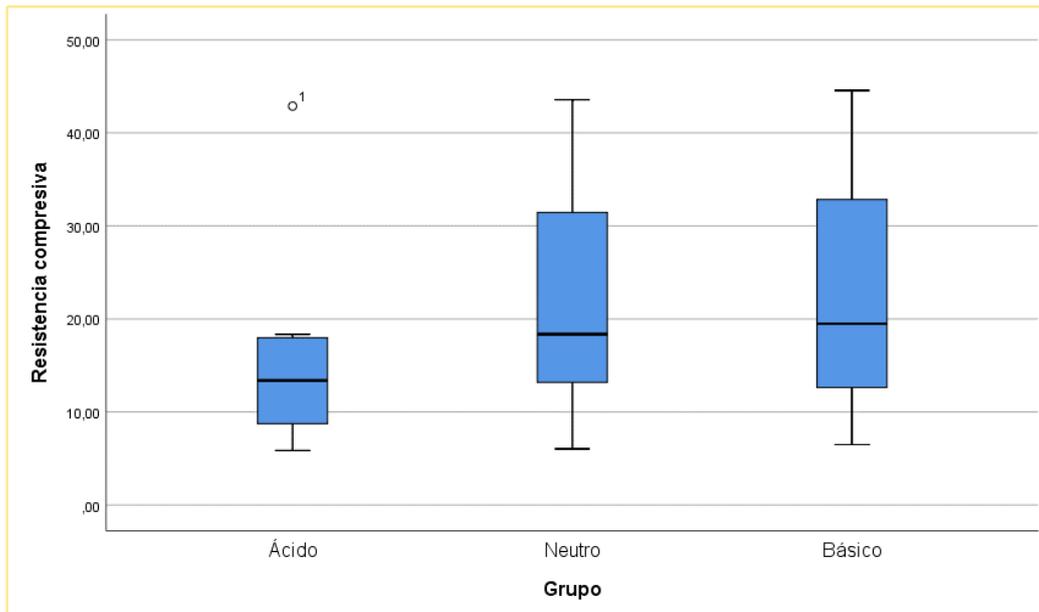


Gráfico 2: Diagrama de caja y bigotes para la resistencia compresiva por grupo (Mpa)

Se confirmó la alta variabilidad de los datos en cada uno de los grupos, incluso en el grupo 1 se presentó un dato fuera de rango, no obstante, los valores de la mediana de cada grupo resultan bastante similares.

Debido a la alta dispersión de datos y la asimetría de su distribución, se procedió a desarrollar el test de normalidad, obteniéndose los resultados que se sintetizan en la tabla 3 al aplicar el test de Shapiro- Wilks.

Tabla 7: Resultados del test de normalidad

<b>GRUPO</b>	<b>ESTADÍSTICO</b>	<b>GL</b>	<b>SIGNIFICANCIA (P)</b>
Ácido	0,758	10	0,02
Neutro	0,921	10	0,36
Básico	0,902	10	0,23

Fuente: Elaboración propia

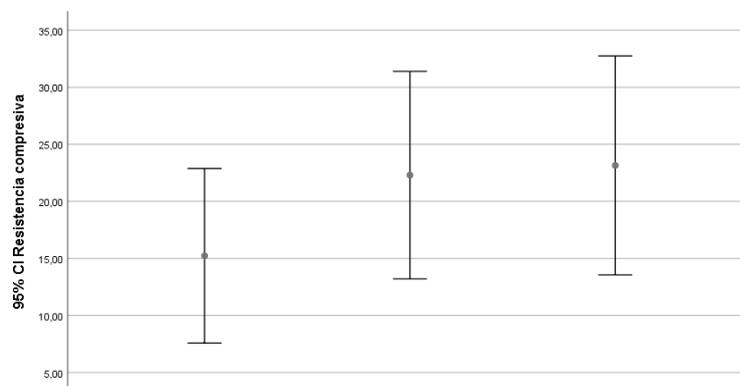


Gráfico 3: Dispersión de la resistencia compresiva por grupo

El grupo 1 (medio ácido) no cumplió el criterio de normalidad ( $p < 0,05$ ), en tanto que el grupo 2 (medio neutro) y grupo 3 (medio básico) si cumplieron el criterio de normalidad ( $p > 0,05$ ), por lo que se optó por realizar un análisis no paramétrico con las pruebas de Kruskal Wallis para la comparación de los valores de resistencia compresiva de los tres grupos.

Tabla 8: Resistencia a la compresión, media (DS)

GRUPO	RESISTENCIA COMPRESIVA
Ácido	15,23 (10,69)
Neutro	22,30 (12,71)
Básico	23,15 (13,41)
Total	20,22 (12,43)
Significancia (p)	0,30

Fuente: Elaboración propia

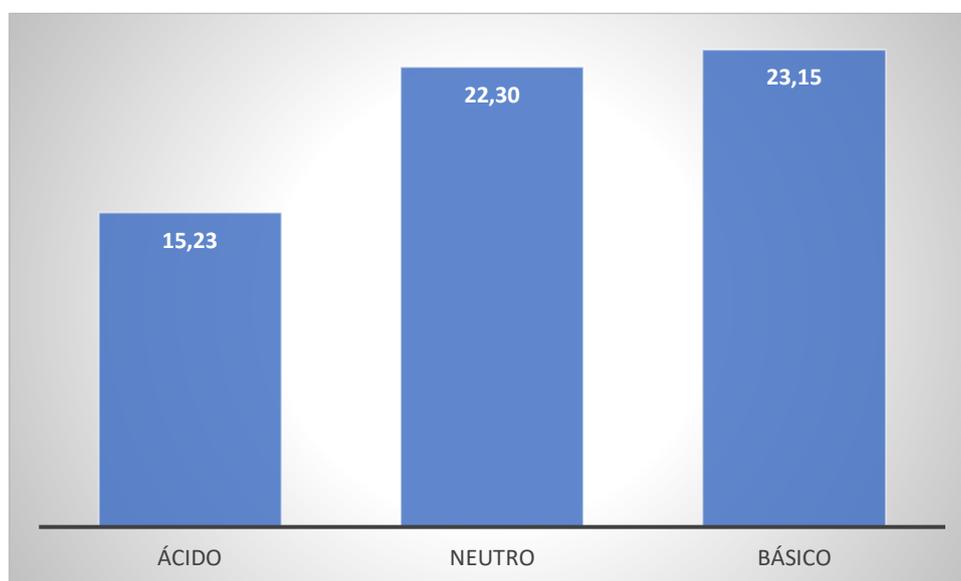


Gráfico 4: Resistencia media a la compresión por grupo

La resistencia compresiva para el grupo 1 (medio ácido) fue de  $15,23 \pm 10,69$  MPa, para el grupo 2 (medio neutro) fue de  $22,30 \pm 12,71$  MPa y para el grupo 3 (medio básico) fue ligeramente superior a la del grupo neutro con una media de  $23,15 \pm 12,43$  MPa. La prueba de Kruskal Wallis estimó una significancia  $p = 0,3$  que permitió inferir que no existieron diferencias significativas en la resistencia mediana a la compresión en las probetas de los tres grupos. No obstante que existen diferencias numéricas en el promedio, que determinan que en medio ácido la resistencia compresiva es mucho menor.

## 8. DISCUSIÓN

Con el inicio del nuevo siglo se han incrementado las investigaciones sobre nuevas tecnologías y materiales empleados en Odontología, con la finalidad expresa de mejorar las propiedades tanto estética como biomecánicas de dichos materiales. Particularmente, para evaluar las propiedades biomecánicas son comunes las pruebas mecánicas, que permiten estudiar cómo reaccionan los materiales frente a distintas fuerzas, en este caso se realizó una prueba compresiva.(26) (32)

Ahora bien, el objeto de estudio se centra en el ionómero de vidrio que si bien fueron introducidos hace más de 50 años en el campo de la Odontología, aún siguen siendo estudiados para encausar los distintos factores que podrían alterar sus propiedades en pos de alcanzar el material ideal. Los ionómeros se componen esencialmente de polvo de vidrio, poliácidos y agua. El polvillo de vidrio es capaz de liberar gran cantidad de iones calcio, aluminio y fluoruro, en tanto que los poliácidos (ácido poliacrílico, ácido tartárico, maléico o fosfórico) se presentan en solución acuosa, pero también puede utilizarse. Obviamente, el otro componente es el agua, que tiene la función de proporcionar el medio en el cual se realizarán los intercambios iónicos. (13) (14)

El cemento es logrado gracias a una reacción ácido-base inmediata. Puesto que numerosos estudios han dado cuenta de que los ionómeros de vidrio convencionales experimentan solubilidad y desintegración en el medio bucal, (33,34) se han ido incorporando resina, para obtener ionómeros de vidrio de fotocurado, con el propósito de mejorar las propiedades mecánicas y estéticas, no obstante la valoración exacta de la mejora o no de dichas propiedades es por demás compleja, puesto que existen diversos factores que podrían incidir en ellas; como la composición porcentual de los materiales de las distintas marcas comerciales, el proceso de fabricación, del tamaño de las partículas de polvo, el tipo de ionómero, el peso molecular de la solución, la relación ionómero- resina o el Ph del medio en que se desarrollará la reacción.(35) (33)

Pese a la importancia de revisar la influencia de estos factores, no hay evidencia suficiente de estudios que comparen el comportamiento biomecánico, y particularmente de la resistencia compresiva en la estratificación de un ionómero de vidrio de restauración expuesto a saliva artificial con diferente pH, por lo que la comparación su resistencia compresiva podría proveer información que aporte al especialista en la toma de decisiones.

Estudios como los de Deepika et al.(36) concuerdan que la respuesta del ionómero de vidrio frente a los esfuerzos compresivos se ve afectada por su inmersión en saliva, quedando en evidencia su hidrosolubilidad y la alteración que sufren sus propiedades mecánicas al ser expuesto a un medio acuoso de distinto pH.

Se han comprobado la presencia de cambios en la Resistencia compresiva de los ionómeros de vidrio frente a la exposición en saliva, concluyendo que el agua juega un rol importante en la reacción ácido-base ocurrida al mezclar el polvo de vidrio con el ácido poliacrílico incluido en el líquido. Gracias a estos estudios se sabe que las primeras etapas del fraguado, el agua proveniente de la parte líquida se incorpora totalmente en la estructura del cemento, pero al avanzar el fraguado se precisa proteger al ionómero de ésta, con el fin de evitar procesos de disolución. Además, cuando el cemento alcanzó su estado sólido, la pérdida de agua puede deshidratarlo, deshidratación que es más probable cuando el medio es ácido, el material empieza a desintegrarse como tiza con la consecuente disminución de sus propiedades bio mecánicas.(2) (37)

En la presente investigación se determine que la Resistencia compresiva fue menor al exponerse a saliva en medio ácido, pues fue de solamente de  $15,23 \pm 10,69$  Mpa, mejoró para medio neutro con una media de  $22,30 \pm 12,71$  Mpa y fue mucho mejor para un medio básico  $23,15 \pm 13,41$ , determinando que el pH si influyó en la Resistencia compresiva, aun cuando dichas diferencias no fueron significativas

Es menester determinar que los valores de compresión reportados concuerdan en intervalo con los propuestos en el estudio de Sibambe (38) que reportó una media global de 33MPa, obviamente en este estudio no se realizó exposición a saliva artificial, por lo que los valores son superiores a los reportados en este estudio.

## 9. CONCLUSIONES

- Se establece que la resistencia compresiva del ionómero de vidrio de restauración varía de acuerdo con la solución que estuvo sometida durante 21 días dando como resulta que el grupo que se expuso a saliva en medio ácido fue de  $15,23 \pm 10,69$  Mpa, para medio neutro fue en promedio de  $22,30 \pm 12,71$  Mpa y para un medio básico se estimó en  $23,15 \pm 13,41$ .
- Se define que existen elementos que pueden alterar el Ph salival los cuales actúan directamente en la composición de la saliva haciendo que esta sea más acida o básica; ayudando a favorecer la descomposición o desgaste prematuro del ionómero de vidrio el cual es utilizado para la restauración de piezas dentales en la cavidad oral del paciente.
- Al evaluarse el grado de resistencia se determinó que, a menor pH, menor resistencia compresiva del ionómero de vidrio, es decir habría una correlación directa, sin embargo, las variaciones estimadas en este proyecto no fueron de tipo significativas. Por lo tanto, y teniendo en cuenta las limitantes propias de un estudio in vitro, así como del tamaño de la muestra se puede concluir que la exposición a la saliva afecta la resistencia compresiva del ionómero de vidrio, además que el pH demostró incidir también en la propiedad biomecánica, siendo el medio básico el mejor medio para mantener la resistencia compresiva

## **10. RECOMENDACIONES**

- En los estudios In vitro existen diferentes ambientes de simulación en las que se puede poner a prueba al Ionomero de vidrio para determinar en qué ambientes este presenta mayor resistencia; por lo que se recomienda para investigaciones a futuro pruebas de resistencia con diferentes ambientes y diferentes marcas ionómeros de vidrio.
- Durante el procedimiento de la prueba de resistencia a la compresión se recomienda usar las dosificaciones y especificaciones detalladas por cada fabricante para así poder tener muestras homogéneas y que esto no afecte su estructura y resistencia.
- Los valores de resistencia de los materiales dentales dados por los fabricantes son en la mayoría en condiciones ideales de laboratorio, por lo que se debe considerar que dichos valores pueden variar durante la aplicación clínica ya que esta estructura está expuesta a factores los cuales afectan a su estructura y por ende esto disminuirá su resistencia a la compresión

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Bosch Robaina R, Rubio Alonso M, García Hoyos F. Conocimientos sobre salud bucodental y evaluación de higiene oral antes y después de una intervención educativa en niños de 9-10 años. *Av En Odontoestomatol.* febrero de 2012;28(1):17-23.
2. Gonzalez H, Moraga C, Velasquez C, Gutierrez F. Resistencia compresiva vidrio ionómero Ionofil Molar® y Vitremer® según tiempo de exposición en saliva artificial. *09/04/2013.* 6(2):3.
3. Organización Mundial de la Salud. Salud bucodental [Internet]. 2022. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/oral-health>
4. Arribas AJ, Nagano AY. Assessment of improved glass ionomer microleakage (Ketac Molar Easymix®) with or without use of a conditioner. *Rev Odontológica Mex.* julio de 2015;19(3):e166-9.
5. Contreras Rengifo A. La promoción de la salud general y la salud oral: una estrategia conjunta. *Rev Clínica Periodoncia Implantol Rehabil Oral.* agosto de 2016;9(2):193-202.
6. Sampaio FC, Bönecker M, Paiva SM, Martignon S, Ricomini Filho AP, Pozos-Guillen A, et al. Dental caries prevalence, prospects, and challenges for Latin America and Caribbean countries: a summary and final recommendations from a Regional Consensus. *Braz Oral Res.* 2021;35(suppl 1):e056.
7. Parise-Vasco JM, Zambrano-Achig P, Viteri-García A, Armas-Vega A. Estado de la salud bucal en el Ecuador. *Odontol Sanmarquina.* 8 de julio de 2020;23(3):327-31.
8. Tascón J. Restauración atraumática para el control de la caries dental: historia, características y aportes de la técnica. *Rev Panam Salud Pública.* febrero de 2005;17(2):110-5.
9. Caso Guerra RM, Campos Campos KJ. Propiedades y aplicación clínica de los ionómeros de vidrio de alta densidad disponibles en Lima-Perú. *Odontol Sanmarquina.* 5 de octubre de 2021;24(4):351-6.
10. Moya MP, Marquardt K, Olate S. Caracterización de la Función Masticatoria en Estudiantes Universitarios. *Int J Odontostomatol.* diciembre de 2017;11(4):495-9.
11. Zavala-Alonso V, Jerónimo-Prieto R, Ramírez-González J, Romo G, Goldaracena-Azuara M, Ochoa-Monreal C. Propiedades de los Cementos de Ionómero de Vidrio. 2021;

12. abdallah shaimaa, kandil M, El Rafie D. "Release characterization and biological effect of Glass Ionomer Functionalized with Two Different Chlorohexidine Derivatives": «An in Vitro Study». *Egypt Dent J.* 1 de abril de 2021;67(2):1371-83.
13. De la Paz T, García C, Maydelyn U. Ionómero de vidrio: el cemento dental de este siglo. 2016;41. Disponible en: [https://revzoilomarinello.sld.cu/index.php/zmv/article/view/724/pdf\\_304](https://revzoilomarinello.sld.cu/index.php/zmv/article/view/724/pdf_304)
14. Watson TF, Atmeh AR, Sajini S, Cook RJ, Festy F. Present and future of glass-ionomers and calcium-silicate cements as bioactive materials in dentistry: Biophotonics-based interfacial analyses in health and disease. *Dent Mater.* enero de 2014;30(1):50-61.
15. Khoroushi M, Keshani F. A review of glass-ionomers: From conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. *Dent Res J.* 2013;10(4).
16. Guagua D. ESTUDIO COMPARATIVO IN VITRO DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA DE DOS IONÓMEROS DE VIDRIO MODIFICADOS CON RESINA PARA RESTAURACIÓN EN CILINDROS FOTOPOLIMERIZADOS CONSIDERANDO EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN A SALIVA ARTIFICIAL. [Internet]. [Quito]: Universidad Central del Ecuador; 2014. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3765/1/T-UCE-0015-125.pdf>
17. Grau M. ESTUDIO IN VIVO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS RESTAURACIONES DE IONÓMERO DE VIDRIO EN PACIENTES DISCAPACITADOS. NUEVOS IONÓMEROS DE VIDRIO FRENTE A LAS RESTAURACIONES DE RESINA COMPUESTA Y AMALGAMA DE PLATA [Internet] [Tesis]. [España]: Universidad de Valencia; 2020. Disponible en: <https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/78005/PDF%20%20MARIA%20GRAU.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
18. Sidhu S, Nicholson J. A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. *J Funct Biomater.* 28 de junio de 2016;7(3):16.
19. Roberts H, Berzins D, Nicholson J. Long-Term Water Balance Evaluation in Glass Ionomer Restorative Materials. *Materials.* 21 de enero de 2022;15(3):807.
20. Delgado Muñoz CR, Ramírez Ortega JP, Yamamoto Nagano A. Liberación de fluoruro de dos cementos de ionómero de vidrio: estudio in vitro. *Rev Odontológica Mex.* abril de 2014;18(2):84-8.

21. Bohner, Prates. Resistencia a la compresión de un cemento de ionómero de vidrio bajo la influencia de la protección del barniz y diversos productos alimenticios. *ODOVTOS-Rev Int Cienc Dent.* 2019;20(3):61-9.
22. Rizzante FAP, Cunalidos RS, Bombonatti JFS, Correr GM, Gonzagados CC, Furuse AY. Indicaciones y técnicas de restauración del cemento de ionómero de vidrio. 2014;
23. Almuhaiza M. Cementos de ionómero de vidrio en odontología restauradora: una evaluación crítica. *J Contemp Dent Pract.* 2016;
24. 3M S applied to life. Ketac™ Universal Glass Ionomer Restorative [Internet]. 3M Oral Care; 2016. Disponible en: <https://multimedia.3m.com/mws/media/1090406O/3m-ketac-universal-handmix-technical-product-profile-ltr-global.pdf>
25. Carbone Z, Haydee CN, Mercedes M, Elena S. LA SALIVA: UNA MIRADA HACIA EL DIAGNÓSTICO. 2016;
26. Hernández Castañeda AA, Aranzazu Moya GC. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LA SALIVA: UNA REVISIÓN. *UstaSalud.* 1 de julio de 2012;11(2):102.
27. Maddu N. Functions of Saliva. En: Gokul S, editor. *Saliva and Salivary Diagnostics* [Internet]. IntechOpen; 2019 [citado 8 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/saliva-and-salivary-diagnostics/functions-of-saliva>
28. Triana BEG, Soto OD, Lavandero AM, Bernabeu AS. Principales proteínas salivales: estructura, función y mecanismos de acción. 2012;
29. Barrios E, Vila V, Martinez S, Encina A. Ph Salival como factor asociado a lacaries dental. *Rev Fac Odontol.* 2017;10(1):7.
30. Morales Bozo I, Ortega Pinto A, Rojas Alcayaga G, Aitken Saavedra JP, Salinas Flores JO, Lefimil Puente C, et al. Reporte preliminar sobre el efecto de un sustituto salival a base de manzanilla (*Matricaria chamomilla*) y linaza (*Linum usitatissimum*) en el alivio de la xerostomía en adultos mayores. *Rev Clínica Periodoncia Implantol Rehabil Oral.* agosto de 2015;8(2):144-9.
31. Wang M, Wang C. Bulk Properties of Biomaterials and Testing Techniques. En: *Encyclopedia of Biomedical Engineering* [Internet]. Elsevier; 2019 [citado 5 de enero de 2023]. p. 53-64. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128012383998611>

32. Menezes-Silva R, Cabral RN, Pascotto RC, Borges AFS, Martins CC, Navarro MF de L, et al. Mechanical and optical properties of conventional restorative glass-ionomer cements - a systematic review. *J Appl Oral Sci.* 2019;27:e2018357.
33. Nica I, Stoleriu S, Iovan A, Tărăboanță I, Pancu G, Tofan N, et al. Conventional and Resin-Modified Glass Ionomer Cement Surface Characteristics after Acidic Challenges. *Biomedicines.* 21 de julio de 2022;10(7):1755.
34. Cosio H, Garcia G, Lazo L. Sorción de humedad y resistencia a la disolución ácida de dos ionómeros de vidrio de restauración: estudio in vitro. *Odontol Vital.* 2020;2(33):49-56.
35. Khoroushi M. A discussion on how to apply resin-modified glass ionomers. *Contemp Clin Dent.* 2016;7(3):291.
36. Deepika K, Hegde M, Hegde P, Bhandary S. An evaluation of compressive strength of newer nanocomposite: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2011;14(1):36.
37. Leon G. Resistencia a la compresión de ketac molar, ionofil molar y vitremer según tiempo de exposición en saliva artificial, Huánuco 2021 [Internet] [Tesis]. [Huanaco]; 2022. Disponible en: <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/3567>
38. Sibambe M. Resistencia del ionómero de vidrio de restauración de autocurado odontológico a fuerzas de compresión. Universidad Nacional De Chimborazo, 2018 [Estudio In vitro]. [Riobamba]: Universidad Nacional de Chimborazo; 2019.

## 12. ANEXOS

### Resultados de la Prueba de Laboratorio



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
MECÁNICA



LABORATORIO DE ANÁLISIS  
DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES

F01-PE-LAEV-01 Rev.01

## INFORME TÉCNICO

LAEV – M22.091 Rev.01

Quito, 13 de octubre de 2022

**Solicitado por:** UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
**Persona de contacto:** Bryan Rodríguez  
**Teléfono:** 0998052609  
**Correo:** bprodriguez.fso@unach.edu.ec  
**Fecha de recepción:** 11/10/2022  
**Fecha de ejecución:** 11/10/2022

**ORDEN DE TRABAJO Nº:** DM-OT0102-2022

**1. MUESTRAS:** Treinta (30) muestras de materiales dentales para ensayo de carga a compresión.

### 2. GENERALIDADES E IDENTIFICACIÓN:

La siguiente descripción fue proporcionada por el cliente:

**Proyecto de investigación:** RESISTENCIA COMPRESIVA EN LA ESTRATIFICACIÓN DE UN IONÓMERO DE VIDRIO DE RESTAURACIÓN EXPUESTO A SALIVA ARTIFICIAL DE DIFERENTES PH.

En la tabla 1 se aprecia la identificación del laboratorio asociada a cada grupo de muestras.

Tabla 1. Identificación de las muestras

Identificación LAEV	Grupo (información proporcionada por el cliente)
M22.091.01- M22.091.10	Grupo 1 (PH ÁCIDO)
M22.091.11- M22.091.20	Grupo 2 (PH NEUTRO)
M22.091.21 – M22.091.30	Grupo 3 (PH BÁSICO)

### 3. CONDICIONES AMBIENTALES:

Temperatura:  $21,6 \pm 1,3$  °C

Humedad relativa:  $42,1 \pm 1,9$  %

#### 4. ENSAYO DE CARGA

En las tablas 2, 3 y 4 se presentan los resultados obtenidos en el ensayo de carga para las muestras de los grupos 1, 2 y 3, respectivamente.

Tabla 2. Resultados del ensayo de carga del grupo 1

Id LAEV.	Carga máxima registrada	
	N	lbf
M22.091.01	903,43	203,10
M22.091.02	417,51	93,86
M22.091.03	437,08	98,26
M22.091.04	268,49	60,36
M22.091.05	134,07	30,14
M22.091.06	254,53	57,22
M22.091.07	161,20	36,24
M22.091.08	145,41	32,69
M22.091.09	304,75	68,51
M22.091.10	103,69	23,31

Tabla 3. Resultados del ensayo de carga del grupo 2

Id LAEV.	Carga máxima registrada	
	N	lbf
M22.091.11	1 281,04	287,99
M22.091.12	658,47	148,03
M22.091.13	437,93	98,45
M22.091.14	912,82	205,21
M22.091.15	178,28	40,08
M22.091.16	375,21	84,35
M22.091.17	837,02	188,17
M22.091.18	365,60	82,19
M22.091.19	1 229,13	276,32
M22.091.20	376,81	84,71

Tabla 4. Resultados del ensayo de carga del grupo 3

Id LAEV.	Carga máxima registrada	
	N	lbf
M22.091.21	767,31	172,50
M22.091.22	101,29	22,77
M22.091.23	1,249,01	280,79
M22.091.24	356,61	80,17
M22.091.25	1,818,25	408,76
M22.091.26	1,252,52	281,58
M22.091.27	701,57	157,72
M22.091.28	260,31	58,52
M22.091.29	382,81	86,06
M22.091.30	587,43	132,06

En el anexo se presentan las fotografías de los ensayos realizados.

**Nota,-** Los resultados contenidos en el presente informe corresponden únicamente a las muestras ensayadas por el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones (LAEV).

	REVISADO POR:	APROBADO POR:
<b>Firma:</b>	 <p>Firmado digitalmente por: JONATHAN FERNANDO CASTRO REVELO</p>	<p>WILSON IVAN GUACHAMIN ACERO</p> <p>Firmado digitalmente por WILSON IVAN GUACHAMIN ACERO Fecha: 2022.10.13 15:52:01 -05'00'</p>
<b>Nombre:</b>	Ing, Jonathan Castro, M,Sc,	Ph,D, Wilson Guachamín
<b>Cargo:</b>	ESPECIALISTA DE LABRATORIO	JEFE
<b>LABORATORIO DE ANALISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES</b>		

ANEXO



Fotografía 1. Montaje de la muestra para ensayo de carga.