



**UNIVERSIDAD PRIVADA NORBERT WIENER**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**Escuela Académico Profesional de Odontología**

**“ESTUDIO IN VITRO DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA EN LA  
MICRODUREZA SUPERFICIAL DE CUATRO CEMENTOS A BASE DE  
SILICATO DE CALCIO: CEMENTO PORTLAND BLANCO, CEMENTO  
PORTLAND GRIS, MINERAL TRIÓXIDO AGREGADO (MTA Angelus®) Y  
BIODENTINE™, LIMA- 2020”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE CIRUJANO DENTISTA**

Presentado por:

**AUTORA:** NAVARRO HUAMANI, BAYOLETH CELIA.

**ASESOR:** Dr., GUILLEN GALARZA, CARLOS ENRIQUE.

CODIGO ORCID: 0000-0001-5513-6085

**LIMA – PERÚ**

**2020**



## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi señora madre Celia y a mi señor padre Vidal, por su apoyo incondicional, gracias a ellos he logrado concluir mi carrera profesional.

A mis hermanos por su motivación y consejos para ser día a día una mejor persona.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad por ser parte de la formación de mi carrera profesional.

Al Dr. Guillén Galarza, Carlos Enrique por su apoyo y dedicación en la elaboración de mi tesis.

A todos los doctores que contribuyeron en la realización de la presente investigación.

**ASESOR DE TESIS:**

DR. GUILLÉN GALARZA, CARLOS ENRIQUE

## **JURADOS**

### **Presidente:**

Mg.CD Esp. Llerena Meza de Pastor, Verónica.

### **Secretario:**

Mg.CD Esp. Garavito Chang, Enna Lucila.

### **Vocal:**

Mg.CD. Azcanea Olazo, Jimmy Antonio.

## INDICE

### Contenido

CAPITULO I. EL PROBLEMA .....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Formulación del problema .....	3
1.2.1 Problema general .....	3
1.2.2 Problema específicos.....	3
1.3. Objetivos de la investigación .....	4
1.3.1 Objetivo General .....	4
1.3.2 Objetivo específicos.....	4
1.4 Justificación de la investigación .....	4
1.4.1 Científico.....	4
1.4.2 Teórica .....	4
1.4.3 Metodológica .....	5
1.4.4 Social y clínico .....	5
1.5 Delimitaciones de la investigación.....	6
1.5.1 Temporales .....	6
1.5.2 Espaciales .....	6
1.5.3 Recursos .....	6
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO .....	7
2.1. Antecedentes de la investigación .....	8
2.2. Bases teóricas.....	13
2.3. Formulación de la Hipótesis.....	18
CAPITULO III. METODOLOGÍA .....	19
3.1. Método de Investigación .....	20
1.3. Enfoque de investigación .....	20
1.4. Tipo de investigación .....	20
1.5. Diseño de la investigación.....	20
3.5. Población, muestra y muestreo.....	21
3.6 Variable y operacionalización.....	22

3.6.1. Definición operacional de términos.....	23
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	24
3.7.1 Técnica.....	24
3.7.2 Descripción.....	24
3.8. Procesamiento y análisis de datos.....	27
3.9. Aspectos éticos.....	27
CAPITULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	28
4.4 Resultados .....	29
4.4.1 Análisis descriptivos de los resultados.....	29
4.4.2. Prueba de hipótesis.....	36
4.4.3. Discusión de los resultados .....	36
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	39
5.1. Conclusiones.....	40
5.2. Recomendaciones .....	40
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	42
ANEXOS .....	47



## INDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla N° 1.	Estadísticas descriptivas de la resistencia compresiva a la microdureza superficial de los cementos de silicato de calcio a las 24 h.	29
Gráfico N° 1.	Estadísticas descriptivas de la resistencia compresiva a la microdureza superficial de los cementos de silicato de calcio a las 24 h.	30
Tabla N° 2.	Estadísticas descriptivas de la resistencia compresiva a la microdureza superficial de los cementos de silicato de calcio a las 48 h.	31
Gráfico N° 2.	Estadísticas descriptivas de la resistencia compresiva a la microdureza superficial de los cementos de silicato de calcio a las 48 h.	32
Tabla N° 3.	Comparación in vitro de la diferencia de la resistencia compresiva a la microdureza superficial de los cementos de silicato de calcio a las 48 h.	33
Gráfico N° 3.	Comparación in vitro de la diferencia de la resistencia compresiva a la microdureza superficial de los cementos de silicato de calcio a las 48 h.	35

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar la resistencia a la compresión de la microdureza superficial de cuatro cementos a base de silicato de calcio; cemento Portland blanco, cemento Portland gris, Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®) y Biodentine™. Se realizó una investigación experimental in vitro, descriptivo, transversal y prospectivo de tipo comparativo, la muestra estuvo compuesta por 80 cilindros de cemento a base de silicato de calcio, dividiéndose 20 cilindros por cada grupo, posteriormente cada grupo se dividió en 2 subgrupo, en los cuales serán medidos el primer subgrupo en 24 h y el segundo subgrupo en 48 h. Para la medición de microdureza se utilizó un microdurómetro de Vickers, aplicando tres indentaciones de 10gr, 25gr, 50gr en cada muestra y se recolecto la información en una ficha, en la cual registró la medida de fractura de cada una de las muestras. El registro de base de datos y análisis estadístico se realizó a través del paquete estadístico SPSS versión 22.0. Los resultados de la resistencia compresiva de la microdureza superficial a las 24 horas, demostraron que el cemento Biodentine™ obtuvo un valor de 33.33 kg/mm<sup>2</sup>, seguido del cemento Portland blanco y el cemento Portland gris con valores de 6.18 y 6.81 kg/mm<sup>2</sup> y el Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®) obtuvo un valor de 5.07 kg/mm<sup>2</sup>. Se evaluó la resistencia compresiva de la microdureza superficial a las 48 horas, donde el cemento Biodentine™ obtuvo un valor de 38.42 kg/mm<sup>2</sup>, seguido del cemento Portland blanco y el cemento Portland gris con valores de 7.95 y 8.41 kg/mm<sup>2</sup> y el Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®) obtuvo un valor de 7.44 kg/mm<sup>2</sup>, estas diferencias de los grupos fueron estadísticamente significativas (p>0.05). Se concluyó que el cemento Biodentine™ presento mayor resistencia compresiva de la microdureza superficial en comparación al Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®), cemento Portland blanco y cemento Portland gris a las 24 y 48 horas.

**Palabras claves:** Microdureza superficial, cementos de silicato de calcio, Biodentine™, MTA y cemento Portland.

## SUMMARY

The objective of this study was to determine the resistance to compression of the surface microhardness of four cements based on calcium silicate; White Portland Cement, Gray Portland Cement, Mineral Trioxide Added (MTA Angelus®) and Biodentine™. An experimental in vitro, descriptive, cross-sectional and prospective investigation of a comparative type was carried out, the sample consisted of 80 cylinders of cement based on calcium silicate, dividing 20 cylinders for each group, later each group was divided into 2 subgroups, in which will be measured the first subgroup in 24 h and the second subgroup in 48 h. For the microhardness measurement, a Vickers microhardness meter was used, applying three indentations of 10gr, 25gr, 50gr in each sample and the information was collected in a card, in which the fracture measurement of each of the samples was recorded. The database registration and statistical analysis were performed using the SPSS version 22.0 statistical package. The results of the compressive resistance of the surface microhardness at 24 hours, showed that Biodentine™ cement obtained a value of 33.33 kg / mm<sup>2</sup>, followed by white Portland cement and gray Portland cement with values of 6.18 and 6.81 kg / mm<sup>2</sup> and the Mineral trioxide added (MTA Angelus®) obtained a value of 5.07 kg / mm<sup>2</sup>. The compressive strength of surface microhardness was evaluated at 48 hours, where Biodentine™ cement obtained a value of 38.42 kg / mm<sup>2</sup>, followed by white Portland cement and the gray Portland cement with values of 7.95 and 8.41kg / mm<sup>2</sup> and the added Mineral trioxide (MTA Angelus®) obtained a value of 7.44 kg / mm<sup>2</sup>, these group differences were statistically significant (p> 0.05). It was concluded that the Biodentine™ cement presented higher compressive strength of surface microhardness compared to added Mineral trioxide (MTA Angelus®), white Portland cement and gray Portland cement at 24 and 48 hours.

Keywords: Surface microhardness, calcium silicate cements, Biodentine™, MTA and Portland cement.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día los materiales dentales son la base fundamental de la Odontología reparativa, sobre todo en los tratamientos endodónticos que son utilizados para la prevención y la regeneración del órgano dental afectada, aplicando diversos materiales de reparación con la finalidad recuperar la funcionalidad, anatomía y vitalidad de la pieza dentaria, actualmente existe una gran variedad de materiales utilizados en los tratamientos endodónticos, sin embargo, algunos estudios indican que estos materiales de uso endodóntico tienen algunas deficiencias en su propiedad mecánica, es por ello según el contexto mencionado, se consideró oportuno realizar esta investigación proponiendo nuevos cementos a base de silicato de calcio como el cemento Portland, evaluando su resistencia compresiva de la microdureza superficial y comparando con el Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®) y Biodentine<sup>tm</sup>...

El presente estudio de investigación está estructurada en 5 capítulos, en el primero se planteó la formulación de problema, los objetivos y la justificación de la investigación, así como las limitaciones de esta. En el segundo capítulo se desarrolló los antecedentes, bases teóricas y la formulación de hipótesis. En el capítulo tres, se desarrolló la metodología, el enfoque, tipo y diseño de la investigación, población, muestra, variables y operacionalización, técnicas e instrumentos de recolección de los datos, procedimientos de la investigación, análisis de datos y los aspectos éticos. En el cuarto capítulo se desarrolló la presentación y discusión de los resultados, se realizó un informe sobre el procesamiento de los datos, se presentó la prueba de hipótesis y la discusión de resultados. En el quinto y último capítulo se desarrolló las conclusiones y recomendaciones del trabajo de la investigación.

## **CAPITULO I. EL PROBLEMA**

## 1.1. Planteamiento del problema

La evolución de los materiales dentales está en un gran proceso de desarrollo por encontrar un cemento dental especialmente en el área de endodoncia que presente una combinación ideal de buenas propiedades mecánicas, fisicoquímicas y biológicas sobre los tratamientos odontológicos.<sup>1-2</sup>

Un material de reparación endodóntico ideal debe tener como característica, adherirse a la estructura dental, conservar un buen sellado, ser insoluble en el tejido fluido, ser dimensionalmente estable, no reabsorbibles, radiopacos, biocompatible y bioactivo. Numerosos materiales se han utilizado históricamente para bases cavitarias, rellenos retrógrados y reparación de perforaciones como la amalgama, cementos de óxido de zinc-eugenol, resinas compuestas y cementos de ionómero de vidrio, sin embargo, ninguno de estos materiales dentales ha podido completar los requisitos totales de un material ideal.<sup>3-4</sup>

Los biomateriales a base de cementos de silicato de calcio son aplicados en numerosas terapias endodónticas, como en recubrimiento pulpar, pulpotomía, sellado de perforaciones radiculares, reabsorción interna y externa, apexificación y relleno del extremo radicular en cirugía endodóntica. El Mineral trióxido agregado es un biomaterial utilizado actualmente en aplicaciones endodónticas desde principios 1990, se ha demostrado que el MTA presenta buenas propiedades químicas y biológicas y su comportamiento ha sido ampliamente investigado en diversos estudios de laboratorio y aplicaciones clínicas, sin embargo, una de sus limitaciones de este cemento es su elevado costo, lo cual el producto no ha podido ser utilizado en todos los niveles de atención de salud.<sup>5-6</sup>

Diferentes estudios han asemejado los componentes del cemento Portland, que es un material utilizado en ingeniería civil con el cemento Mineral trióxido agregado, encontrando una similitud en la composición química y física. Ambos materiales están compuestos de silicato de calcio, fosfato, óxido de calcio y sílice, sin embargo, el cemento Mineral trióxido agregado, contiene óxido de bismuto, un elemento que proporciona radiopacidad, otro de los cementos que se asemeja en su composición es el Biodentine™ ya que cuenta con una base de silicato de calcio y un polvo radiopaco de óxido de circonio; siendo probablemente estos biomateriales endodónticos de elección en la mayoría de las situaciones clínicas.<sup>7-8</sup>

Diversos autores están tratando de encontrar cementos a base de silicato de calcio con posibles sustitutos que cuenten con buenas propiedades mecánicas, siendo con mayor énfasis debido al proceso de innovación y desarrollo de productos dentales con posibles materiales nacionales que cuenten con una matriz de silicato de calcio con altas bondades.<sup>9</sup>

Teniendo como objetivo del presente estudio es encontrar un sustituto con buenas propiedades a la resistencia a la compresión de la microdureza superficial experimental del cemento Portland blanco y cemento Portland gris en comparación al Mineral trióxido agregado (MTA-Angelus®) y Biodentine™.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cuál será la resistencia a la compresión de la microdureza superficial de cuatro cementos a base de silicato de calcio, cemento Portland blanco, cemento Portland gris, Mineral trióxido agregado (MTA-Angelus®) y Biodentine™?

### **1.2.2 Problema específicos**

- ¿Cuál será la resistencia a la compresión de la microdureza superficial del cemento experimental Portland blanco?
- ¿Cuál será la resistencia a la compresión de la microdureza superficial del cemento experimental Portland gris?
- ¿Cuál será la resistencia a la compresión de microdureza superficial del cemento Mineral trióxido agregado (MTA-Angelus®)?
- ¿Cuál será la resistencia a la compresión de microdureza superficial del cemento Biodentine™?
- ¿Cuál de los cuatro cementos a base de silicato de calcio presenta mayor resistencia a la compresión de la microdureza superficial?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Determinar la resistencia a la compresión de la microdureza superficial de cuatro cementos a base de silicato de calcio; cemento Portland blanco, cemento Portland gris, Mineral trióxido agregado (MTA-Angelus®) y Biodentine™.

#### **1.3.2 Objetivo específicos**

- Determinar la resistencia a la compresión de la microdureza superficial del cemento Portland blanco.
- Determinar la resistencia a la compresión de la microdureza superficial del cemento Portland gris.
- Determinar la resistencia a la compresión de la microdureza superficial del cemento Mineral trióxido agregado (MTA-Angelus®).
- Determinar la resistencia a la compresión de la microdureza superficial del cemento Biodentine™.
- Identificar el cemento a base de silicato de calcio que presenta mayor resistencia a la compresión de la microdureza superficial.

### **1.4 Justificación de la investigación**

#### **1.4.1 Científico**

El presente estudio es de relevancia científica debido a que ofrece contribuir en el ámbito del desarrollo, permitiendo identificar otros cementos endodónticos a base de silicato de calcio, que presente mejor resistencia a la compresión.

#### **1.4.2 Teórica**

Es de relevancia teórica debido a que se propone aportar nuevos conocimientos sobre los cementos experimentales endodónticos corroborando su propiedad de resistencia compresiva, además de



servir como antecedente para futuras investigaciones de similares características incentivando a la continuidad del estudio.

#### **1.4.3 Metodológica**

Presenta una justificación de nivel metodológico, ya que aporta técnicas e instrumentos alternativos que podrían ser utilizados en otras investigaciones con similares características.

#### **1.4.4 Social y clínico**

A nivel social y clínico, este estudio contribuirá en la evaluación del comportamiento de los cementos a base de silicato de calcio alternativos, cuyo resultado favorecerá a la comunidad odontológica permitiéndole hacer una mejor selección del material al utilizar en tratamientos endodónticos ,donde el principal beneficiado son los pacientes .

## **1.5 Delimitaciones de la investigación**

### **1.5.1 Temporales**

Las limitaciones temporales que se presentaron durante la ejecución de la investigación fue el tiempo de elaboración de todas las muestras, ya que tomo más tiempo de lo que se había planificado, sin embargo se pudo lograr concretar la elaboración con los tiempos establecidos.

### **1.5.2 Espaciales**

Fue la disponibilidad del laboratorio de la universidad Norbert Wiener para la elaboración de las muestras, optando realizar en otro laboratorio.

### **1.5.3 Recursos**

Una limitación en esta investigación fue conseguir y comprar un amalgamador para la elaboración de las muestras del cemento Biodentine™.

## **CAPITULO II. MARCO TEÓRICO**

## 2.1. Antecedentes de la investigación

### Antecedentes internacionales

**Galarça, et al. (2019) en Brasil**, realizaron una investigación con el objetivo “Determinar las propiedades fisicoquímicas y la citotoxicidad de MTA Repair HP (Angelus, Londrina, PR, Brasil) en comparación con MTA Angelus (Angelus, Londrina, PR, Brasil)”. Realizó un estudio experimental de los cementos MTA Repair HP y MTA Angelus evaluando el tamaño de partícula, tiempo de fraguado, flujo, espesor de película, radiopacidad, solubilidad en agua, resistencia a la compresión y citotoxicidad. Se encontró como resultado el tamaño medio de partícula del MTA Repair HP fue de  $11,20 \mu\text{m}$  ( $2,29-22,40 \mu\text{m}$ ), mientras que el de MTA Angelus fue de  $15,48 \mu\text{m}$  ( $5,08-30,08 \mu\text{m}$ ), el MTA Repair HP ( $13,1 \pm 1,0 \text{ min}$ ) presentó un tiempo de fraguado superior al MTA Angelus ( $8,3 \pm 0,1 \text{ min}$ ,  $p < 0,05$ ). El MTA Angelus tuvo valores de espesor de película estadísticamente diferentes, mayores que MTA Repair HP ( $p < 0,05$ ), además, MTA Angelus mostró una resistencia a la compresión más baja y estadísticamente diferente después de 28 días que MTA Repair HP ( $p < 0,05$ ). Además, MTA Repair HP fragua más lentamente ( $p < 0,05$ ). En relación con la viabilidad celular, MTA Repair HP fue estadísticamente similar a MTA Angelus después de 24 y 48 h en viabilidad celular, el cemento MTA Repair HP presentó una viabilidad celular similar, menor espesor de película, mayor flujo, tiempo de fraguado y valores de resistencia a la compresión después de 28 días que el MTA Angelus. En conclusión el MTA Repair HP presentó propiedades físico-químicas y biológicas similares al MTA Angelus.<sup>10</sup>

**Costa, et al. (2018) en Brasil**, realizaron una investigación con el objetivo “Determinar las propiedades fisicoquímicas, citotoxicidad y bioactividad de MTA Angelus (MTA), cemento a base de silicato de calcio (CSC) y CSC con óxido de iterbio al 30% (CSC /  $\text{Yb}_2\text{O}_3$ )”. Realizó estudio experimental, se evaluó tiempo de fraguado utilizando agujas Gilmore, la resistencia a la compresión se evaluó en 24h y 21 días con una temperatura de  $37^\circ$  con una máquina mecánica, la radiopacidad se evaluó mediante radiografías de los materiales, la solubilidad después de la inmersión en agua y la bioactividad se evaluó mediante un microscopio

electrónico de barrido. Los resultados presentaron que el tiempo de fraguado (min) del CSC tiene  $25.60^a (\pm 1.34)$ , CSC/Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  $25.60^a (\pm 2.60)$ , MTA  $25.00^a (\pm 2.82)$ . la solubilidad CSC fue  $1,14^b (\pm 1,11)$ , CSC/Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  $0,05^a (\pm 0,06)$ , MTA  $0,03^a (\pm 0,05)$ , la resistencia a la compresión a las 24 h del CSC fue (MPa)  $47,96^a (\pm 7,45)$ , CSC/Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  $39,46^a (\pm 5,78)$ , MTA fue  $16,13^b (\pm 3,95)$ , resistencia a la compresión a los 21 días del CSC (MPa)  $56,73^a (\pm 19,83)$ , CSC/Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  $59,64^a (\pm 14,60)$ , MTA  $32,01^b (\pm 7,76)$ , la radiopacidad (mm / Al) CSC fue  $1.60^b (\pm 0.27)$  CSC/Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  $5.02^a (\pm 0.43)$ , MTA  $5.34^a (\pm 0.50)$ . Se concluyó que el óxido de iterbio es un agente radiopacificante adecuado para el cemento a base de silicato de calcio, ya que no afectó las propiedades fisicoquímicas y biológicas además de conservar el potencial bioactivo de este material. <sup>11</sup>

**Sheykhrezae , et al. (2018) en Irán**, en su investigación tuvieron como objetivo “Determinar el efecto de la exposición de la sangre humana sobre la resistencia a la compresión de varios cementos a base de silicato de calcio”. Realizó un estudio experimental con una muestra de doscientos ochenta y ocho moldes cilíndricos personalizados, se dividieron aleatoriamente en tres grupos: ProRoot MTA, Biodentine o cemento CEM (n = 96), cada grupo se dividió en dos subgrupos según las condiciones de exposición: PBS o sangre. , se midió la resistencia a la compresión de las probetas después de 6 h, 24 h, 72h y 7 días. Los resultados de la resistencia a la compresión del cemento CEM no se pudieron medir después de 6 y 24 h, independientemente de las condiciones de exposición, ni tampoco la resistencia a la compresión de ProRoot MTA expuesto a sangre durante 6 h. La resistencia a la compresión del ProRoot MTA expuesto a sangre fue solo significativamente menor después de 6 h, pero no se observaron diferencias en otros intervalos de tiempo, la sangre expuesta afectó negativamente la resistencia a la compresión de Biodentine, la resistencia a la compresión de todos los grupos aumentó significativamente con el tiempo (P <0,005). En conclusión Biodentine presentó mayor resistencia a la compresión con exposición a PBS en comparación ProRoot y CEM. <sup>12</sup>

**Dawood AE, et al. (2015) en Australia**, realizaron un estudio con el objetivo de “Determinar las propiedades físicas y la liberación de iones de dos cementos a base de silicato de calcio (CSC) Biodentine (™) y MTA Angelus (®) modificado con fosfato de calcio y fosfato de

caseína amorfo (CPP-ACP)". Realizó un estudio experimental donde se evaluó el tiempo de fraguado, la solubilidad, la resistencia a la compresión y la microdureza superficial de Vickers de las tres CSC incorporadas con CPP-ACP al 0%, 0,5%, 1,0%, 2,0% y 3,0% (p / p). Los resultados mostraron adición de hasta 1.0% de CPP-ACP en Biodentine (™) y 0.5% en los otros cementos no afectó negativamente sus propiedades físicas, a excepción por el tiempo de fraguado. La adición de 0,5% de CPP-ACP aumentó el Ca (2+) liberado de Biodentine (™) (después de 168 y 336 h), Angelus (®) MTA (después de 168 h) y el MTA de prueba (después de 72 h). La adición de 1.0-3.0% CPP-ACP aumentó Ca (2+) y Pi liberado de todos los cementos. Biodentine (™) lanzó más Ca (2+) específicamente en las primeras etapas y las cuales presento un tiempo de fraguado más corto y propiedades mecánicas más altas en comparación de los otros cementos. Las propiedades mecánicas de Angelus (®) MTA y la MTA de prueba presentaron una similitud. Todos los cementos obtuvieron soluciones de almacenamiento altamente alcalinas. En conclusión hasta 1.0% de CPP-ACP en Biodentine (™) mejora la liberación de Ca (2+) y Pi y 0.5% de CPP-ACP en Angelus (®) MTA y el MTA de prueba mejora la liberación de Ca (2+) sin alterar las propiedades mecánicas y la solubilidad. La adición de CPP-ACP en CSC prolongó el tiempo de fraguado.<sup>13</sup>

**Natale LC, et al. (2015) en Brasil**, realizaron estudios con el objetivo de "Determinar la liberación de iones y las propiedades mecánicas de un hidróxido de calcio (Dycal) y dos cementos de silicato de calcio (MTA Angelus y Biodentine)". Realizo un estudio descriptivo, con un total de 19 muestras, se calculó la liberación de iones de calcio e hidroxilo en agua a partir de cementos de fraguado de 24 h a partir de la valoración con HCl (n = 3), se midió la liberación de calcio después de 7, 14, 21 y 28 días a pH 5,5 y 7,0 usando ICP-OES (n = 6), se probaron la resistencia a la flexión (FS) y el módulo (E) después de 48 horas de almacenamiento, y la resistencia a la compresión (CS) después de 48 horas y 7 días (n = 10). Los datos mecánicos y de liberación de iones se sometieron a pruebas de anova / Tukey y Kruskal-Wallis / Mann-Whitney, respectivamente ( $\alpha = 0,05$ ). Resultados: las curvas de titulación revelaron que Dycal liberó significativamente menos iones en solución que los silicatos de calcio ( $P < 0,001$ ), la liberación de calcio se mantuvo constante a pH 7,0, mientras que a pH 5,5, disminuyó significativamente en un 24% después de 21 días ( $P < 0,05$ ) a pH 5.5, MTA Angelus liberó significativamente más calcio que Dycal ( $P < 0.01$ ), mientras que

Biodentine™ tuvo una liberación de iones superior que Dycal a pH 7.0 ( $P < 0.01$ ), Biodentine™ tuvo una resistencia a la flexión, un módulo de flexión y una resistencia a la compresión superiores que los otros cementos, mientras que MTA Angelus tuvo un módulo más alto que Dycal ( $P < 0,001$ ). En conclusión la liberación inmediata de iones de calcio e hidroxilo en solución fue significativamente menor para Dycal, en general, todos los materiales liberaron niveles constantes de calcio durante 28 días, pero la liberación de Dycal fue significativamente más baja que Biodentine™ y MTA Angelus dependiendo de las condiciones de pH. Biodentine™ tenía una resistencia y un módulo sustancialmente más altos que MTA Angelus y Dycal, los cuales demostraron una baja capacidad de soportar tensiones.<sup>14</sup>

**Bolhari, et al., (2014) en Irán,** investigaron con el objetivo “Determinar la microdureza superficial de BioAggregate, ProRoot MTA y Cemento CEM, cuando se exponen a un ambiente ácido o solución salina tamponada con fosfato (PBS) como un fluido de tejido sintético”. Realizó un estudio experimental con una muestra total de 90 moldes cilíndricos de metacrilato de polimetilo con un diámetro interno de 6 mm y 4 mm de altura (según la norma ASTM E384 para pruebas de microdureza), fueron fabricados y colocados con BioAggregate ( $n = 30$ ), ProRoot MTA del color de los dientes ( $n = 30$ ), Cemento CEM ( $n = 30$ ), posteriormente cada grupo se dividió en 3 subgrupos de 10 muestras consistentes en el cual están expuestos en agua destilada, expuestos a PBS ( $pH = 7.4$ ), expuestos a ácido butírico ( $pH = 5.4$ ). Luego de 1 semana se realizó la prueba de microdureza de superficie Vickers. Los resultados obtenidos dio una diferencia significativa entre la microdureza de los materiales independientemente de las condiciones ambientales., el MTA tuvo significativamente mayor microdureza y el cemento CEM tuvo valores de microdureza significativamente menor., todos los cementos experimentales tuvieron valores de microdureza significativamente más altos cuando se expusieron a PBS y tuvieron valores de microdureza significativamente más bajos cuando fueron expuestos al ácido butírico. En conclusión en MTA tuvo mejores resultados en todas las condiciones ambientales.<sup>15</sup>

## **Antecedentes Nacionales**

**Rodríguez, (2019) en Perú**, realizó una investigación con el objetivo “Determinar resistencia a la tracción diametral y microdureza de un cemento experimental (a base de óxido de zinc, cemento portland y arcilla dolomita) como material restaurador provisional en endodoncia”. Materiales y métodos: El estudio fue de tipo experimental in vitro. Se confeccionaron 11 muestras para cada cemento provisional, por cada propiedad a evaluar. Posteriormente, las muestras fueron almacenadas a temperatura ambiente por 24 h. Se midió la resistencia a la tracción diametral por compresión a través de la máquina de ensayo universal Instron® y la microdureza a través del Microdurómetro punta Vickers. Los resultados fueron analizados mediante estadística descriptiva univariada y para el análisis bivariado se realizó la prueba de Kruskal Wallis. Resultados: El cemento experimental obtuvo valores mayores de resistencia a la tracción diametral (0.77 MPa + 0.34) en comparación al Coltosol® F (0.41 MPa + 0.13). Además, obtuvo mayores resultados de microdureza (9,45 HV + 0.66) en comparación al Coltosol® F (6.50 HV + 0.61) y Óxido de zinc y Eugenol (5,62 HV + 0.61). Sin embargo, presentó menores valores de resistencia a la tracción diametral en comparación del ionómero de vidrio (24.46 + 4.55) y Clip F® (23.06 + 2.91). Asimismo, presentó menores valores de microdureza comparado con el Ionómero de vidrio convencional (38.62 + 0.67) y Clip F® (26.03 + 1.07). En ambas propiedades se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ). En conclusión el cemento experimental no demostró ser un buen material a comparación del Ionómero de vidrio convencional y el Clip F®. Sin embargo, obtuvo mejores valores que el Óxido de zinc y Eugenol, y Coltosol®; los cuales son empleados comúnmente en el ámbito odontológico a pesar de tener propiedades deficientes.<sup>16</sup>

**Palomino, et al., (2018) en Perú** realizaron una investigación con el objetivo de “Comparar la resistencia a la fractura de dos materiales de reforzamiento radicular en dientes con tratamiento endodóntico”. Se realizó un estudio experimental con una muestra de cuarenta y cinco premolares inferiores humanos recientemente extraídos, los cuales fueron divididos en tres grupos ( $n = 15$ ). El grupo 1 estuvo conformado por dientes con tratamiento de conducto sin ningún tipo de reforzamiento radicular, el grupo 2 estuvo formado por dientes con tratamiento de conducto y reforzados con un cemento a base de silicato de calcio (Biodentine™), y el grupo 3 estuvo formado por dientes con tratamiento de conducto que fueron reforzados con un poste de fibra de vidrio. Se evaluó la resistencia a la fractura (kN)



utilizando la máquina de ensayo universal, a una velocidad de 0,5 mm/min hasta que se produjo la fractura. Se utilizó la prueba de Anova de una vía para comparar la resistencia a la fractura entre los 3 grupos y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. Resultados: Los valores de la media y desviación estándar de cada grupo fueron: grupo 1, gutapercha (GP)  $1,01 \pm 0,19$  KN; grupo 2, Biodentine (BD)  $1,41 \pm 0,25$  KN, y grupo 3, postes de fibra de vidrio (PFV)  $1,27 \pm 0,16$  KN. Se concluyó que el Biodentine™ mostró mejores valores de resistencia a la fractura radicular en comparación con los postes de fibra de vidrio y la gutapercha.<sup>17</sup>

**Bedoya y García. (2009) en Perú**, realizaron un estudio con el objetivo de “Determinar el efecto del Mineral trióxido agregado (MTA), el Cemento Portland (CP) y el Hidróxido de Calcio (Ca (OH)<sub>2</sub>) en el proceso de reparación de perforaciones radiculares en dientes de perros”. Se realizó un estudio experimental con 4 perros mestizos de 1 año de edad. Mediante sedación endovenosa, se efectuaron tratamientos de conductos a 60 dientes para realizar perforaciones radiculares intencionadas e inmediatamente tratarlos con cada uno de los cementos a evaluar. Las muestras se obtuvieron a los 15 y 60 días, sacrificando a los animales, mediante una inyección letal. El proceso de reparación fue evaluado con un análisis histológico de las muestras, aplicándosele el test de Kruskal-Wallis, y el test U de Mann-Whitney. 15 días después del tratamiento, se obtuvieron 6 casos con proceso de reparación al usar MTA, 2 casos al usar CP y ninguno al usar Ca(OH)<sub>2</sub>, encontrándose diferencias significativas, (P0,05), el resto mostró tejido conectivo con infiltrado inflamatorio, presencia de polimorfo nucleares, linfocitos e histiocitos, 60 días después de del tratamiento , se obtuvieron 4 casos con proceso de reparación al usar MTA ,3 casos al usar CP y un solo caso al usar Ca(OH)<sub>2</sub> . Conclusión el MTA indujo una mejor respuesta en el proceso de reparación de las perforaciones radiculares que el CP y el Ca (OH)<sub>2</sub> a los 15 días y una similar respuesta que el CP a los 60 días.<sup>18</sup>

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Materiales obturadores**

Existe una gran cantidad de materiales de restauración dental aplicados en diversos tratamientos endodónticos, con el principal objetivo de recuperar la anatomía, funcionalidad y estética de la pieza dental afectada.<sup>19</sup>

Según Grossman, los materiales obturadores deben cumplir con una combinación de buenas propiedades físicas, químicas y biológicas, para el éxito de un tratamiento endodóntico, entre ellas debe ser.<sup>20</sup>

- Buena capacidad de sellado.
- Ser biocompatible.
- Tener una estabilidad dimensional.
- Ser Insoluble.
- No alterarse en presencia de fluidos orgánicos.
- Buena radiopacidad.
- Facilidad de preparación e inserción.
- Ser bacteriostático.
- Impermeable.
- Inducir a la cicatrización.
- Resistencia a la abrasión
- Ser radiopaco.

Durante las últimas décadas diversos materiales se han utilizado como selladores de cavidades apicales entre ellos tenemos:<sup>21</sup>

- Diferentes tipos de amalgamas.
- Resinas compuestas.
- Cementos de ionómero de vidrio.
- Cementos de óxido de zinc y eugenol.
- Cementos de policarboxilato de zinc.
- Cementos de fosfato de zinc.
- Cementos de hidróxido de calcio.
- Cementos a base de silicato cálcico.
- Otros (oro cohesivo, Cavit, teflón, Gutapercha, etc).

Si bien estos materiales obturadores son aplicados en diversos tratamientos endodónticos, han demostrado tener algunas inconvenientes en sus propiedades, esto dio lugar a desarrollar nuevas fórmulas de cementos a base de silicato de calcio.<sup>21</sup>

## **A. Cementos a base de silicato de calcio**

Los cementos a base de silicato de calcio (CBSC), se clasificaron a partir del Inglés Joseph Aspdin quien fue un fabricante de cemento, que obtuvo la patente del cemento Portland el 21 de octubre de 1824. El primer caso reportado para su uso del cemento Portland en literatura dental se remonta a 1878, cuando el Dr. White en Alemania publicó un reporte de caso sobre el uso de cemento Portland para aplicar en los conductos radiculares.<sup>22</sup>

Es aquí donde años más tarde se introduce el término cemento silicato de calcio (CSC) donde se refiere a toda la familia de cementos a base de silicato de calcio, basándose en gran medida en los componentes del cemento Portland (silicato de di- y tri-calcio, Al y Fe-silicatos). Teniendo propiedades importantes como la capacidad de fijar, ser biocompatible, sellar en ambientes húmedos y contaminados con sangre, además de presentar propiedades físicas, químicas, biológicas y antimicrobianas. Se ha demostrado que los cementos a base de silicato son aplicados comúnmente en procedimientos de tratamientos de endodoncia que implique la regeneración pulpar y la reparación del tejido duro, tal como en recubrimientos pulpares, pulpotomía, apexogénesis, apexificación, reparación de perforaciones, y rellenos de raíz.<sup>23</sup>

Desde su uso clínico del cemento Portland, sería una alternativa para los procedimientos endodónticos, ya que presenta una matriz de silicato de calcio. Además el cemento Portland presenta dos factores muy importantes, es de fácil acceso y de bajo costo a comparación de otros cementos a base de silicato de calcio, como el Mineral trióxido agregado y Biodentine.<sup>24</sup>

### **2.2.2 Mineral trióxido agregado (MTA)**

El Mineral trióxido agregado (MTA) fue creado en la Universidad de Loma Linda (California), este material fue descrito por primera vez en 1993 por Lee, Monsef y Torabinejad y patentado en 1995 por Torabinejad y White.<sup>22</sup> Desde su llegada, los usos del mineral trióxido agregado se ha expandido drásticamente, siendo aplicados en tratamientos de recubrimiento pulpar directo e indirecto, tratamiento de

reabsorciones, tratamiento de formación radicular, cirugías endodónticas y obturación de conductos radiculares.<sup>25</sup>

Diversos estudios de laboratorio han demostrado la excelente biocompatibilidad y sellado del mineral trióxido agregado, favoreciendo en la regeneración del hueso, cemento y ligamento periodontal sin provocar inflamación, sin embargo presenta algunos inconvenientes en sus propiedades mecánicas y su prolongado tiempo de fraguado.<sup>26</sup>

### **Composición**

El Mineral trióxido agregado tiene en su composición un polvo a base de (3CaO-SiO<sub>2</sub>) silicato tricálcico (75%), silicato dicálcico (2CaOSiO<sub>2</sub>), aluminato férrico tetracálcico (4CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), óxido tricálcico, óxido de silicio, sulfato de calcio dihidratado en un 4.4% (CaSO<sub>4</sub>-2H<sub>2</sub>O), aluminato tricálcico (3CaOAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), sílice y óxido de bismuto (Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) en un 20%, este último le otorga una radiopacidad, además de un líquido de agua destilada .<sup>27</sup>

### **2.2.3. Biodentine™**

Biodentine™ es un cemento compuesto a base de silicato de calcio, elaborado en el laboratorio de la Universidad del Mediterráneo en Marsella Francia.<sup>28</sup>

Este producto actúa como un sustituto bioactivo de la dentina en el cual estimula el desarrollo de la dentina reparativa ya que presenta propiedades similares a la dentina sana, siendo utilizada a nivel coronario en restauración dentinaria definitiva, bajo composite, incrustación, restauración amelo-dentinaria no definitiva, restauración de lesiones cariosas coronarias profundas, restauración de lesiones cervicales , recubrimiento pulpar y pulpotomía, también es utilizado a nivel radicular en reparación de perforaciones radiculares, reparación de perforaciones del techo de la cámara pulpar, reparación de reabsorciones internas, reparación de reabsorciones externas y obturación apical en endodoncia quirúrgica.<sup>28</sup>

Se ha demostrado que el cemento Biodentine™ contiene elemento de minerales de alta pureza y es libre de monómero , no es citotóxico e irritante por lo tanto

mantendrá la pulpa con vitalidad y sin sensibilidad post- operatorio, lo cual quiere decir que es un material de uso clínico odontológico.<sup>29</sup>

### **Composición**

El biodentine™ posee dos componentes, un polvo compuesto a base de silicato tricálcico ( $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ), carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y dióxido de circonio ( $\text{ZrO}_2$ ), este último le otorga radiopacidad al cemento; el segundo componente es el líquido que contiene una solución de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) (acelerador), polímero hidrosoluble (agente reductor de agua) y agua. Por ello el tiempo de fraguado es reducido entre 9 a 12 minutos, lo que resulta una ventaja óptima para su aplicación ya que en comparación a otros materiales el tiempo de fraguado es prolongado.<sup>29</sup>

#### **2.2.4 Resistencia compresiva**

La resistencia compresiva es una de las características importantes en las propiedades de los materiales dentales, debido a que es sometido a fuerzas masticatorias.<sup>30</sup>

La resistencia compresiva se define como aquella propiedad física de un cuerpo que es inducido a una fuerza en una sola dirección, produciendo una deformación elástica, al aumentar la carga hará que el cuerpo sufra una reacción de fractura, esto se da porque la carga máxima supero la resistencia del cuerpo, la importancia de esta propiedad mecánica es representar el acto masticatorio, en donde estas fuerzas compresivas son mayormente transmitidas en las piezas dentarias posteriores de la cavidad bucal, a consecuencia de estas fuerzas puede ocasionar fracturas a nivel del diente restaurado y órgano dental.<sup>31</sup>

#### **2.2.5. Microdureza superficial**

Se entiende por dureza de una propiedad de la capa superficial de un material al resistir la deformación elástica, plástica y destrucción, en presencia de esfuerzos de contacto locales inferidos por otro cuerpo más duro, el cual no sufre deformaciones residuales (indentador o penetrador).<sup>32-33</sup>

Existen diversos métodos para poder determinar los valores de microdureza de un material. Tenemos el método de Brinell, Rockwell, Knoop y Vickers. Uno de los métodos de dureza con mayor precisión y de mayor uso es el microdurómetro de Vickers (HV), este ensayo posee dos rango de fuerza, micro (10g a 1000g) y macro (1kg a 100kg). Durante las mediciones estandarizadas de dureza Vickers un penetrador de diamante piramidal con un ángulo de  $136^\circ$ , es penetrado contra la superficie de la muestra utilizando una fuerza  $F$  determinada, y una vez que esta fuerza se ha retirado, se miden ópticamente los diagonales  $d_1$  y  $d_2$  de la huella de forma cuadrada que deja en la muestra. La duración de la aplicación de cada carga es de 2s a 8s y esta carga se mantiene de 10s a 15 s. <sup>34-35</sup>

### 2.3. Formulación de la Hipótesis

Hipótesis de investigación

- **H1:** El cemento Portland blanco tiene mayor resistencia a la compresiva de la microdureza superficial en comparación al cemento Portland gris, Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®) y Biodentine™.
- **H0:** El cemento Portland blanco no tiene mayor resistencia a la compresiva de la microdureza superficial en comparación al cemento Portland gris, Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®) y Biodentine™.

## **CAPITULO III. METODOLOGÍA**

### **3.1. Método de Investigación**

- El método de esta investigación fue hipotético deductivo, ya que se basa en el uso de procedimientos lógicos deductivos, partiendo de un planteamiento que se origina a partir de una hipótesis que hay que demostrarlo.<sup>36</sup>

### **1.3. Enfoque de investigación**

- El enfoque de esta investigación es cuantitativa, ya que se ha utilizado técnicas estadísticas para la recolección y análisis de los resultados para responder y probar las hipótesis establecidas.<sup>36</sup>

### **1.4. Tipo de investigación**

- La investigación es de tipo aplicada porque ha dado respuesta a las interrogantes planteadas por el investigador y de nivel descriptivo porque involucra observar y describir el comportamiento de los grupos, eventos o situaciones como objetos de análisis y que hayan sido determinados por el investigador.<sup>37</sup>

### **1.5. Diseño de la investigación**

- El presente estudio de investigación es experimental debido a que se realizó estudios con nuevos cementos experimentales a base de silicato de calcio, sometidos a una resistencia compresiva.
- El diseño de esta investigación es longitudinal, ya que se adquirieron los resultados en 24y 48 h para medir la resistencia compresiva.
- En relación a la cronología de este estudio es prospectivo, debido que los resultados nuevos fueron recolectados una vez iniciado el estudio.



- Este estudio fue comparativo, ya que se evaluó la resistencia compresiva de cuatro cemento a base de silicato de calcio, cemento Portland blanco, cemento Portland gris, Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®) y Biodentine™.

### 3.5. Población, muestra y muestreo

#### **Población:**

- La población de esta investigación está compuesta por cuerpos de prueba de cementos a base de silicato de calcio.

#### **Muestra:**

- Se utilizó la fórmula de comparación de medias para determinar el tamaño muestral y para calcular el tamaño muestra.

Donde:

$$n = \frac{2(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 * S^2}{d^2}$$

$Z_{\alpha}$  : Nivel de confianza del 95% ----- (1.96)

$Z_{\beta}$  : Nivel de potencia de la prueba del 80% ----- (0.852)

$S^2$  : Varianza del grupo de referencia (normal =  $x^2$ ) ----- (314)

$d^2$  : Diferencia esperada entre los grupos a comparar ----- (18)

$n$  : Es el tamaño de muestra para el grupo de comparación : 20

La muestra total está constituida por 80 cuerpos de prueba a base de silicato de calcio, dividido en 4 grupos.

- 20 Discos de cemento experimental Portland blanco.
- 20 Discos de cemento experimental Portland gris.

- 20 Discos de cemento Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®).
- 20 Discos de cemento Biodentine™.

### Muestreo

- El muestreo de esta investigación fue no probabilístico, ya que las muestras fueron seleccionadas basadas a un juicio, cumpliendo ciertos parámetros.

#### 3.5.1. Criterios de inclusión

- Discos de cemento a base de silicato de calcio que presentaron la medida de 4mm de diámetro por 6mm de alto con superficies totalmente lisos.

#### 3.2.5 Criterios de exclusión

- Discos de cemento a base de silicato de calcio que no presentaron las medidas señaladas o superficies lisas para las indentaciones del microdurómetro de Vickers.

### 3.6 Variable y operacionalización

VARIABLES	TIPO DE VARIABLE	INDICADORES	CATEGORÍA O VALOR	TIPO	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Cementos a base de silicato de calcio</b>	Variable independiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- cemento Portland blanco</li> <li>- cemento Portland gris</li> <li>- Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®)</li> <li>- Biodentine™</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Discos de cementos Portland blanco</li> <li>- Discos de cementos Portland gris.</li> <li>- Discos de cementos Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®)</li> <li>- Discos de cementos Biodentine™</li> </ul>	Cualitativa o Política	Nominal

<b>Resistencia Compresiva a la Microdureza Superficial</b>	Variable dependiente	Microdurómetro, punta de Vickers.	Microdurómetro en Kg/mm <sup>2</sup> 1°carga: 10 gr 2°carga: 25gr 3°carga: 50gr	Cuantitativa Continua	Razón
<b>Tiempo</b>	Covariable	Horas de fraguado de cementos a base de silicato de calcio	T1: 24h T2: 48h	Cuantitativa	Razón

### 3.6.1. Definición operacional de términos

- **Microdureza superficial:** dureza de una propiedad de la capa superficial de un material.
- **Tiempo:** momento en que se realizó la indentación de los bloques de cementos de silicato de calcio.
- **Cementos de silicato de calcio:** cementos que cuentan en su composición una matriz de silicato de calcio.
- **Cemento Portland:** es un polvo compuesto por 75% (3CaO-SiO<sub>2</sub>) silicato tricálcico, silicato dicálcico (2CaOSiO<sub>2</sub>), aluminato férrico tetracálcico (4CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), óxido tricálcico, óxido de silicio, sulfato de calcio dihidratado en un 4.4%.

### **3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.7.1 Técnica**

- La técnica de recolección de datos que se utilizó fue una ficha de recolección, en donde se registraron los datos numéricos de la medida de fractura de la microdureza de los discos a base de silicato en 24 horas (Anexo n°2) y en 48 horas (Anexo n°3), con las tres identaciones.

#### **3.7.2 Descripción**

- En la primera ficha de recolección de datos se registró las medidas de fracturas a las 24 horas, con los 10 cementos de cada grupo, aplicando tres identaciones de 10gr, 25g, 50gr.(Anexo n°2)
- En la segunda ficha de recolección de datos se registró las medidas de fracturas a las 48 horas con los otros 10 cementos de cada grupo, aplicando tres identaciones de 10gr, 25g, 50gr.(Anexo n°3)
- El instrumento fue tomado por otra investigación que realizó un estudio muy similar evaluando su microdureza superficial de cementos de uso odontológico.<sup>35</sup>

### **Elaboración de las muestras**

#### **A. Confección de muestras:**

Se fabricó una matriz metálica calibrada para la confección de los discos de silicato de calcio, en el cual presentó una medida de 4 mm de diámetro y 6 mm de altura, esto basado en las normas ISO 6507-2:2018 de la organización internacional de estandarización, se dividió en 4 grupos los cuerpos de prueba de silicato de calcio y se elaboró las muestras de acuerdo a las normas del fabricante.

- **Grupo 1 Portland blanco (n°20):**

Para la elaboración de los disco del cemento experimental Portland blanco (cemento Huascarán), se utilizó una platina de vidrio estéril de 6x6 cm y se colocó una proporción de 0.28 gramos de material de prueba y con la ayuda de una micropipeta se agregó una gota de agua destilada ultrapura, luego se espatuló hasta obtener una mezcla homogénea, finalmente se procedió a colocar la mezcla en la matriz metálica con la técnica monobloque con un condensador de cemento para evitar burbujas y obtener cilindros bien compactados.

- **Grupo 2 Portland gris (n°20)**

Para la elaboración de los discos de cemento experimental Portland gris (cemento Andino), se utilizó una platina de vidrio estéril de 6x6 cm y se colocó una proporción de 0.28 gramos de material de prueba y con la ayuda de una micropipeta se agregó una gota de agua destilada ultrapura, se espatuló hasta obtener una mezcla homogénea, finalmente se procedió a colocar la mezcla en la matriz metálica con la técnica monobloque con un condensador de cemento para evitar burbujas y obtener cilindros bien compactados.

- **Grupo MTA -Angelus® (n°20)**

Para la elaboración de los discos de cemento MTA Angelus®, se utilizó una platina de vidrio estéril de 6x6 cm, y se colocó una proporción de 0.28 gramos de material de prueba y una gota de solución acuosa de cloruro de calcio e polímero, seguido se espatuló hasta obtener una mezcla homogénea, finalmente se procedió a colocar la mezcla en la matriz metálica con la técnica de monobloque con un condensador de cementos para evitar burbujas y obtener cilindros bien compactados.

- **Grupo Biodentine™ (n°20)**

Para la elaboración de los discos de cemento Biodentine™, se colocó las capsulas en el amalgamador durante 30 segundo antes de realizar la mezcla para eliminar pequeños grumos. Se procedió a abrir la capsula y se agregó 5 gotas de solución dentro de la capsula, seguido se cerró y se llevó a un amalgamador de

4000 oscilaciones por minuto durante 30 segundos. Luego se colocó la mezcla a la matriz metálica con la técnica monobloque con un condensador de cemento para evitar burbujas y obtener cilindros bien compactados.

- **Pulido de discos de cemento:**

Teniendo ya todas las muestras elaboradas se procedió a realizar el pulido con el sistema de pulido ultrafino (Micropolush). Esto se realizó con el fin de eliminar rugosidad, homogeneizar y dejar una superficie muy lisa, necesarias para que las pruebas de microdureza Vickers den resultados más exactos, además se utilizó un calibrador digital (Mutitoyo) para verificar los parámetros de los cilindros .

- **Almacenamiento de los especímenes:**

Se procedió a marcar cada cuerpo de prueba con un barniz de color en la mitad de cada espécimen en la parte inferior por cada grupo. Luego se almacenó las muestras en una incubadora a una temperatura de 37 °C.

## **B. Evaluación de la microdureza**

Cuando se cumplieron las 24 y 48 horas de almacenamiento de las muestras, se realizó el análisis de la microdureza de las superficies de los discos de cemento de silicato de calcio utilizando el método de dureza Vickers mediante el microdurómetro (Zwick/ Roell ZHV 10gF- 1Kg F, Japón). Este equipo estuvo programado para aplicar cargas de 10gr, 25gr y 50gr con un penetrador de diamante piramidal. Se llevó a cabo tres indentaciones en cada superficie de los discos una vez que estas indentaciones fueron aplicadas y el penetrador se retiró de los discos a base de silicato de calcio, se procedió a medir ópticamente los diagonales d1 y d2 de la huella de forma cuadrada que dejó en los cuerpos de prueba. Este protocolo establece un parámetro para la selección de bloques, con lo que se reduce al mínimo la variación que existe entre los diferentes fragmentos. La medida de la microdureza Vickers fue promediada por el propio programa del microdurómetro.

Estas mediciones se realizaron en el laboratorio certificado High Technology Certificate SAC.

### **3.8. Procesamiento y análisis de datos**

Se realizó el análisis estadístico mediante el paquete estadístico SPSS versión 22.0. Los datos se analizaron mediante la prueba estadística de T de Student y se realizó la prueba de normalidad con Shapiro Will para observar que los datos se encuentren en distribución normal y para comparar las diferencias entre los cementos de estudio se realizó la prueba de Tukey.

### **3.9. Aspectos éticos**

Para la ejecución de esta investigación se solicitó la autorización del laboratorio certificado High Technology Certificate SAC, para la utilización de sus ambientes y equipos, así mismo cumpliendo con todas las medidas requeridas.

## **CAPITULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**



## 4.4 Resultados

### 4.4.1 Análisis descriptivos de los resultados

**TABLA N°1: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA A LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DE LOS CEMENTOS DE SILICATO DE CALCIO A LAS 24 H**

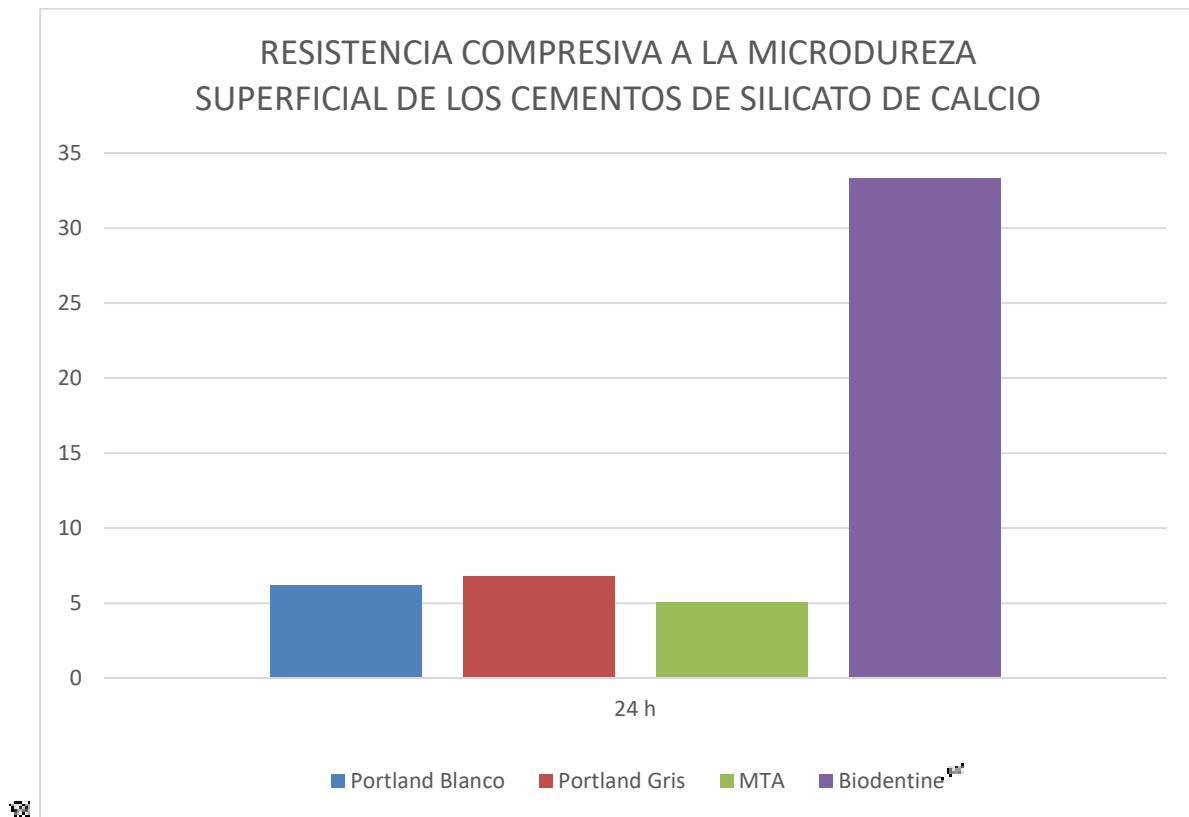
Cementos a base de silicato de calcio	Media	Mediana	D.E	Mínimo	Máximo	Normalidad *
Portland blanco (cemento Huascarán)	6.18	6	2.75	4.81	7.21	0.28
Portland Gris (cemento Andino)	6.81	6.3	2.91	5.13	8.20	0.21
MTA-Angelus®	5.07	5	1.06	3.71	5.78	0.41
Biodentine™	33.33	33	1.85	31.31	35.71	0.29

\*Prueba t de student para muestras independientes  
DE: Desviación estándar.  
Nivel de significancia estadística ( $p > 0.05$ ).

**Interpretación:** La resistencia compresiva a la microdureza superficial del cemento Biodentine™, obtuvo el nivel más alto con 33.33 kg/mm<sup>2</sup>, el Mineral Trióxido Agregado (MTA Angelus®), obtuvo el nivel más bajo con el 5.07 kg/mm<sup>2</sup> y la microdureza del cemento Portland blanco (cemento Huascarán) y cemento Portland gris (cemento Andino) obtuvieron

un nivel regular de 6.18 y 6.81 en kg/mm<sup>2</sup> respectivamente.; estas diferencias son estadísticamente significativas.

**GRÁFICO N°1: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA A LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DE LOS CEMENTOS DE SILICATO DE CALCIO A LAS 24 H**



**Interpretación:** En el gráfico vemos que el nivel de resistencia compresiva a la microdureza superficial del cemento Biodentine<sup>TM</sup> (Septodont) es mayor a los cementos Portland blanco (cemento Huascarán), Portland gris (cemento Andino) y MTA Angelus®, siendo este último el que presentó el nivel más bajo; estas diferencias son estadísticamente significativas.

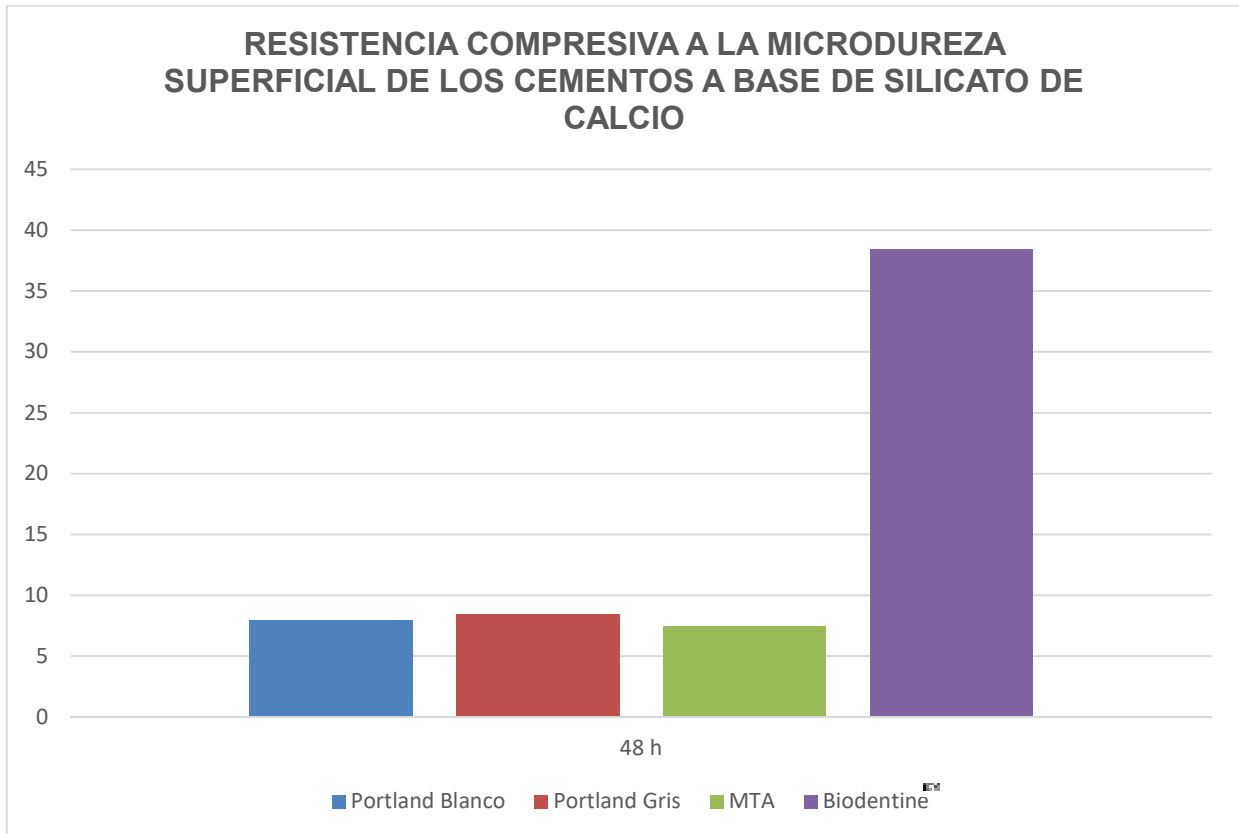
**TABLA N°2: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA A LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DE LOS CEMENTOS DE SILICATO DE CALCIO A LAS 48 H**

<b>Cementos a base de silicato de calcio</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>D.E</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Normalidad *</b>
<b>Portland blanco (cemento Huascarán)</b>	7.95	8	2.05	7.33	8.81	0.46
<b>Portland gris (cemento Andino)</b>	8.41	8	1.98	8.02	8.75	0.35
<b>MTA -Angelus®</b>	7.44	7	1.62	5.82	9.42	0.35
<b>Biodentine™</b>	38.42	37	2.64	36.32	42.42	0.30

\*Prueba t de student para muestras independientes  
Nivel de significancia estadística (p>0.05).

Interpretación: La resistencia compresiva a la microdureza superficial del cemento Biodentine™ (Septodont), presentó el promedio más alto con un 38.42 kg/mm<sup>2</sup>, seguido del cemento Portland blanco (cemento Huascarán) y cemento Portland gris (cemento Andino), obtuvo un nivel regular del 7.95 y 8.41 kg/mm<sup>2</sup> respectivamente y el Mineral trióxido agregado (MTA- Angelus) obtuvo el nivel más bajo con 7.44 kg/mm<sup>2</sup>, estas diferencias de los grupos son estadísticamente significativas (p>0.05).

**GRÁFICO N°2: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA A LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DE LOS CEMENTOS A BASE DE SILICATO DE CALCIO A LAS 48 H.**



**Interpretación:** En el gráfico se observa el nivel de resistencia compresiva a la microdureza superficial en (kg/mm<sup>2</sup>), el cemento Biodentine™ (Septodont) presentó una mayor microdureza superficial en comparación al cemento Portland blanco (cemento Huascarán), cemento Portland gris (cemento Andino) y Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®). Además en este último se obtuvo los valores más bajos, estas diferencias son estadísticamente significativas.

**TABLA N°3: COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA DIFERENCIA DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA A LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DE LOS CEMENTOS DE SILICATO DE CALCIO A LAS 48 H**

Cementos	Grupos	Media	D.E	Normalidad *	<i>P</i> **
cementos de silicato de calcio a las 24 horas	<b>Portland blanco (cemento Huascarán)</b>	6.18	2.75	0.287	0.44
	<b>Portland gris (cemento Andino)</b>	6.81	2.91	0.216	
	<b>MTA -Angelus®</b>	5.07	1.06	0.418	
	<b>Biodentine™</b>	33.33	1.85	0.291	
cementos de silicato de calcio a las 48 horas	<b>Portland blanco (cemento Huascarán)</b>	7.95	2.05	0.467	0.39
	<b>Portland gris (cemento Andino)</b>	8.41	1.98	0.356	
	<b>MTA - Angelus®</b>	7.44	1.62	0.958	
	<b>Biodentine™</b>	38.42	2.64	0.901	

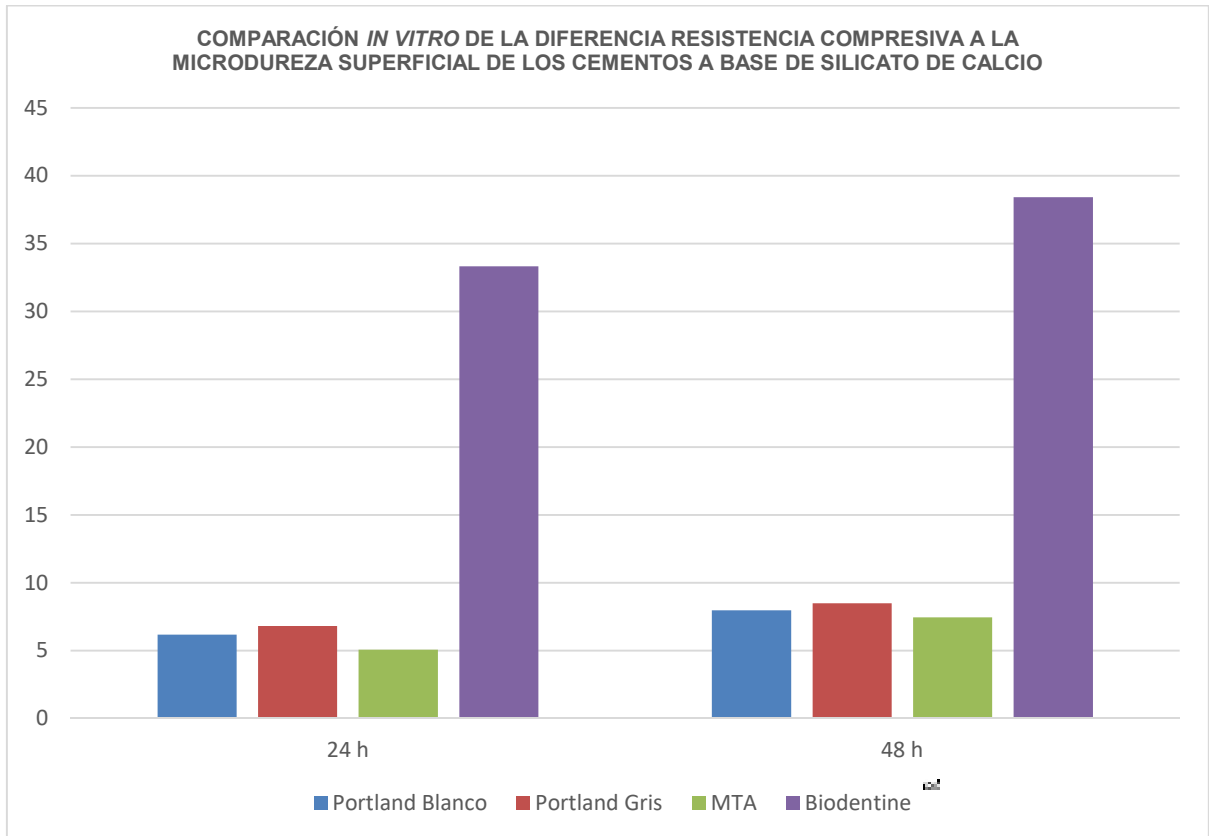
\*Prueba t de student para muestras independientes

\*\*Prueba de Anova. \*\*\* Prueba de Tukey

Nivel de significancia estadística  $p < 0.05$

**Interpretación:** Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para determinar la distribución de la diferencia de las medias de la resistencia compresiva a la microdureza superficial y se encontró que dichos grupos presentaron una distribución normal. Para conocer si existe una mayor microdureza superficial en los grupos experimentales de silicato de calcio, se utilizó la prueba de T de student para las muestras independientes con la cual se obtuvo que existen diferencias significativas entre las muestras del cemento Biodentine™ si se las comparamos con los cementos Portland blanco (cemento Huascarán), cemento Portland gris (cemento Andino) y Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®). Se observó tanto para los cementos de silicato a las 24 horas como para los cementos a las 48 horas y no se encontró una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

**GRÁFICO N°3: COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA DIFERENCIA DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA A LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DE LOS CEMENTOS A BASE DE SILICATO DE CALCIO A LAS 48 H**



**Interpretación** Se comparó las diferencias resistencia compresiva a la microdureza superficial de los cementos a base de silicato de calcio en dos diferentes tiempos de 24 y 48 horas. Para ello, se usó la prueba de T de student para las muestras independientes y contrastar los tipos de cementos experimentales. Por un lado, se encontró que el Biodentine™ presentó una mayor resistencia compresiva a la microdureza superficial comparada con los cementos Portland blanco (cemento Huascarán), Portland gris (cemento Andino) y el MTA Angelus® existiendo una diferencia estadísticamente significativa, esto quiere decir, el cemento Biodentine™ presenta mayor resistencia compresiva a la microdureza superficial a las 24 horas y 48 horas. Además, se observó tanto para la

comparación de los cementos de silicato a las 24 horas como para los cementos a las 48 horas y no se encontró una diferencia significativa.

#### 4.4.2. Prueba de hipótesis

- **Hipótesis estadística**

- **H1:** De acuerdo a nuestra primera hipótesis el cemento Portland blanco demostró tener una resistencia compresiva mayor en comparación al Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®).
- **H0:** De acuerdo a nuestra hipótesis nula el cemento portland blanco demostró tener menor resistencia compresiva de la microdureza superficial en comparación al cemento Portland gris y Biodentine™.

#### 4.4.3. Discusión de los resultados

Las pruebas de microdureza se basan en evaluar la resistencia de materiales mediante la deformación. Esta propiedad está inducida por varias propiedades fundamentales de los materiales como la resistencia a la tracción, el módulo de elasticidad y la estabilidad de su estructura cristalina; tiene una relación inversa con la porosidad.<sup>30</sup> Las pruebas de microdureza se emplean para evaluar la progresión durante en su proceso de hidratación, como indicador del proceso de fraguado y su solidificación.<sup>31</sup>

Existen diversos métodos para determinar los valores de microdureza de un material teniendo en la actualidad los métodos de Vickers, Brinell, Rockwell y Knoop.<sup>4</sup> Por lo que el método de microdureza Vickers, es el más empleado para realizar estudio con alta confiabilidad para materiales duros y blandos, sobre todo para los ensayos de cuerpos de prueba delgados y capas superficiales por lo que se decidió utilizar el método de



Microdureza Vickers; utilizado en diversos trabajos de evaluación de dureza de cementos dentales.<sup>32</sup>

En este estudio, se evaluó la resistencia compresiva a la microdureza superficial en los intervalos de tiempo de 24 y 48 horas, utilizando la prueba de dureza de Vickers , el cemento Biodentine™ el obtuvo el nivel más alto, el Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®) obtuvo el nivel más bajo, el cemento Portland blanco y el cemento Portland gris obtuvieron niveles intermedios de los grupos experimentales, esto puede estar relacionado con su tiempo de fraguado y manipulación , ya que según Hassan et al. (2015) Reportaron que el cemento Biodentine™ presenta superioridad en comparación con MTA en cuanto a la manipulación y velocidad de fraguado, causado por su presencia de aceleradores como el carbonato de calcio y polímeros hidrosolubles. Estos resultados pueden deberse al tiempo de evaluación, por consiguiente al tener un tiempo de medición mayor, los cementos tendrán más tiempo de fraguado y solidificación obteniendo como resultado una mayor microdureza en los cementos de estudios.<sup>30</sup>

Los resultados de la microdureza superficial de los cementos a base de silicato de calcio puede deberse a su composición química que presentan cada uno de los cementos estudiados , ya que tiene una relación con el estudio que realizaron Alhadainy,et al. (2016), Donde informaron las propiedades del Biodentine™ y del MTA, evaluando su resistencia a compresión obteniendo como resultado que Biodentine™ tiene mayor resistencia a la compresión por la presencia de óxido de circonio y el MTA obtuvo menor resistencia a la compresión por la presencia de óxido de bismuto, cuya propiedades le

otorgan a estos cementos radiopacidad, por el cual los resultados nuestro estudio puede deberse por la presencia de agentes radiopacificadores.<sup>31</sup>

Nuestro resultado de la resistencia compresiva de la microdureza superficial de los cementos a base de silicato de calcio, concuerda con el estudio comparativo que realizó Septodont (2014), en el que se evaluó la resistencia compresiva del MTA y Biodentine™ en un intervalo de tiempo y se observó que fue mayor en el Biodentine™ (316.4 MPa a los 28 días) y el MTA presento una resistencia compresiva menor (139.9 MPa a los 28 días); en este estudio se concluye que en Biodentine™ presenta una resistencia a la compresión similar a la que presenta la dentina natural.<sup>32</sup>

A su vez se observó en algunas investigaciones que la microdureza superficial tiene una relación directa con el tamaño de partícula de los cementos de silicato de calcio, según Rajasekharan S. (2018), por su parte mencionó que el Biodentine™ tiene un menor tamaño de partículas, siendo estas más finas en comparación al MTA.<sup>33</sup> A su vez se corrobora con el estudio de Obando, et al (2009) donde indica que el cemento Portland tiene un tamaño de partícula cristalina. Por tal motivo, se concluyó que la presencia del tamaño de partículas de relleno mientras más pequeñas son, estas mejoran las propiedades físicas como la microdureza de los cementos de silicato de calcio.<sup>34</sup>

Se puede concluir que Biodentine™ tuvo un mejor comportamiento a la resistencia compresiva de la microdureza superficial a las 24 y 48 horas en comparación al MTA Angelus® y los cementos experimentales Portland blanco y Portland gris, debido a su tamaño de partícula, agente radiopacificante y su tiempo de fraguado.

## **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

- En conclusión con los resultados obtenidos se demostró que el cemento Biodentine™ tiene mayor resistencia compresiva de la microdureza superficial significativa en comparación al MTA Angelus®, cemento Portland blanco y cemento Portland Gris a las 24 y 48 horas.
- Los resultados del cemento Portland blanco presento una microdureza superficial comparable al MTA Angelus® a las 24 y 48 horas, por lo que puede ser considerado como una posible alternativa dentro de los materiales de silicato de calcio.
- Los resultados del cemento Portland gris presentó una microdureza superficial comparable al MTA Angelus® a las 24 y 48 horas, por lo que puede ser considerado como una posible alternativa dentro de los materiales de silicato de calcio.
- El cemento MTA Angelus® presento menor resistencia compresiva de la microdureza superficial en comparación cemento Portland blanco, cemento Portland gris y Biodentine™ a las 24 horas y 48 horas.

## 5.2. Recomendaciones

- Realizar nuevos estudios considerando un mayor tiempo de evaluación, para determinar su resistencia compresiva de la microdureza superficial de los cementos experimentales de silicato de calcio, debido esta condición puede generar variaciones en relación a su tiempo de fraguado.
- Evaluar nuevas investigaciones frente a otros cementos comerciales de silicato de calcio para comparar sus propiedades físicas y mecánicas.

- Debido a los resultados encontrados en el cemento Portland blanco, se puede optar por el uso de aditivos en sus componentes para mejorar sus propiedades mecánicas y físicas para la posible formulación de nuevos cementos a base de silicato de calcio.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Torabinejad M. Historical and contemporary perspectives on root-end filling materials. *J Endod.* 1993;19(8):432-3.
2. Prati C, Gandolfi MG. Calcium silicate bioactive cements: Biological perspectives and clinical applications. *Dent Mater.* 2015;31(4):351-70.
3. Camilleri J. Characterization and chemical activity of Portland cement and two experimental cements with potential for use in dentistry. *Int Endod J.* 2008;41(9):791-9.
4. Formosa LM, Mallia B, Camilleri J. A quantitative method for determining the antiwash out characteristics of cement-based dental materials including mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2013;46(2):179-86.
5. Saliba E, Abbassi-Ghadi S, Vowles R, Camilleri J, Hooper S, Camilleri J. Evaluation of the strength and radiopacity of Portland cement with varying additions of bismuth oxide. *Int Endod J.* 2009; 42(4):322-8.
6. Camilleri J. The chemical composition of mineral trioxide aggregate. *J Conserv Dent.* 2008; 11(4):141-3.
7. Camilleri J, Gandolfi MG. Evaluation of the radiopacity of calcium silicate cements containing different radiopacifiers. *Int Endod J.* 2010; 43(1):21-30.
8. Prasad A, Pushpa S, Arunagiri D, Sawhny A, Misra A, Sujatha R. A comparative evaluation of the effect of various additives on selected physical properties of white mineral trioxide aggregate. *J Conserv Dent.* 2015; 18(3):237-41.
9. Camilleri J, Kralj P, Veber M, Sinagra E. Characterization and analyses of acid-extractable and leached trace elements in dental cements. *Int Endod J.* 2012; 45(8):737-43.
10. Galarça AD, Da Rosa WLO, Da Silva TM, et al. Physical and Biological Properties of a High-Plasticity Tricalcium Silicate Cement. *Biomed Res Int.* 2018; 27(3):192-198.
11. Costa BC, Guerreiro-Tanomaru JM, Bosso-Martelo R, Rodrigues EM, Bonetti-Filho I, Tanomaru-Filho M. Ytterbium Oxide as Radiopacifier of Calcium Silicate-Based Cements. Physicochemical and Biological Properties. *Braz Dent J.* 2018;29(5):452-458.

12. Sheykhrezae MS, Meraji N, Ghanbari F, Nekoofar MH, Bolhari B, Dummer PMH. Effect of blood contamination on the compressive strength of three calcium silicate-based cements. *Aust Endod J.* 2018;44(3):255-259.
13. Dawood AE, Manton DJ, Parashos P, et al. The physical properties and ion release of CPP-ACP-modified calcium silicate-based cements. *Aust Dent J.* 2015;60(4):434-444.
14. Natale LC, Rodrigues MC, Xavier TA, Simões A, de Souza DN, Braga RR. Ion release and mechanical properties of calcium silicate and calcium hydroxide materials used for pulp capping. *Int Endod J.* 2015 Jan;48(1):89-94.
15. Bolhari B, Nekoofar MH, Sharifian M, Ghabrai S, Meraji N, Dummer PM. Acid and microhardness of mineral trioxide aggregate and mineral trioxide aggregate-like materials. *J Endod.* 2014;40(3):432-435.
16. Rodrigues CP. Evaluación de la resistencia a la tracción diametral y microdureza de un cemento experimental(a base de óxido de zinc, cemento portland y arcilla dolomita) como material restaurador provisional en endodoncia.[Pre grado].Universidad Privada de Ciencias Aplicadas;2018.
17. Palomino MA, Gonzales JA, Torres- J, Garcia CR. Comparación de la resistencia a la fractura de dos materiales de reforzamiento radicular en dientes con tratamiento endodóntico. *Rev Cient Odontol (Lima).* 2018; 6 (1): pp. 19-28.
18. Bedoya AE, García CR. Efecto del mineral trióxido agregado, cemento portland e hidróxido de calcio en el proceso de reparación de perforaciones radiculares en dientes de *Canis familiaris*. *Rev Estomatol Herediana.* 2009; 19(2):103-110.
19. Palomino MA, Gonzales JA, Torres- J, Garcia CR. Comparación de la resistencia a la fractura de dos materiales de reforzamiento radicular en dientes con tratamiento endodóntico. *Rev Cient Odontol (Lima).* 2018; 6 (1): pp. 19-28.
20. Bolhari B, Nekoofar MH, Sharifian M, Ghabrai S, Meraji N, Dummer PM. Acid and microhardness of mineral trioxide aggregate and mineral trioxide aggregate-like materials. *J Endod.* 2014;40(3):432-435.
21. Chang KC, Chang CC, Huang YC, Chen MH, Lin FH, Lin CP. Effect of Tricalcium Aluminate on the Physicochemical Properties, Bioactivity, and Biocompatibility of Partially Stabilized Cements. *Plos One* 2014; 9 (9):1-9.



22. Dudeja C, Taneja S, Kumari M, Singh N. An in vitro comparison of effect on fracture strength, pH and calcium ion diffusion from various biomimetic materials when used for repair of simulated root resorption defects. *J Conserv Dent*. 2015; 18(4):279-83.
23. Da Silva SR, da Silva Neto JD, Veiga DF, Schnaider TB, Ferreira LM. Portland cement versus MTA as a root-end filling material. A pilot study. *Acta Cir Bras*. 2015;30(2):1604.
24. Kim EC1, Lee BC, Chang HS, Lee W, Hong CU, Min KS. Evaluation of the radiopacity and cytotoxicity of Portland cements containing bismuth oxide. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2008; 105(1):54-7.
25. Lopez J. Resistencia compresiva de tres resinas compuestas indicadas para restauración posterior, in vitro. [Tesis]. Lima-Perú, Universidad Nacional Federico Villareal; 2018.
26. Reyes C. y Moscoso M. Comparación de la Resistencia a la Compresión de un Cemento Experimental con el Óxido de Zinc y Eugenol, Coltosol® F, Ketac™ Molar Y Clip F. [Tesis]. Lima-Perú, Universidad Nacional Federico Villareal; 2018.
27. Borja E. Comparación in vitro de la resistencia a la compresión y resistencia flexural de resinas Bulk Fill (Opus™ Bulk Fill, Tetric® N-Ceram Bulk Fill y Filtek™ Bulk Fill). [Tesis]. Lima-Perú, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; 2018.
28. Hilton TJ, Ferracane JL, Mancl L. Northwest Practice-based Research Collaborative in Evidence-based Dentistry (NWP). Comparison of CaOH with MTA for direct pulp capping: a PBRN randomized clinical trial. *J Dent Res*. 2013;92(7 Suppl):16–22.
29. Hungaro Duarte MA, Minotti PG, Rodrigues CT, Zapata RO, Bramante CM, Tanomaru M, Filho, et al. Effect of different radiopacifying agents on the physicochemical properties of white Portland cement and white mineral trioxide aggregate. *J Endod*. 2012;38(3):394–397.
30. Pita S. Determinación del tamaño muestral. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña. *CAD ATEN PRIMARIA* 1996; 3: 138-14.
31. Hassan F, Al Hadi D, MH S. Furcal perforation repair using MTA & Biodentine, an in vitro evaluation using dye extraction method. *Int J Recent Sci Res*. 2015;6(3): 3172-3175.

32. Alhadainy, H.A. and Hinel, V.T. Comparative Study of the Sealing Ability of LightCures versus Chemically Cures Materials Placed into Furcation Perforations. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2003; 76, 338-342.
33. Biodentine Active Biosilicate Technology Scientific File, Septodont, Paris, France. 2009.
34. Rajasekharan S, Martens LC, Cauwels RG, Verbeeck RM. Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a review of the literature. European Archives of Paediatric Dentistry. [Internet]. 2014 jun [citado 2018 sep 23] 15(3):147.
35. Obando GA, Torres KE, Salas Análisis de la composición química, capacidad de sellado apical y propiedades antimicrobianas del MTA y del cemento Portland. Endodencia [Internet]. 2009 [citado 10 noviembre 2020]. Disponible en: <http://www.medlinedental.com/pdf-doc/endo/v27-3-3.pdf>
36. López A. Evaluación de la microdureza superficial de cementos de uso odontológico, estudio in vitro [Postgrado]. Universidad Científica del Sur; 2015.
37. Sánchez H, Reyes C, Mejía K. Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. Manual. Universidad [internet]. 2018 [consultado 3 de noviembre 2020]. Universidad Ricardo Palma. Disponible en: <https://bit.ly/3f2vosa>.
38. Hernández R, Mendoza C. Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. [internet] .México. 2018. [consultado e de noviembre 2020] D.F. McGraw Hill Education. Disponible en: <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>

## **ANEXOS**

ANEXO N°01

FORMULACION DE PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DISEÑO METODOLOGICO
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>-¿Cuál será la resistencia a la compresión de la microdureza superficial de cuatro cementos a base de silicato de calcio cemento Portland blanco, cemento Portland gris, Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®) y Biodentine™?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>-¿Cuál será la resistencia a la compresión de la microdureza superficial del cemento experimental Portland blanco?</p> <p>-¿Cuál será la resistencia a la compresión de la microdureza superficial del cemento experimental Portland gris?</p> <p>-¿Cuál será la resistencia a la compresión de microdureza superficial del Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®)?</p> <p>-¿Cuál será la resistencia a la compresión de microdureza superficial del cemento Biodentine™?</p> <p>¿Cuál de los cuatro cementos a base de silicato de calcio presenta mayor resistencia a la compresión de la microdureza superficial?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Determinar la resistencia a la compresión de la microdureza superficial de cuatro cementos a base de silicato de calcio; cemento Portland blanco, cemento Portland gris, Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®) y Biodentine™.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>-Determinar la resistencia a la compresión de la microdureza superficial del cemento experimental Portland blanco.</p> <p>-Determinar la resistencia a la compresión de la microdureza superficial del cemento experimental Portland gris.</p> <p>-Determinar la resistencia a la compresión de la microdureza superficial del Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®).</p> <p>-Determinar la resistencia a la compresión de la microdureza superficial del cemento Biodentine™.</p> <p>- Identificar el cemento a base de silicato de calcio que presenta mayor resistencia a la compresión de la microdureza superficial.</p>	<p><b>HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>H1: El cemento Portland blanco tendrá mayor resistencia a la microdureza superficial en comparación al cemento Portland gris, Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®) y Biodentine™.</p> <p>H0: El cemento Portland blanco no tendrá mayor resistencia a la microdureza superficial en comparación al cemento Portland gris, Mineral trióxido agregado (MTA Angelus®) y Biodentine™.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p>Microdureza superficial de cementos endodonticos a base de silicato de calcio.</p> <p><b>INDICADORES</b></p> <p>-cemento Portland blanco</p> <p>-cemento Portland gris</p> <p>-MTA-Angelus®</p> <p>-Biodentine™</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b></p> <p>Resistencia compresiva a la microdureza superficial</p> <p><b>INDICADORES</b></p> <p>Microdureza punta de Vickers</p> <p><b>COVARIABLE</b></p> <p>tiempo</p> <p><b>INDICADORES</b></p> <p>Horas de fraguado de cementos de silicato de calcio</p>	<p><b>EL TIPO DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>experimental in vitro, descriptivo, transversal y prospectivo.</p> <p>A nivel comparativo</p> <p><b>POBLACIÓN</b></p> <p>La población está compuesta por cuerpos de prueba de cementos experimentales que serán almacenados a 37 °C por 24 y 48 horas.</p> <p><b>MUESTRA</b></p> <p>La muestra está constituida por 20 cuerpos de prueba por cada subgrupo, siendo un total de 80 muestras.</p> <p><b>RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p> <p>se registró mediante unas fichas de recolección de datos de 24 y 48 horas</p> <p><b>TECNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS</b></p> <p>Los datos se analizaron mediante la prueba estadística ANOVA y se realizó la prueba de normalidad de Shapiro Will para observar si los datos se encuentran en distribución normal y para comparar las diferencias entre los cementos de estudio se realizará la prueba de Tukey.</p>

## MATRIZ DE CONSISTENCIA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TITULO: “ESTUDIO IN VITRO DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA EN LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DE CUATRO CEMENTOS A BASE DE SILICATO DE CALCIO: CEMENTO PORTLAND BLANCO, CEMENTO PORTLAND GRIS, MINERAL TRIÓXIDO AGREGADO (MTA Angelus®) Y BIODENTINE™, LIMA- 2020”

**ANEXO N° 02**

**Ficha de recolección de datos**

“ESTUDIO IN VITRO DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA EN LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DE CUATRO CEMENTOS A BASE DE SILICATO DE CALCIO: CEMENTO PORTLAND BLANCO, CEMENTO PORTLAND GRIS, MINERAL TRIÓXIDO AGREGADO (MTA Angelus®) Y BIODENTINE™, LIMA- 2020”

**Tiempo de medición:** 24 horas

**Grupo de muestra:**.....

<b>CUERPO DE PRUEBA</b>	<b>IDENTACION 1</b>	<b>IDENTACION 2</b>	<b>IDENTACION 3</b>
<b>1</b>			
<b>2</b>			
<b>3</b>			

4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Fuente: López A. Evaluación de la microdureza superficial de cementos de uso odontológico, estudio in vitro [Postgrado]. Universidad Científica del Sur; 2015.

### ANEXO N° 03

#### Ficha de recolección de datos

“ESTUDIO IN VITRO DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA EN LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DE CUATRO CEMENTOS A BASE DE SILICATO DE CALCIO: CEMENTO PORTLAND BLANCO, CEMENTO PORTLAND GRIS, MINERAL TRIÓXIDO AGREGADO (MTA Angelus®) Y BIODENTINE™, LIMA- 2020”

**Tiempo de medición:** 48 horas

**Grupo de muestra:**.....

CUERPO DE PRUEBA	IDENTACION 1	IDENTACION 2	IDENTACION 3
1			
2			
3			

4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Fuente: López A. Evaluación de la microdureza superficial de cementos de uso odontológico, estudio in vitro [Postgrado]. Universidad Científica del Sur; 2015.

**ANEXO N° 04**

**Resultados de la microdureza elaborado en el laboratorio de HIGH TECHNOLOGY  
LABORATORY CERTIFICATE.**



INFORME DE ENSAYO N°		IE-036-2020	EDICION N° 2	Página 1 de 6
<b>ENSAYO DE MICRODUREZA VICKERS EN CEMENTOS ODONTOLÓGICOS</b>				
<b>1. TESIS</b>	*ESTUDIO IN VITRO DE LA RESISTENCIA COMPRESIVA EN LA MICRODUREZA SUPERFICIAL DE CUATRO CEMENTOS A BASE DE SILICATO DE CALCIO; CEMENTO PORTLAND BLANCO, CEMENTO PORTLAND GRIS, MINERAL TRIÓXIDO AGREGADO Y BIODENTINE. LIMA 2020.*			
<b>2. DATOS DEL SOLICITANTE</b>				
<b>NOMBRE Y APELLIDOS</b>	Bayleth Celo Navaro Huamani			
<b>DNI</b>	77022142			
<b>DIRECCIÓN</b>	Mz G lote 44 Pacifico II calle Alfonso Ugarte			
<b>DISTRITO</b>	San Juan de Miraflores			
<b>3. EQUIPOS UTILIZADOS</b>				
<b>INSTRUMENTO</b>	Microdureómetro Vickers Electrónico – Marca LG			
<b>MODELO</b>	HV-1000			
<b>APROXIMACIÓN</b>	1 µm - 40X			
<b>INSTRUMENTO</b>	Vernier digital de 200mm			
<b>MARCA</b>	Mitutoyo			
<b>APROXIMACIÓN</b>	0.01mm			
<b>4. RECEPCIÓN DE MUESTRAS</b>				
<b>FECHA DE INGRESO</b>	02	Septiembre	2020	
<b>LUGAR DE ENSAYO</b>	Boulevard Los Miraflores Nro. 1319 Lote 48 Mz. M Urb. Los Jardines Segunda Etapa San Juan de Lurigancho.			
<b>CANTIDAD</b>	4 Grupos			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Muestras de Cementos con dimensiones: 4 mm de diámetro y 6 mm de altura			
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	Grupo 1	Portland Blanco		
	Grupo 2	Portland Gris		
	Grupo 3	Mineral Trióxido Agregado		
	Grupo 4	Biodentine		
<b>5. REPORTE DE RESULTADOS</b>				
<b>FECHA DE EMISIÓN DE INFORME</b>	08	Septiembre	2020	

Resultados de microdureza del cemento experimental Portland gris en 24 y 48 horas con las tres indentaciones 10gr, 25gr, 50gr.

INFORME DE ENSAYO N°		IE-006-2020	EDICION N° 2	Página 3 de 6	
Grupo 2		Portland Gris – 24 horas			
Especimen	Carga de ensayo g (N)	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Promedio Hv Kg/mm <sup>2</sup>
1	25 (0,21574)	4,9	5,8	4,6	5,1
2		4,3	6,1	5,8	5,4
3		5,3	5,8	6,1	5,7
4		5,4	6,1	5,7	5,7
5		6,2	6,9	6,1	6,4
6		8,1	7,8	7,5	7,7
7		8,4	7,4	7,8	7,9
8		8,6	7,9	7,6	8,0
9		9,6	6,9	7,8	8,1
10		8,9	7,3	8,0	8,1
Grupo 2		Portland Gris – 48 horas			
Especimen	Carga de ensayo g (N)	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Promedio Hv Kg/mm <sup>2</sup>
11	25 (0,21574)	9,1	8,4	8,2	8,6
12		9,3	8,9	7,9	8,7
13		9,3	8,6	8,1	8,7
14		9,3	8,1	8,1	8,5
15		7,8	8,6	8,1	8,2
16		8,1	7,9	8,6	8,2
17		8,6	8,1	7,9	8,2
18		9,1	7,9	7,8	8,3
19		8,9	8,1	8,1	8,4
20		9,8	8,6	8,1	8,8

Resultados de microdureza de cemento experimental Portland blanco en 24 y 48 horas con las tres indentaciones de 10gr, 25gr, 50gr.

INFORME DE ENSAYO N°		IE-036-2020	EDICION N° 2	Página 2 de 6	
<b>6. RESULTADOS GENERADOS</b>					
Grupo 1		Portland Blanco – 24 horas			
Especimen	Carga de ensayo Q (N)	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Promedio Hv Kg/mm <sup>2</sup>
1	25 (0.21574)	5.5	6.1	4.8	5.5
2		5.3	5.8	6.1	5.7
3		7.1	8.4	6.1	7.2
4		6.8	7.1	6.1	6.7
5		4.7	6.8	5.8	5.8
6		4.1	5.5	4.8	4.8
7		6.8	6.1	7.4	6.8
8		5.7	6.7	5.9	6.1
9		6.1	6.3	7.4	6.6
10		6.8	6.1	6.8	6.6
Grupo 1		Portland Blanco – 48 horas			
Especimen	Carga de ensayo Q (N)	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Promedio Hv Kg/mm <sup>2</sup>
11	25 (0.21574)	8.5	7.4	8.3	8.1
12		8.4	9.7	8.3	8.8
13		9.7	8.4	6.4	8.2
14		7.1	8.9	8.1	8.0
15		6.8	7.9	8.7	7.8
16		7.6	7.9	7.8	7.8
17		7.6	8.1	7.1	7.6
18		8.4	7.8	8.1	8.1
19		7.4	9.0	7.8	8.1
20		6.8	7.3	7.7	7.3

Resultados de microdureza de cemento MTA Angelus® en 24 y 48 horas con las tres indentaciones 10gr, 25gr, 50gr.



- LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECANICOS DE MATERIALES  
- LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

INFORME DE ENSAYO N°		IE-036-2020		EDICION N° 2		Página 4 de 6	
Grupo 3		Mineral Trióxido Agregado – 24 horas					
Especimen	Carga de ensayo g (N)	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Promedio Hv Kg/mm <sup>2</sup>		
1	25 (0.21574)	4.8	5.1	6.1	5.3		
2		3.2	5.4	6.8	5.1		
3		3.8	4.1	3.1	3.7		
4		3.4	3.8	4.8	4.0		
5		6.5	5.3	5.4	5.7		
6		6.4	5.8	4.6	5.6		
7		5.8	5.4	5.9	5.7		
8		4.9	5.1	4.8	4.9		
9		5.1	4.9	5.1	5.0		
10		5.4	5.6	6.1	5.7		
Grupo 3		Mineral Trióxido Agregado – 48 horas					
Especimen	Carga de ensayo g (N)	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Promedio Hv Kg/mm <sup>2</sup>		
11	25 (0.21574)	9.8	10.3	9.7	9.9		
12		8.4	9.8	10.4	9.5		
13		9.6	9.9	8.7	9.4		
14		7.8	8.3	8.4	8.2		
15		5.4	6.8	6.4	6.2		
16		6.4	6.7	5.1	6.1		
17		6.0	5.8	7.4	6.4		
18		8.0	7.1	4.7	6.6		
19		7.4	6.5	5.1	6.3		
20		5.5	6.1	5.7	5.8		

Resultados de microdureza del cemento Biodentine™ en 24 y 48 horas con las tres indentaciones de 10gr, 25gr, 50gr.



- LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES  
- LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

INFORME DE ENSAYO N°		IE-036-2020		EDICION N° 2		Página 5 de 6	
Grupo 4		Biodentine – 24 horas					
Espécimen	Carga de ensayo g (N)	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Promedio Hv Kg/mm <sup>2</sup>		
1	25 (0.21574)	38.5	32.5	35.7	35.6		
2		31.6	32.8	30.4	31.6		
3		34.4	33.9	34.8	34.4		
4		30.0	31.8	32.2	31.3		
5		31.8	32.7	31.8	32.1		
6		35.6	34.9	36.5	35.7		
7		30.8	32.1	31.8	31.6		
8		31.8	30.8	32.8	31.8		
9		33.4	32.1	35.4	33.6		
10		34.7	36.4	35.7	35.6		
Grupo 4		Biodentine – 48 horas					
Espécimen	Carga de ensayo g (N)	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Hv Kg/mm <sup>2</sup>	Promedio Hv Kg/mm <sup>2</sup>		
11	25 (0.21574)	37.8	39.5	36.5	37.9		
12		37.8	36.7	34.8	36.4		
13		36.4	35.8	35.8	36.0		
14		48.1	42.9	41.1	44.0		
15		41.3	40.1	42.8	41.4		
16		39.5	35.8	38.1	37.8		
17		40.5	37.9	41.9	40.1		
18		38.1	37.8	38.4	38.1		
19		35.7	35.9	36.7	36.1		
20		36.1	36.4	37.8	36.4		

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C  
Boulevard Los Mirables Nro. 1319 Lote 48 Mz. M Urb. Los Jardines 2da Etapa San Juan de Lurigancho  
Telf.: +51(01) 4065 215 - 997 123 584 Lunes a Viernes de 08:00 am - 07:00 pm - Sábados de 09:00 am - 5:00 pm  
E-mail.: Robot.etmec@gmail.com

## ANEXO N°5

### Informe del porcentaje del Turnitin

#### Tesis

##### INFORME DE ORIGINALIDAD



##### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://www.science.gov">www.science.gov</a> Fuente de Internet	4%
2	<a href="http://pesquisa.bvsalud.org">pesquisa.bvsalud.org</a> Fuente de Internet	4%
3	<a href="http://doaj.org">doaj.org</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://www.mysciencework.com">www.mysciencework.com</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://orca-mwe.cf.ac.uk">orca-mwe.cf.ac.uk</a> Fuente de Internet	1%
6	S Pushpa, Chakit Maheshwari, Garima Maheshwari, N Sridevi, Puneeta Duggal, Puneet Ahuja. "Effect of pH on solubility of white Mineral Trioxide Aggregate and Biodentine: An in vitro study". Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects, 2018 Publicación	1%
7	<a href="http://onlineibrary.wiley.com">onlineibrary.wiley.com</a> Fuente de Internet	1%

8	Submitted to Ayrshire Regional College	1%
<small>Trabajo del estudiante</small>		
9	Behnam Bolhari, Mohammad Hossein Nekoofar, Mohammadreza Sharifian, Sholeh Ghabrai, Naghmeh Meraji, Paul M.H. Dummer. "Acid and Microhardness of Mineral Trioxide Aggregate and Mineral Trioxide Aggregate-like Materials", <i>Journal of Endodontics</i> , 2014	<1%
<small>Publicación</small>		
10	<a href="http://www.bioceramik.com">www.bioceramik.com</a>	<1%
<small>Fuente de Internet</small>		
11	<a href="http://repositorio.ufpel.edu.br:8080">repositorio.ufpel.edu.br:8080</a>	<1%
<small>Fuente de Internet</small>		
12	Alaa E. Dawood, Peter Parashos, Rebecca H.K. Wong, Eric C. Reynolds, David J. Manton. "Calcium silicate-based cements: composition, properties, and clinical applications", <i>Journal of Investigative and Clinical Dentistry</i> , 2017	<1%
<small>Publicación</small>		
13	<a href="http://link.springer.com">link.springer.com</a>	<1%
<small>Fuente de Internet</small>		
14	Buffy Storm, Frederick C. Eichmiller, Patricia A. Tordik, Gary G. Goodell. "Setting Expansion of Gray and White Mineral Trioxide Aggregate and Portland Cement", <i>Journal of Endodontics</i> , 2008	<1%
<small>Publicación</small>		

15	Submitted to Oaklands College <small>Trabajo del estudiante</small>	<1%
16	Sérgio Ribeiro da Silva, José Dias da Silva Neto, Daniela Francescato Veiga, Taylor Brandão Schnaider, Lydia Masako Ferreira. "Portland cement versus MTA as a root-end filling material. A pilot study", Acta Cirurgica Brasileira, 2015 <small>Publicación</small>	<1%
17	<a href="http://www.ephor.nl">www.ephor.nl</a> <small>Fuente de Internet</small>	<1%
18	<a href="http://journals.copmadrid.org">journals.copmadrid.org</a> <small>Fuente de Internet</small>	<1%
19	<a href="http://docplayer.net">docplayer.net</a> <small>Fuente de Internet</small>	<1%
20	<a href="http://www.dmekoofar.com">www.dmekoofar.com</a> <small>Fuente de Internet</small>	<1%
21	<a href="http://www.i-scholar.in">www.i-scholar.in</a> <small>Fuente de Internet</small>	<1%
22	<a href="http://www.hindawi.com">www.hindawi.com</a> <small>Fuente de Internet</small>	<1%
23	<a href="http://dspace.ucuenca.edu.ec">dspace.ucuenca.edu.ec</a> <small>Fuente de Internet</small>	<1%
24	<a href="http://id.123dok.com">id.123dok.com</a> <small>Fuente de Internet</small>	<1%



## ANEXO N° 06

### Secuencia fotográfica de la investigación

**Fotografía 1:** Los cementos a base de silicato de calcio que se utilizaron en la investigación fueron el cemento Portland gris (cemento Andino), cemento Portland blanco (cemento Huascarán), MTA Angelus® y Biodentine™.



**Fotografía 2:** Mesa de trabajo junto a la matriz metálica calibrada de acuerdo a las normas ISO 6507-2:2018.



**Fotografía 3:** Elaboración de las muestras del cemento Portland gris (cemento Andino), cemento Portland blanco (cemento Andino) y MTA.



**Fotografía 4:** Aplicación de los cementos en la matriz y muestras cemento Portland blanco (cemento Huascarán) y Portland gris (cemento Andino).



**Fotografía 5:** Muestras del cemento MTA Angelus®.



**Fotografía 6:** Elaboración de las muestras con el cemento Biodentine™.



**Fotografía 7:** Aplicación del Biodentine™ en el amalgamador.

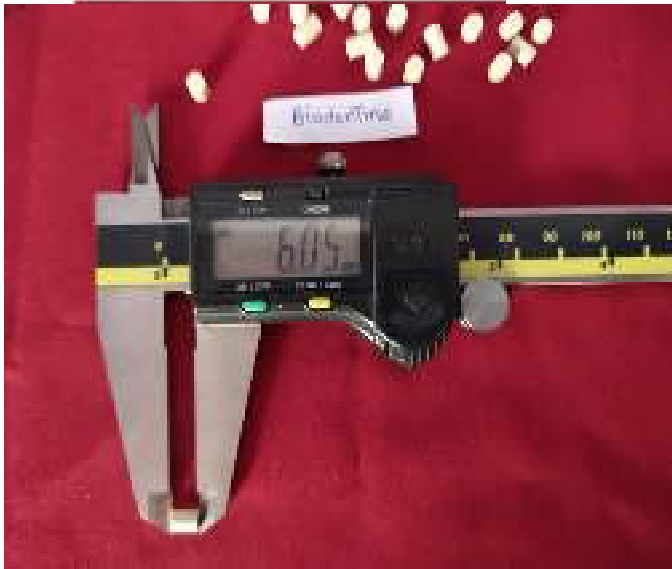


**Fotografía 8:** Aplicación de biodentine™ en la matriz con un condensador de cemento.

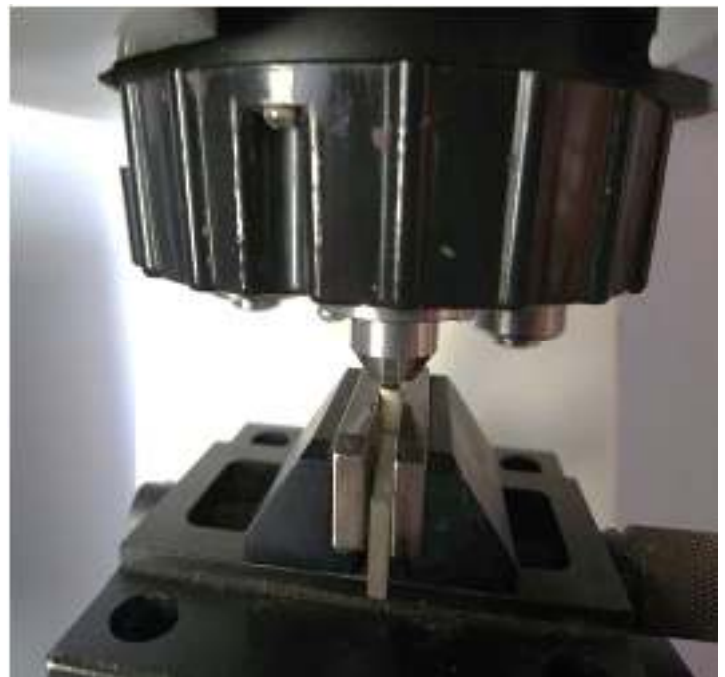




**Fotografía 9:** Se calibró los cilindros a base de silicato de calcio.



**Fotografía 10:** Durómetro de Vickers.



**Fotografía 11:** El indentador es penetrado en la superficie de la muestra utilizando una fuerza de 10 g ,25g y 50g.



**Fotografía 12:** Una vez que esta fuerza se ha retirado, se miden ópticamente los diagonales d1 y d2 de la huella de forma cuadrada que deja muestra.

