



**UNIVERSIDAD PRIVADA NORBERT WIENER**  
**Escuela Académico Profesional de Odontología**

**Tesis**

**“RESISTENCIA EXPERIMENTAL A LA COMPRESIÓN DEL  
CEMENTO PORTLAND ASOCIADO CON  
MICROPARTÍCULAS DE CIRCONIO EN COMPARACIÓN  
AL MINERAL TRIÓXIDO AGREGADO - IN VITRO. LIMA -  
2020”**

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

**Autor:**

**CHERRES SEVILLA, REINA YSABEL**

**2021**

**LIMA – PERÚ**

**“Resistencia experimental a la compresión del Cemento  
Portland asociado con Micropartículas de Circonio en  
comparación al Mineral Trióxido Agregado- In Vitro.**

**Lima – 2020”**

**Asesor (a):**

**Dra. GARAVITO CHANG, ENNA**

## **Jurados**

Presidente: Mg. CD. Llerena Meza Verónica.

Secretaria: Mg. CD. Araujo Farje Jessica Jazmin.

Vocal: Mg. CD Huapaya Pisconte Gian Viviana.

## **DEDICATORIA**

La presente tesis está dedicada a Dios y a las personas más importantes de mi vida que son mis padres Ysabel y Miguel, porque gracias a ellos he tenido la oportunidad de alcanzar este gran logro profesional con tanto esfuerzo; a mi hermano Christopher por su gran apoyo durante mi tiempo de estudio y el gran cariño que siempre me brinda. Finalmente, a Luis por el amor que siempre me da y apoyo incondicional en todo momento.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi alma mater Norbert Wiener por ser forjador de excelentes profesionales líderes; especialmente en el área de Odontología, contando con implementación de equipos e inmobiliario actualizado e idóneo para el desarrollo académico, brindándome la formación y los conocimientos necesarios para lograr ser profesional y así poder desempeñarme en el campo laboral. También a los excelentes docentes como la Dra. Paola Dalby Morla, Dra. Alexandra Santa Cruz y el Dr. Jimmy Ascanoa Olazo, por sus orientaciones y consejos. Muchísimas gracias por sus sabias enseñanzas, consejos y los gratos recuerdos que los llevaré siempre.

## INDICE GENERAL

<b>1. CAPÍTULO I: EL PROBLEMA</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Justificación de la investigación	5
1.4.1. Teórica	5
1.4.2. Metodológica	5
1.4.3. Práctica	5
1.5. Limitaciones de la investigación	6
1.5.1. Temporal	6
1.5.2. Espacial	6
1.5.3. Recursos	6
<b>2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	<b>7</b>
2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.2. Bases teóricas	14
2.3. Formulación de hipótesis	20
2.3.1. Hipótesis general	20
2.3.2. Hipótesis específicas	20
<b>3. CAPITULO III: MÉTODOLOGÍA</b>	<b>21</b>
3.1. Tipo y nivel de investigación	22
3.2. Población y muestra	22
3.3. Operacionalización de las variables	23
3.4. Procesamiento y análisis de datos	24

3.5. Aspectos éticos	26
<b>4. CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b>	<b>27</b>
4.1. Resultados	28
4.1.1. Análisis descriptivo de resultados	29
4.1.2. Prueba de hipótesis	33
4.1.3. Discusión de resultados	34
<b>5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>36</b>
5.1. Conclusiones	37
5.2. Recomendaciones	38
Referencias	39
ANEXOS	43

## INDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla 1	.....	28
	.....	
Gráfico 1	.....	29
	.....	
Tabla 2	.....	30
	.....	
Tabla 3	.....	31
	.....	
Tabla 4	.....	32
	.....	

## RESUMEN

Los cementos de silicato de calcio, se utilizan comúnmente en el campo de los biomateriales de endodoncia, por esta razón el uso del cemento a base de silicato de calcio llamado comercialmente cemento Portland por su composición química y estructura muy similar, se está utilizando para diversas terapias endodónticas. La presente tesis tiene como objetivo principal determinar la resistencia experimental a la compresión del Cemento Portland (CP) asociado con micropartículas de circonio (OZi) en comparación al MTA Lima - 2020. Es de tipo experimental in vitro y prospectivo. Se utilizó el Cemento Portland (Huascarán Cementos), el cemento MTA Angelus y el Cemento Portland asociado con micropartículas de circonio (CP + OZi), en una muestra compuesta por 10 cuerpos de prueba de cementos por cada grupo, totalizando (n=30). Se evaluó la resistencia experimental a la compresión de los cementos a base de silicato de calcio por medio de la máquina de ensayo Universal Instron® con carga compresiva en kN a una velocidad de 1mm/min expresados en MPa. Donde el CP obtuvo el nivel más alto seguido del MTA- Angelus y el CP + OZi obtuvo el nivel más bajo de los grupos experimentales en un periodo de 48 horas. Por lo que se concluyó, el agente de micropartículas de circonio asociado al Cemento Portland no mejoró las propiedades mecánicas a las 48 horas, pero el Cemento Portland puede potencialmente usarse como alternativa a los materiales basados en MTA.

**Palabras clave:** Resistencia mecánica, resistencia compresiva, MTA, silicato de calcio, cemento portland.

## Summary

Calcium silicate cements are commonly used in the field of endodontic biomaterials, for this reason the use of calcium silicate-based cement commercially called Portland cement due to its very similar chemical and structural composition, is being used for various endodontic therapies. The present thesis has as main objective is to determine the experimental resistance to compression of Portland Cement (CP) associated with zirconium microparticles (OZi) compared to MTA Lima - 2020. It is experimental in vitro and prospective. Portland Cement (Huascarán Cementos), MTA Angelus cement and Portland Cement associated with zirconium microparticles (CP + OZi) were used, in a sample composed of 10 test matrix of cements for each group, totaling (n = 30). The experimental resistance to compression of the calcium silicate-based cements was evaluated by means of the Universal Instron® testing machine with compressive load in kN at a speed of 1mm / min expressed in MPa. Where the CP obtained the highest level followed by the MTA-Angelus and the CP + OZi obtained the lowest level of the experimental groups in a period of 48 hours. In conclusion, the zirconium microparticle agent associated with Portland Cement did not improve the mechanical properties at 48 hours, but Portland Cement can potentially be used as an alternative to MTA-based materials.

Keywords: Mechanical resistance, compressive resistance, MTA, calcium silicate, portland cement.

## INTRODUCCIÓN

El agregado de trióxido mineral (MTA) se considera el material ideal para el tratamiento de recubrimiento pulpar, pulpotomía, formación de barrera apical en dientes con pulpas necróticas y ápices abiertos, reparación de perforaciones radiculares y obturación del extremo radicular debido a su adaptación marginal y biocompatibilidad, debido a sus buenas propiedades biológicas, químicas y fisicomecánicas.

Se ha informado que el MTA y el cemento Portland (CP) son cementos de silicato de calcio (CSC) con una composición similar excepto por el óxido de bismuto ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ), el agente radiopacificante del MTA. El MTA presenta largos periodos de tiempo en fraguar, además se han informado inconvenientes fisicomecánicas. Asimismo, se ha demostrado que la adición de 20% de BO al MTA confiere una alta radiopacidad, pero interfiere en algunas propiedades mecánicas del material.

Se han propuesto diferentes modificaciones a los cementos de silicato de calcio, como la adición de nuevas alternativas de aditivos a  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  como el subnitrito de bismuto, carbonato de bismuto, yodoformo, tungstato de calcio ( $\text{CaWO}_4$ ) y óxido de circonio ( $\text{ZrO}_2$ ), por sus buenas propiedades físicas y mecánicas. Este último es un metal óxido y se ha utilizado recientemente debido a una variedad de propiedades beneficiosas tales como una excelente tenacidad, resistencia mecánica, alta resistencia a la flexión, dureza, resistencia a la fractura, abrasión y corrosión, estética por su color blanco y biocompatibilidad, que le hacen una elección buena para asociarlos como reforzamiento estructural en los cementos dentales.

Teniendo como objetivo mejorar la resistencia experimental a la compresión del Cemento Portland asociado con micropartículas de circonio en comparación al MTA.

# **1. CAPÍTULO I: EL PROBLEMA**

## 1.1. Planteamiento del problema

Los cementos a base de silicato de calcio son compuestos utilizados para la reparación de perforaciones, relleno retrógrado, recubrimiento pulpar, pulpotomía y apexificación, debido a su excelente biológico y satisfactorias propiedades fisicoquímicas.<sup>1</sup> En su composición se describió como una mezcla principalmente de silicatos de calcio compuestos por silicato tricálcico, aluminato tricálcico, óxido tricálcico y óxido de bismuto además de otros óxidos minerales.<sup>1,2</sup> Siendo el principal representante comercial de los cementos de silicato de calcio al cemento mineral trióxido agregado (MTA).<sup>2</sup>

Según la patente del mineral trióxido agregado (MTA) realizada por la Universidad de Loma Linda en 1990 en USA, se utilizó por sus principales compuestos el silicato tricálcico, aluminato tricálcico, el óxido tricálcico y el óxido de silicato. El MTA se compone básicamente de cemento Portland (CP) ordinario de tipo 1 y óxido de bismuto que mejoran la radiopacidad. Siendo el principal interés de su uso en odontología; pues, se centra en una posible alternativa al agregado de trióxido mineral (MTA), porque el PC es menos costoso y está ampliamente disponible.<sup>2,3</sup>

Se ha informado que el MTA y el cemento Portland (CP) son cementos de silicato de calcio (CSC) que presentan excelentes propiedades físicas, químicas y biológicas; además, una composición similar excepto por el óxido de bismuto ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ), el agente radiopacificante del MTA y teniendo en cuenta la ventaja económica de CP sobre MTA.<sup>3</sup> Diversos reportes detallan la presencia del  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , como factor de interferencia en la precipitación de la formación de puentes de calcio, su biocompatibilidad y citotoxicidad realizado en estudios de células de pulpa dental humana.<sup>4</sup> Además de presentar alteraciones en el mecanismo de hidratación del MTA

provocando daños microestructurales, aumentando la porosidad y solubilidad a la matriz del cemento de silicato de calcio resultando en una reducción de las propiedades mecánicas.<sup>5,6</sup>

Por lo que surgieron nuevos aditivos alternativos al Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> para mejorar la composición del MTA. Húngaro Duarte et al. observó que el PC asociado con Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, bismuto subnitrate, carbonato de bismuto, yodoformo, tungstato de calcio (CaWO<sub>4</sub>) y óxido de circonio (ZrO<sub>2</sub>) proporcionaron mejores propiedades mecánicas para uso como material clínico.<sup>6</sup> Tanomaru et al. refiere el aporte del ZrO<sub>2</sub> a CP y observó que una combinación de 30% ZrO<sub>2</sub> a CP presenta excelentes propiedades de radiopacidad, resistencia a la compresión, ajuste tiempo, absorción de agua y solubilidad similar a ProRoot MTA. También demostraron que la adición de un 30% de ZrO<sub>2</sub> a la CP resultó en un material con buenas propiedades comparables al MTA.<sup>6</sup> Camilleri y col.<sup>7</sup> encontró la hidratación del CP con la adición de ZrO<sub>2</sub> al 30% resultó en un aumento en el pH, calcio liberación de iones y potencial bioactivo. Antonijevic y col.<sup>8</sup> encontró que ZrO<sub>2</sub> podría usarse como un sustituto de Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en MTA, porque este radiopacificante no altera las propiedades de MTA. Además, Liu et al.<sup>9</sup> reportó el uso de ZrO<sub>2</sub> en forma de tamaño microparticulado y nanoparticulado en cementos dentales, su buena bioactividad y biocompatibilidad.

Por lo que es necesario investigar la asociación del Cemento Portland al ZrO<sub>2</sub>, pudiendo ser considerado como un agente para mejorar las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión.

## **1.2. Formulación del problema**

### 1.2.1. Problema general

- ¿Cuál será la resistencia experimental a la compresión del Cemento Portland asociado con micropartículas de circonio en comparación al Cemento Portland y el MTA?

### 1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será la resistencia experimental a la compresión del Cemento Portland?
- ¿Cuál será la resistencia experimental a la compresión del Cemento Portland asociado con micropartículas de circonio?
- ¿Cuál será la resistencia experimental a la compresión del Mineral Trióxido Agregado?

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

#### 1.3.1 Objetivo general

- Determinar la resistencia experimental a la compresión del Cemento Portland asociado con micropartículas de circonio en comparación al MTA.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la resistencia experimental a la compresión del Cemento Portland.
- Determinar la resistencia experimental a la compresión del Cemento Portland asociado con micropartículas de circonio.
- Determinar la resistencia experimental a la compresión del Mineral Trióxido Agregado.

## **1.4 Justificación de la investigación**

### 1.4.1 Teórica

El documento de tesis debido a nuestros resultados del Cemento Portland pudo llegar a tener mejores propiedades fisicomecánicas en la resistencia a la compresión en comparación al cemento MTA® que actualmente es considerado el material “gold estándar” en diversos tratamientos odontológicos a nivel endodóntico; por lo que se puede considerar evaluar sus otras propiedades biológicas, físicas y mecánicas; de esta formulación, se puede generar un posible biomaterial dental para su utilización en el campo odontológico.

### 1.4.2 Metodológica

Es de relevancia metodológica debido que se propuso encontrar un cemento experimental formado por el Cemento Portland asociado con micropartículas de circonio, por lo que puede contar con buenas propiedades físicas y mecánicas en comparación al MTA®; por consiguiente, puede generar nuevas líneas de investigación en el área de biomateriales dentales.

### 1.4.3 Práctica

El presente documento de tesis puede contribuir de manera semejante a otros estudios en la evaluación del comportamiento de cementos de silicato de calcio alternativos, logrando beneficiar a los pacientes y a la comunidad odontológica al poder optar por nuevos biomateriales con mejores propiedades al cemento comercial MTA.

## **1.5 Limitaciones de la investigación**

### 1.5.1 Temporal

El desarrollo del presente documento de tesis fue realizado durante los meses establecidos de agosto a diciembre del año 2020.

### 1.5.2 Espacial

El documento de tesis se realizó en el laboratorio de High Technology ubicado en la zona de Lima.

### 1.5.3 Recursos

En el presente documento de tesis se contó con el soporte técnico y profesional a fin de conseguir los objetivos propuestos de la tesis, además de tener acceso a revistas científicas actuales en el tema de estudio. Además, fue económicamente viable debido a que el costo del estudio fue asumido por el investigador.

## **2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

## 2.1. Antecedentes de la investigación

**Silva, et al., (2019)** determinaron las propiedades biológicas y físicas del Cemento Portland (CP) asociado a diferentes agentes radiopacificadores como el óxido de circonio ( $ZrO_2$ ) y el óxido de bismuto ( $Bi_2O_3$ ) a nivel microparticulado y nanoparticulado. Se analizaron los valores de radiopacidad, tiempo de fraguado, pH, liberaciones de iones de calcio y la resistencia a la compresión de los cementos experimentales. En los resultados se encontraron la asociación del CP +  $ZrO_2$  quien brindó mejor respuesta biológica y propiedades fisicoquímicas en comparación al CP +  $Bi_2O_3$ . En la respuesta del análisis químico presentaron un pH alcalino y alta liberaron iones de Calcio. En los análisis de radiopacidad, la adición del agente  $ZrO_2$  aumentó la radiopacidad, tiempo de fraguado y una mayor resistencia a la compresión al CP en comparación al CP +  $Bi_2O_3$ . Por lo que se concluye, el  $ZrO_2$  podría ser una alternativa como agente radiopacificante en sustitución de BO.<sup>7</sup>

**Bosso-Martelo, et al., (2019)** analizaron las propiedades físicas y químicas de los cementos a base de silicato de calcio asociadas con diferentes agentes radiopacificantes. El grupo control Mineral Trióxido Agregado (MTA) y en los grupos experimentales fue el cemento de silicato de calcio (CSC) asociados con los radiopacificadores de óxido de bismuto ( $Bi_2O_3$ ), óxido de circonio ( $ZrO_2$ ), óxido de niobio ( $Nb_2O_5$ ) y tungstato de calcio ( $CaWO_4$ ) a nivel de micropartículas (micro) y nanopartículas (nano). Se evaluó el tiempo de fraguado usando agujas Gilmore, la solubilidad por medio de la inmersión en agua, el pH y la liberación de iones calcio se analizaron por medio de un espectrómetro a los 3, 12 y 24 horas y 7, 14 y 21 días. En los resultados se encontraron al grupo de CSC +  $CaWO_4$ (micro) y CSC +  $ZrO_2$  (micro y nano) presentaron resultados similares al grupo control MTA, con un tiempo de fraguado final,

radiopacidad y resistencia a la compresión. El CSC + ZrO<sub>2</sub> (micro) presentaron un mayor grado de flujo y baja solubilidad. En todos los grupos de los cementos experimentales mostraron pH alcalino y liberaron iones de calcio. Llegaron a la conclusión que el agente micro radiopacificador ZrO<sub>2</sub> puede ser considerado un sustituto potencial al Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> para el CSC. <sup>8</sup>

**Galarca, et al., (2019)** determinaron las propiedades de citotoxicidad, físicas y químicas del MTA Repair HP (Angelus, Londrina, PR, Brasil) en comparación con MTA Angelus (Angelus, Londrina, PR, Brasil). Evaluaron las propiedades de citotoxicidad se determinó por cultivos de fibroblastos, tamaño de partícula por microscopia electrónica de barrido, tiempo de fraguado por dureza, radiopacidad por escala digital de cuñas de aluminio radiopacas, solubilidad en agua y resistencia a la compresión por medio de máquina de ensayo universal. En los resultados de radiopacidad y la solubilidad el MTA Repair HP fueron estadísticamente similares al grupo MTA Angelus. El MTA mostró valores de espesor de radiopacidad estadísticamente diferentes, más altos al grupo MTA Repair HP. El MTA Angelus, presentó una resistencia a la compresión más baja a los 28 días que el grupo MTA Repair HP. Además, el MTA Repair HP se configuró más lentamente en relación con la viabilidad celular de fibroblastos al MTA Repair HP después de 24 - 48 horas y a los 21 días. Llegando a la conclusión que el MTA Repair HP presentó mejor citotoxicidad, menor espesor de película, tiempo de fraguado y mejores valores de resistencia mecánica a la compresión a los 28 días en comparación al MTA Angelus. Encontrando al MTA Repair HP que presenta mejores propiedades biológicas, físicas y químicas al cemento MTA Angelus. <sup>9</sup>

**Nielsen, et al., (2018)** evaluaron las propiedades de resistencia a la compresión, módulo de flexión y resistencia a la flexión de dos nuevos cementos a base de silicato de calcio como el TheraCal LC y Biodentine en comparación al grupo control Mineral Trióxido Agregado (MTA). En la metodología se prepararon bajo las normas ISO 90027 y se analizaron por medio de la máquina de prueba universal en diferentes tiempos de 15 minutos, 3 horas y 24 horas. En los resultados se halló el TheraCal LC presentó mayor resistencia a la compresión y flexión en los periodos de tiempo de 15 minutos y 03 horas en comparación al Biodentine y MTA. En las pruebas de flexión el grupo del Biodentine presentó los mejores resultados. Concluyen que el TheraCal LC presenta mayores valores de resistencia a la compresión en cortos y largos periodos de tiempo en comparación al Biodentine y MTA.<sup>10</sup>

**Pérez, et al., (2018)** compararon la resistencia a la compresión de dos cementos a base de silicato cálcico (MTA y Biodentine). Se realizó un estudio comparativo in vitro de la resistencia mecánica de los cementos Biodentine y MTA, previamente fueron sumergidos en las soluciones de hipoclorito de sodio al 5,25% y clorhexidina al 2%. Las muestras de los cementos de silicato de calcio junto con las soluciones se incubaron a una temperatura de 36°C durante 24 horas y 28 días. Posteriormente, los cementos fueron sometidos a las pruebas de resistencia compresiva. En los resultados el cemento Biodentine presentó mayor resistencia compresiva al cemento MTA. En la asociación de los cementos con las soluciones de hipoclorito de sodio al 5,25% afectaron significativamente al Biodentine en comparación al MTA. Además, se concluyó la resistencia compresiva de estos cementos bioactivos (Biodentine y MTA) que se ve afectada cuando se mezcla con una sustancia que no está indicada por el fabricante.<sup>11</sup>

**Sheykhrezae, et al., (2018)** analizaron las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión de cementos a base de silicato de calcio expuestos a la sangre humana. Se elaboraron discos cilíndricos de cementos de silicato de calcio bajo las normas ISO 9917. Se dividieron aleatoriamente en 03 grupos, teniendo como grupo control el ProRoot MTA y como grupos experimentales al Biodentine y cemento CEM. A su vez los grupos se subdividieron en 02 subgrupos expuestos a solución de sangre a las 6h, 24h, 72h y 7 días. En los resultados la resistencia a la compresión del grupo ProRoot MTA expuesto a la sangre fue significativamente menor después de 6 h, pero no se observó diferencia en los otros intervalos de tiempo en comparación al Biodentine. En conclusión, la exposición a la sangre afecta negativamente la resistencia a la compresión de los cementos, siendo mayor al grupo Biodentine. Además, la resistencia a la compresión de todos los grupos aumentó en los intervalos de tiempo. <sup>12</sup>

**Reyes y Moscoso. (2018)**, compararon la resistencia compresiva in vitro del cemento experimental Óxido de zinc y Eugenol, Coltosol ® F, Ketac™ Molar Easymix 3M (ESPE) y Clip F (VOCO). La muestra estuvo constituida por 05 grupos y con tiempos de medición a los 7 y 14 días. La resistencia compresiva fue evaluada en la máquina Instron® a una velocidad de 1mm/1min. En los resultados el cemento experimental de óxido de zinc obtuvo valores mayores de resistencia compresiva (10.78+0.77 MPa) y (2.94 ± 1.03 MPa) a los 7 y 14 días respectivamente en comparación al Coltosol® F (7.87+0.61MPa) y (2.72 ± 0.32MPa) y Óxido de zinc y Eugenol (6.22+0.78 MPa) y (1.64 ± 0.50MPa). Encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre todos los materiales de restauración temporal. La resistencia compresiva del cemento experimental a los 7 y 14 días fue mayor que los materiales

temporales Óxido de zinc y Eugenol y Coltosol® F; sin embargo, los valores más altos de resistencia fueron para los grupos de Ketac™ Molar Easymix 3M (ESPE) y Clip F (VOCO).<sup>13</sup>

**Samiei, et al., (2017)** evaluaron el efecto de las nanopartículas de TiO<sub>2</sub> sobre el tiempo de fraguado, trabajo, fuerza de adherencia y la resistencia a la compresión del MTA. Se analizó las propiedades físicas a evaluar y se determinaron utilizando las especificaciones ISO 6786: 2001. Se prepararon quince muestras de cada material (MTA o MTA con una relación en peso del 1% de nanopartículas de TiO<sub>2</sub>) para cualquier propiedad física evaluada. Encontrando que se produjo un efecto significativo del tipo de material (presencia y ausencia de nanopartículas de TiO<sub>2</sub>) sobre la fuerza de adherencia, resistencia a la compresión, tiempo de trabajo y fraguado, con valores significativamente más altos alcanzados en el grupo con nanopartículas de TiO<sub>2</sub> en comparación al grupo sin nanopartículas TiO<sub>2</sub>. Los resultados de esta investigación in vitro, mediante la incorporación de nanopartículas de TiO<sub>2</sub> con una relación en peso del 1% aumentó el tiempo de endurecimiento y secado, durante el tiempo de trabajo, la resistencia a la compresión y la fuerza de adherencia del MTA.<sup>14</sup>

**Lucas, et al., (2017)** determinaron la resistencia a la compresión, pH y la fuerza de unión de la dentina apical del cemento Biodentine en comparación con el MTA y el cemento óxido de zinc eugenol (ZOE). De acuerdo a la especificación ISO 6876:2012 evaluaron el tiempo de fraguado y la radiopacidad. El tiempo de fraguado final, la resistencia a la compresión y el pH también fueron evaluados. La fuerza de unión del material a la dentina apical del conducto radicular se midió mediante el ensayo de expulsión. En los resultados demostraron el tiempo de

fraguado inicial que fue más corto ( $16.2 \pm 1.48$  min) y final ( $35.4 \pm 5.55$  min). Por otro lado, el cemento Biodentine halló una mayor resistencia mecánica a la compresión después de 21 días ( $37.22 \pm 5.27$  MPa) y mejor adhesión a la dentina ( $11.2 \pm 2.16$  MPa) en comparación con el MTA ( $27.68 \pm 3.56$  MPa) para la resistencia a la compresión y ( $2.98 \pm 0.64$  MPa) para la unión resistencia. Por otro lado, el MTA y el Biodentine produjeron un ambiente alcalino (pH=10) en comparación con ZOE (pH=7). Se puede concluir que Biodentine exhibió un fraguado más rápido, mayor resistencia a la compresión a largo plazo y resistencia de la unión a la dentina apical que MTA y ZOE. <sup>15</sup>

**Hwang, et al., (2010)** analizaron la composición química, propiedades de biocompatibilidad y físicas del cemento Portland en comparación al Mineral Trióxido Agregado (MTA). La composición química de los cementos se determinó mediante análisis de Difracción de Rayos X y el microscopio electrónico de barrido (SEM) y de energía dispersiva (EDAX). Se determinó el tiempo de fraguado y la resistencia a la compresión por medio de la máquina de ensayo universal. En las pruebas de biocompatibilidad se evaluó mediante por ensayo SEM y XTT. En los resultados de SEM y EDAX encontraron al cemento Portland experimental una composición similar al MTA. El tiempo de fraguado del cemento experimental Portland fue significativamente más corto que el del MTA. En la resistencia a la compresión del cemento Portland experimental fue menor al grupo del cemento MTA. El cemento Portland experimental tuvo una mayor biocompatibilidad similar al MTA. Concluyeron que el grupo del cemento experimental Portland puede ser considerado para su uso clínico en conjuntos con otros análisis y como un posible sustituto del MTA. <sup>16</sup>

## **2.2. Base teórica**

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

Los biomateriales obturadores a base de cementos de silicato de calcio, continúan siendo el cemento utilizado para su uso en la reparación de perforaciones radiculares laterales. Su composición se describió como una mezcla principalmente de silicatos de calcio compuestos por óxido de calcio (CaO) (50-75%) y dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) (15-25%). Los silicatos de calcio no son particularmente radiopacos, por lo que se añadió un agente radiopaco como el óxido de bismuto. Desde su invención, el MTA ha sido probado en condiciones de laboratorio, luego en estudios con animales y en ensayos clínicos. Los resultados positivos de estas investigaciones han hecho que el MTA se convierta en un material de uso común en odontología restauradora, pediátrica y endodoncia.

### **B. Evolución de cementos a base de silicato de calcio**

Los cementos de silicato de calcio se abren paso gradualmente a través de los diversos materiales utilizados en el área de endodoncia y odontología restauradora.<sup>10</sup> El Mineral Trióxido Agregado (MTA) fue el primero de este tipo de materiales en ser desarrollado (patentado en 1995).<sup>11</sup> Como resultado de las favorables propiedades de biocompatibilidad y bioactividad de este primer material, muchos fabricantes desarrollaron otros productos similares a MTA, como MTA Angelus (Angelus Soluções Odontológicas, Brasil) y Endo CPM Sealer (Egeo, Argentina). Estos materiales se utilizan principalmente en tratamientos de endodoncia; sin embargo, también se pueden utilizar en odontología restauradora, incluido el recubrimiento pulpar directo. Siendo esta familia de los cementos de silicato de calcio a partir del cemento

Portland en 1878 originando al MTA (agregado de trióxido mineral), una formulación a base de cemento Portland, se desarrolló hace más de 20 años como material de obturación del extremo de la raíz, pero su potencial para nuevas aplicaciones clínicas se hizo evidente más tarde gracias a sus innovadoras propiedades hidráulicas y capacidad de sellado.<sup>11</sup> Ahora tenemos más información sobre sus propiedades y se han desarrollado muchos materiales nuevos derivados de MTA.<sup>11</sup>

Los procedimientos reparadores son de suma importancia en endodoncia y los conservadores permiten mantener los dientes en buen estado de salud. El Mineral Trióxido Agregado (MTA) se ha utilizado ampliamente para estos fines desde su desarrollo en la década de 1990.<sup>12</sup> El MTA se ha utilizado para fines conservadores, manejo de fracturas radiculares, sellado de perforaciones, recubrimiento pulpar, apexificaciones, material de obturación del extremo radicular en cirugías apicales y como barrera coronal en revascularización.<sup>12</sup>

Todos estos procedimientos implican el contacto con tejidos vivos y fluidos corporales, ambiente que favorece las modificaciones físicas y las interacciones químico-biológicas con el material. Las propiedades físicas, químicas y biológicas del MTA han sido estudiadas durante décadas. Eventualmente se introdujeron sustancias, pero aún se requieren mejoras para obtener una composición ideal.<sup>13</sup> Un material restaurador endodóntico perfecto debe presentar características físicas como sellado, estabilidad dimensional y de color, radiopacidad, insolubilidad en contacto con fluidos, fluidez y fácil inserción; también propiedades químicas y biológicas como pH alcalino, liberación de iones calcio, bioactividad, adhesión celular y biocompatibilidad.<sup>13</sup>

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

Durante el tratamiento endodóntico pueden ocurrir fallas o complicaciones las cuales para su manejo se requiere de materiales biocompatibles, esto condujo al desarrollo del mineral trióxido agregado (MTA) que poseen características ideales. El (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>14</sup>

Desde su llegada, los usos del MTA se han expandido drásticamente, utilizado como un recubrimiento pulpar directo e indirecto, en pulpotomías, tratamiento de resorciones, formación radicular en apexificación y como obturación de conductos radiculares. <sup>15</sup>

Se discuten las propiedades del mineral trióxido agregado e informan que debería cumplir ciertos requisitos: sellar la parte apical en tres dimensiones, ser bien tolerado por los tejidos perirradiculares con ninguna reacción inflamatoria, no ser tóxico tanto a nivel local y sistémico, no promover e inhibir el crecimiento de organismos patógenos; estimular la regeneración de tejidos perirradiculares, no deberá verse afectado por la humedad, no debe ser absorbible por el cuerpo dentro de los confines del diente, pero el exceso fuera del diente si debe ser reabsorbible, debe ser dimensionalmente estable y no debe expandirse, no corrosivo, no pigmentar los dientes, ser fácil de mezclar e insertar y ser radiopaco. El MTA fue desarrollado como un material para satisfacer muchos de estos requisitos; sin embargo, ningún material que ha sido desarrollado logra cumplir con todas estas propiedades. <sup>16</sup>

## **Composición**

Se ha demostrado que tiene una composición muy similar a la del cemento Portland, por lo tanto, tiene algunos de los mismos inconvenientes incluyendo tiempo de fraguado prolongado, a pesar de que se ha buscado agregar posibles aditivos para acelerar este proceso y mejorar su manejo. Su composición es de 75% de cemento Portland, responsable de las propiedades físicas y químicas, óxido de bismuto 20% que le dá una radiopacidad superior a la dentina, y 5% dihidrato de sulfato de calcio o yeso.<sup>16</sup>

El MTA es un polvo que contiene finas partículas hidrofílicas que forman un gel coloidal en presencia de agua que solidifica a una estructura que dura aproximadamente 4 horas, se mezcla con agua destilada.<sup>17</sup>

## **C. Resistencia compresiva de Cementos de Silicato de Calcio**

Los cementos de silicato de calcio, como el MTA, se utilizan comúnmente en el campo del análisis de biomateriales de endodoncia. Los estándares comúnmente referenciados para las pruebas de MTA son ISO 6876, 9917-1 y 10993.<sup>18</sup>

Se han utilizado una variedad de técnicas para evaluar el desempeño de MTA, se utilizaron procedimientos para identificar los aspectos clave de las metodologías de prueba utilizadas, qué conocimientos revelan sobre el comportamiento del material y cuáles son las limitaciones de los estándares de prueba internacionales ampliamente utilizados y cómo se relacionan con el desempeño clínico. Dado que el rendimiento de MTA se ve afectado por las condiciones utilizadas en el entorno de prueba, surgen preocupaciones importantes cuando las pruebas estandarizadas no representan condiciones fisiológicas o clínicas.<sup>18</sup>

Las normas internacionales típicas (ISO) que se han utilizado para evaluar las propiedades de MTA comprenden la ISO 6876, que prueba las propiedades físicas de los selladores endodónticos, ISO 9917-1, y las propiedades físicas de los cementos de restauración; las pruebas ISO 10993 verifican la biocompatibilidad de productos sanitarios.<sup>19</sup>

Esta prueba implica colocar muestras dentro de moldes durante solo una hora antes de la prueba. Sin embargo, como los cementos MTA tardan más de una hora en fraguar, algunos consideran fraguar el MTA durante periodos de 24 h. En las pruebas mecánicas, no tiene un método (como un molde de yeso) que requiera agua ambiental difusa para ayudar en la reacción de fraguado. Por lo tanto, los cementos de MTA que carecen de agua de mezcla necesitan la adición intencional de agua o de lo contrario no se solidificarán y, por lo tanto, no tendrán resistencia a la compresión.<sup>19</sup>

Se ha demostrado que la resistencia a la compresión del MTA es de aproximadamente 60 megapascuales (MPa), pero con el paso del tiempo va aumentando, y al día 21 se observa que llega a presentar un rango de 70 MPa, el cual es similar al IRM, pero es menor que la amalgama, al presentar cantidades bajas de resistencia no se indica su colocación en áreas funcionales o sometidas a cargas excesivas.<sup>16</sup>

Diferentes soluciones y agentes oxidantes pueden afectar la resistencia del MTA, aunque en algunos estudios se ha comprobado que el uso de solución salina, agua estéril o lidocaína no tiene ningún efecto sobre la resistencia, mientras que la clorhexidina y el hipoclorito de sodio afectaron de manera mínima.<sup>17</sup>

## 2.3. Formulación de la hipótesis

### 2.3.1 Hipótesis general

- Existen diferencias en la resistencia a la compresión experimental de un Cemento Portland Blanco en comparación al Mineral Trióxido Agregado.

### 2.3.2 Hipótesis específicas

- Hi: “El Cemento Portland Blanco y el Cemento Portland Blanco Asociado con micropartículas de circonio presentará mayor resistencia a la compresión experimental en comparación al Mineral Trióxido Agregado.”
- Ho: “El Cemento Portland Blanco y el Cemento Portland Blanco Asociado con micropartículas de circonio no presentará mayor resistencia a la compresión experimental en comparación al Mineral Trióxido Agregado.”

### **3. CAPÍTULO III: DISEÑO Y MÉTODO**

### **3.1. Método de la investigación**

**Enfoque:** Cuantitativo

**Tipo:** Aplicada

**Nivel:** Comparativo

**Diseño:** Experimental in vitro, prospectivo y analítico

### **3.2. Población y muestra**

#### **3.2.1 Población**

Todos los cementos a base de silicato de calcio disponibles en el mercado odontológico.

#### **3.2.2 Muestra**

La muestra de los materiales a base de silicato de calcio fueron los Cementos Portland (Comacsa, Huascarán -Perú) y cemento MTA (Angelus, Londrina- Brasil), las cuales estuvieron compuestas por cada grupo 10 cuerpos de prueba y totalizando 30 muestras experimentales (n=30).

### 3.3 Operacionalización de variables

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	VALOR
<p><b>Independiente</b></p> <p>Cementos a base de silicato de calcio</p>	<p>Cualitativa</p> <p>Politómica</p>	<p>Tipos y marcas de cementos experimentales</p>	<p>Ficha de Datos</p>	<p>Nominal</p>	<p>Cemento Portland blanco</p> <p>Cemento Portland Asociado con micropartículas de circonio</p> <p>MTA</p>
<p><b>Dependiente</b></p> <p>Resistencia experimental a la compresión</p>	<p>Cuantitativa</p> <p>Continúa</p>	<p>Resistencia mecánica</p>	<p>Fuerzas verticales que soporta un material hasta su fractura.</p>	<p>Razón</p>	<p>En Megapascales (MPa)</p>
<p>Covariable</p> <p>Tiempo</p>	<p>Cualitativa</p>	<p>No aplica</p>	<p>Horas</p>	<p>Nominal</p>	<p>48h</p>

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

#### **A. Confección de muestras:**

Se utilizó una matriz de polietileno calibrada para la confección de los cilindros de silicato de calcio el cual tendrá 04 mm de diámetro y 06 mm de altura.

Para la elaboración de los cuerpos de prueba de silicato de calcio; se realizaron de acuerdo a las normas del fabricante. Para el proceso de mezclado de los cementos experimentales se utilizó una platina de vidrio colocando 0.28 gramos del material de prueba con dos gotas de agua destilada ultrapura para el MTA y para los cementos Portland fue el agua destilada ultrapura con una ayuda de una micropipeta para la unión de los compuestos.

Seguidamente, se colocó los cementos experimentales, de acuerdo a cada grupo, en la matriz de polietileno con la técnica incremental como se mencionó anteriormente. Esto se realizó para que los cementos experimentales se puedan distribuir uniformemente por toda la matriz de polietileno. Luego se verificaron los diámetros de los cilindros de silicato de calcio con un pie de rey con pantalla digital Mitutoyo.

#### **Pulido de cilindros de cemento:**

Se procedió a realizar el pulido de los cilindros de silicato de calcio con un sistema de lijas de agua de grano ultrafino, para la eliminación de la rugosidad, homogeneizar y tener una superficie lisa para las pruebas mecánicas de resistencia a la compresión y tener resultados más exactos.

### **Almacenamiento de los especímenes:**

Se procedió al agrupamiento de los grupos experimentales, rotulando por cada cuerpo de prueba. Posteriormente, se les asignó una codificación del 01 al 10 a los especímenes, lo cual correspondía por cada grupo, según tipo de cemento.

### **B. Evaluación de la resistencia a la compresión**

Se colocaron los especímenes uno por uno en la máquina de ensayo Universal Instron® (Modelo 3382, China) en forma vertical. La carga compresiva inicial fue de 100 kN a una velocidad de 1mm/min hasta que la muestra se fracture. El resultado se registró en MPa obtenido del software de la máquina Instron®.

Los datos fueron registrados en una ficha ad-hoc (Microsoft. Excel) especificando cada grupo de estudio, número de especímenes, fuerza compresiva y tiempo de evaluación.

### **Recolección de datos**

Los datos de la resistencia a la compresión experimental de los cilindros de silicato de calcio se registraron mediante una ficha de recolección de datos.

### **C. Análisis de datos**

Los datos encontrados se analizaron mediante el estadístico Excel y a través del paquete estadístico SPSS 22.0. Los resultados se indagaron mediante la prueba estadística ANOVA y la prueba de normalidad de Shapiro Will, para los datos encontrados fue en distribución normal y el análisis comparativo entre los cementos experimentales se realizó la prueba de Tukey.

### **3.5. Aspectos éticos**

Se obtuvo la autorización de la Escuela de Odontología de la Universidad Privada Norbert Wiener para la ejecución de la investigación.

Se empleó los servicios de un laboratorio certificado para las pruebas del estudio.

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

## 4.1. Resultados

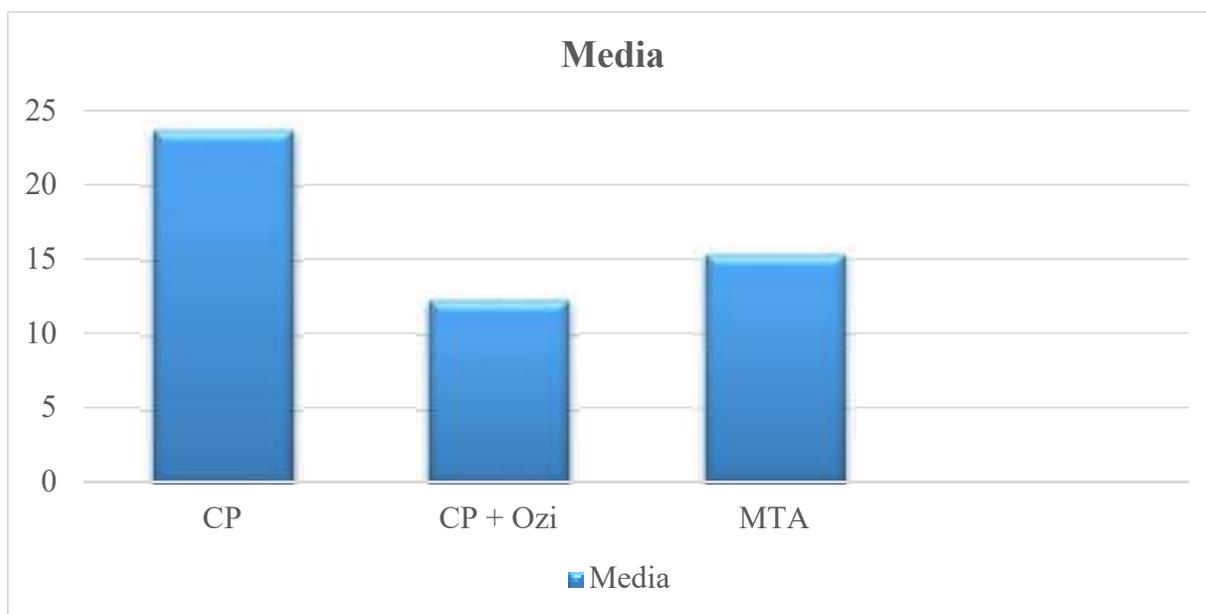
### 4.1.1 Análisis descriptivo de resultados

**TABLA N°1: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS CEMENTOS DE SILICATO DE CALCIO**

	Resistencia (MPa.)	Resistencia (MPa.)	Resistencia (MPa.)
	CP	CP + OZi	MTA
Media	23.681	12.281	15.37
Mediana	23.121	11.927	15.13
Desviación estándar	4.6428	1.2552	2.994
Varianza	21.55603	1.575655	8.967335

**TABLA N°1:** La resistencia mecánica a la compresión del Cemento Portland Blanco (CP), obtuvo el nivel más alto de promedio con el 23.68 MPa., la resistencia del Mineral Trióxido Agregado (MTA- Angelus) obtuvo un nivel regular del 15.37 MPa. y el Cemento Portland Blanco Asociado con micropartículas de circonio (CP + OZi) obtuvo el nivel más bajo con el 12.28 de resistencia en MPa.; estas diferencias de los grupos estadísticamente son significativas al ( $p < 0.05$ ).

**GRÁFICO N°1: ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS CEMENTOS DE SILICATO DE CALCIO**



**GRÁFICO N°1:** En el gráfico vemos que el nivel de resistencia mecánica en (MPa), el Cemento Portland Blanco (Huascarán Cementos) es mayor, pero por poca diferencia que la resistencia (MPa) del MTA Angelus, pero el nivel de resistencia (MPa) del Cemento Portland asociado con micropartículas de circonio si es mucho menor que los demás; estas diferencias estadísticamente significativas al ( $p < 0.05$ ).

-> agente = CP

Resistencia a la Compresión (MPa)

---

Percentiles		Smallest		
1%	18.16	18.16		
5%	18.16	18.56		
10%	18.36	19.84	Obs	10
25%	19.84	20.11	Sum of Wgt.	10
50%	22.785		<b>Mean</b>	<b>23.681</b>
		Largest	<b>Std. Dev.</b>	<b>4.642847</b>
75%	27.82	26.56		
90%	30.095	27.82	Variance	21.55603
95%	30.58	29.61	Skewness	0.2636385
99%	30.58	30.58	Kurtosis	1.557434

---

-> agente = CP+OZi

Resistencia a la Compresión (MPa)

---

Percentiles		Smallest		
1%	10.36	10.36		
5%	10.36	10.94		
10%	10.65	11.01	Obs	10
25%	11.01	11.54	Sum of Wgt.	10
50%	12.59		<b>Mean</b>	<b>12.281</b>
		Largest	<b>Std. Dev.</b>	<b>1.255251</b>
75%	13.41	13.35		
90%	13.51	13.41	Variance	1.575655
95%	13.53	13.49	Skewness	0.2779033
99%	13.53	13.53	Kurtosis	1.402262

---

-> agente = MTA

Resistencia a la Compresión (MPa)

---

Percentiles		Smallest		
1%	10.84	10.84		
5%	10.84	11.91		
10%	11.375	12.32	Obs	10
25%	12.32	14.06	Sum of Wgt.	10
50%	14.505		<b>Mean</b>	<b>15.037</b>
		Largest	<b>Std. Dev.</b>	<b>2.994551</b>
75%	18.07	15.95		
90%	19.105	18.07	Variance	8.967335
95%	19.86	18.35	Skewness	0.2232858
99%	19.86	19.86	Kurtosis	1.855523

---

### Comparación de la resistencia a la Compresión (MPa)

(Bonferroni)

Row Mean-Col Mean	CP	CP+OZi
CP+OZi	-11.4	0
MTA	-8.644	2.756
	0	0.211

p<0.05	Diferentes
p>0.05	Iguales

#### 4.1.2 Prueba de hipótesis

**Hg:** Existen diferencias en la resistencia a la compresión experimental de un Cemento Portland Blanco en comparación al Mineral Trióxido Agregado.

**Valor de significancia:** menor que 0,05 *Margen de error:* 95%

Se realizó la prueba de contrastación de hipótesis y se obtuvo un nivel de significancia menor al 0.05 ( $p < 0.05$ ). Por lo que se acepta la hipótesis general que existen diferencias en la resistencia a la compresión experimental del Cemento Portland Blanco en comparación al MTA en un estudio in vitro.

### 4.1.3. Discusión de resultados

El mineral trióxido agregado ha sido ampliamente utilizado en endodoncia debido a sus buenas propiedades fisicoquímicas y excelente biocompatibilidad. MTA y CP presentan composiciones similares, excepto por la presencia de BO, que se agrega al MTA como agente físico y mecánico.

El OZi es un material inerte ampliamente utilizado en prótesis ortopédicas debido a su biocompatibilidad, resistencia a la corrosión y resistencia mecánica. En odontología, el OZi se ha utilizado en prótesis e implantes dentales, presentando una excelente biocompatibilidad y baja toxicidad. Además, el OZi es el agente radiopacificante del sellador endodóntico AH Plus, que presenta una radiopacidad excepcional<sup>20</sup> y excelentes propiedades biológicas, como la capacidad de inducir la reparación periapical.<sup>21</sup> Bosso-Martelo et al.<sup>8</sup> mostró que el CP asociado con OZi no es citotóxico y puede ser una buena alternativa como agente físico y mecánico en sustitución de BO. Además, Hwang et al refieren la presencia BO puede inducir la formación de fallas en la matriz del cemento, afectando negativamente la resistencia mecánica del producto por la integración rápida al MTA.<sup>16</sup>

En este estudio, se agregó el agente mecánico de micropartículas de óxido de circonio (OZi) al Cemento Portland (CP) con el fin de permitir la comparación entre el impacto de estos agentes en propiedades específicas como la resistencia a la compresión.

Los resultados obtenidos demostraron valores de resistencia a la compresión de acuerdo a los valores recomendados por las normas ISO.<sup>24</sup> Encontrándose al Cemento Portland Blanco (CP), que obtuvo el nivel más alto seguido del Mineral Trióxido Agregado (MTA- Angelus) y el Cemento Portland Blanco asociado con micropartículas de circonio (CP + OZi) obtuvo el nivel más bajo de los grupos experimentales.

Lo que es consistente con estudios previos.<sup>25,26</sup> El OZi no participa en la reacción de hidratación del MTA.<sup>27</sup> Además, según Silva et al y Bosso Martelo et al.<sup>7,8</sup> la adición de OZi al PC disminuyó la porosidad al dejar más agua sin reaccionar dentro del material fraguado. Estas reacciones químicas disminuyen la solubilidad, el riesgo de fractura y desintegración del material, con una ligera disminución de su resistencia mecánica.

Silva et al y Samiei et al.<sup>7,14</sup> quien verificó que la adición de OZi al CP no provocó el deterioro de las propiedades físicas del material. Esta diferencia en los resultados puede deberse según Galarca et al y Pérez et al. a varios factores que afectan las propiedades mecánicas del cemento, como la relación polvo / líquido, el tamaño y la forma de las partículas, y las diferentes técnicas de manipulación del cemento y de incorporación del polvo al líquido.<sup>9,11</sup>

Las pruebas de resistencia a la compresión demostraron buenas propiedades mecánicas a diferencia la baja resistencia del grupo CP + OZi, en comparación a los demás materiales experimentales a las 24 y 48 horas. Según Sheykhrezae, et al.<sup>12</sup> esto se debe al fraguado continuo de los materiales, lo que da como resultado que ganen resistencia y estabilidad con el tiempo. Según Bosso y Sheykhrezae,<sup>8,12</sup> la adición de cualquier sustancia puede interferir con el mecanismo de hidratación del CP, retrasando la formación de la matriz y, en consecuencia, aumentando el tiempo de fraguado del cemento por lo que puede afectar propiedades mecánicas como la resistencia a la comprensión.

En el presente estudio, la resistencia a la compresión del CP fue mayor al MTA y la asociación del CP + OZi, lo que contrasta con los resultados reportados por algunos estudios anteriores.<sup>7,8,12</sup> Por los buenos resultados del Cemento Portland, se puede considerar como una alternativa viable a los materiales a base de silicato de calcio.

## **5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1 Conclusiones

- Los resultados obtenidos del Cemento Portland Asociado con las micropartículas de circonio fueron menores en comparación al Cemento Portland y el MTA.
- La resistencia a la compresión del Cemento Portland fue mayor al Cemento Portland Asociado con las micropartículas de circonio y el grupo control MTA a las 48 horas.
- Los resultados obtenidos sugieren que el agente de micropartículas de circonio asociado al Cemento Portland no mejoró las propiedades mecánicas a las 48 horas en comparación al Cemento Portland y el MTA.
- Además, los resultados del MTA presentó mejor resistencia mecánica a las 48 horas en comparación al Cemento Portland Asociado con las micropartículas de circonio.

## **5.2 Recomendaciones**

- Realizar nuevas investigaciones del Cemento Portland con otras marcas de cementos a base de silicato de calcio para comparar sus propiedades mecánicas.
- Realizar estudios considerando un mayor tiempo de evaluación, para determinar su resistencia mecánica de los materiales a base de silicato de calcio ya que esta condición puede generar variaciones en relación a su tiempo de fraguado.
- Estudiar el uso de nuevos aditivos para mejorar las propiedades físicas, mecánicas y biológicas para la formulación de un posible cemento dental comercial.

## **6. REFERENCIAS**

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. Silva J, Gandolfi MG. Evaluation of the radiopacity of calcium silicate cements containing different radiopacifiers. *Int Endod J.* 2019; 43(1):21-30.
8. Bosso – Martelo 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.* 2019; 18(3):237-41.
9. Galraca J, Kralj P, Veber M, Sinagra E. Characterization and analyses of MTA and leached trace elements in dental cements. *Int Endod J.* 2019; 45(8):737-43.
10. Nielsen G, Bueno CE, Oyama LM, Ribeiro DA. Ex vivo assessment of mechanic, genotoxicity and cytotoxicity in murine fibroblasts exposed to white MTA or white Portland cement with 15% bismuth oxide. *Int Endod J.* 2018; 43(10):843-8.
11. Pérez 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* 2018; 9 (9):1-9.

12. Sheykhrezae 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*. 2018; 18(4):279-83.
13. 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.
14. Samiei S, 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*. 2017; 105(1):54-7.
15. Lucas R. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *Journal of Endodontics*. 2017;19(11):541–544.
16. Hwang S, Yavari HR, Rahimi S, Eskandarinezhad M, Shakouei S, Unchi M. Comparison of the sealing ability of mineral trioxide aggregate and Portland cement used as root-end filling materials. *J Oral Sci*. 2010;53(4):517–522.
17. Holland R, de Souza V, Nery MJ, et al. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tube filled with mineral trioxide aggregate, Portland cement or calcium hydroxide. *Brazilian Dental Journal*. 2001;12(1):3–8.
18. Tanomaru-Filho M, Jorge EG, Guerreiro Tanomaru JM, Gonçalves M. Radiopacity evaluation of new root canal filling materials by digitalization of images. *Journal of Endodontics*. 2007;33(3):249–251.
19. Leonardo MR, Da Silva LAB, Almeida WA, Utrilla LS. Tissue response to an epoxy resin-based root canal sealer. *Endodontics & Dental Traumatology*. 1999;15(1):28–32.
20. Cornélio AL, Salles LP, Campos Da Paz M, Cirelli JA, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru Filho M. Cytotoxicity of Portland cement with different radiopacifying agents: a cell death study. *Journal of Endodontics*. 2011;37(2):203–210.
21. Húngaro Duarte MA, de Oliveira El Kadre GD, Vivian RR, Guerreiro Tanomaru JM, Filho MT, de Moraes IG. Radiopacity of portland cement associated with different radiopacifying agents. *Journal of Endodontics*. 2009;35(5):737–740.
22. International Organization for Standardization. *Dental Root Sealing Materials*. Geneva, Switzerland: 2001.

23. Coomaraswamy KS, Lumley PJ, Hofmann MP. Effect of bismuth oxide radioopacifier content on the material properties of an endodontic portland cement-based (MTA-like) system. *Journal of Endodontics*. 2007;33(3):295–298.
24. Camilleri J. The physical properties of accelerated Portland cement for endodontic use. *International Endodontic Journal*. 2008;41(2):151–157.
25. Camilleri J. Hydration mechanisms of mineral trioxide aggregate. *International Endodontic Journal*. 2007;40(6):462–470.
26. Saliba E, Abbassi-Ghadi S, Vowles R, Camilleri J, Hooper S. Evaluation of the strength and radiopacity of Portland cement with varying additions of bismuth oxide. *International Endodontic Journal*. 2009;42(4):322–328.
27. Camilleri J. Evaluation of the physical properties of an endodontic Portland cement incorporating alternative radiopacifiers used as root-end filling material. *International Endodontic Journal*. 2010;43(3):231–240.
28. Neville AM. *Properties of Concrete*. 3rd edition. Essex, UK: Longman Scientific and Technical; 1981.
29. Islam I, Kheng Chng H, Jin Yap AU. Comparison of the physical and mechanical properties of MTA and portland cement. *Journal of Endodontics*. 2006;32(3):193–197.

## **ANEXOS**

**Anexo N°1:**

**MATRIZ DE CONSISTENCIA PARA INFORME FINAL DE TESIS**

**TITULO: "RESISTENCIA EXPERIMENTAL A LA COMPRESIÓN DEL CEMENTO PORTLAND ASOCIADO CON MICROPARTÍCULAS DE CIRCONIO EN COMPARACIÓN AL MINERAL TRIÓXIDO AGREGADO - IN VITRO. LIMA 2020"**

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>CONCLUSIONES</b>
<p>Problema principal:</p> <p>¿Cuál será la resistencia experimental a la compresión del Cemento Portland asociado con micropartículas de circonio en comparación al Cemento Portland y el MTA?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar la resistencia experimental a la compresión del Cemento Portland asociado con micropartículas de circonio en comparación al MTA.</p>	<p>El Cemento Portland Blanco asociado con micropartículas de circonio tendrá mayor resistencia a la compresión experimental en comparación al Mineral trióxido agregado.</p>	<p>Estudio de tipo: Experimental y prospectivo.</p> <p>Nivel del estudio: Comparativo</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>La resistencia mecánica a la compresión del Cemento Portland Blanco (CP), obtuvo el promedio de 23.68 MPa.</li> <li>La resistencia mecánica a la compresión del Mineral Trióxido Agregado (MTA-Angelus), obtuvo el promedio de 15.37 MPa.</li> <li>La resistencia mecánica a la compresión del Cemento Portland Blanco asociado con micropartículas de circonio (CP + OZi) obtuvo el promedio de 12.28 Mpa.</li> <li>Se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre la resistencia a la compresión del Cemento Portland y los Cementos Portland asociado con micropartículas de circonio (CP + OZi) junto al Cemento MTA. (p&lt;0.05)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Los resultados obtenidos del Cemento Portland Asociado con las micropartículas de circonio fueron menores en comparación al Cemento Portland y el MTA.</li> <li>La resistencia a la compresión del Cemento Portland fue mayor al Cemento Portland Asociado con las micropartículas de circonio y el grupo control MTA a las 48 horas.</li> <li>Los resultados obtenidos sugieren que el agente de micropartículas de circonio asociado al Cemento Portland no mejoró las propiedades mecánicas a las 48 horas en comparación al Cemento Portland y el MTA.</li> <li>Además, los resultados del MTA presentó mejor resistencia mecánica a las 48 horas en comparación al Cemento Portland Asociado con las micropartículas de circonio.</li> </ol>
	<p>Objetivos Específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Determinar la resistencia experimental a la compresión del Cemento Portland.</li> <li>Determinar la resistencia experimental a la compresión del Cemento Portland asociado con micropartículas de circonio.</li> <li>Determinar la resistencia experimental a la compresión del Mineral Trióxido Agregado.</li> </ol>		<p>Población y muestra:</p> <p>La población estuvo compuesta por cuerpos de prueba de cementos de silicato de calcio.</p> <p>La muestra estuvo compuesta por 10 cuerpos de prueba de cementos por cada grupo, totalizando 30 (n=30).</p>		

Anexo N°2:

RECOLECCIÓN DE DATOS DE HIGH TECHNOLOGY



INFORME DE ENSAYO N°	IE-029-2020	EDICIÓN N° 2	Página 1 de 3
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL EN CEMENTOS ODONTOLÓGICOS</b>			
<b>1. TEMA</b>	"RESISTENCIA EXPERIMENTAL A LA COMPRESION DEL CEMENTO PORTLAND ASOCIADO CON MICROPARTICULAS DE CIRCONIO EN COMPARACION AL MINERAL TRIOXIDO AGREGADO - IN VITRO. LIMA 2020"		
<b>2. DATOS DEL SOLITANTE</b>			
<b>NOMBRE Y APELLIDOS</b>	Rena Ysabel Chemes Sevilla		
<b>DNI</b>	76149592		
<b>DIRECCIÓN</b>	Jr. Los Alpiques 131		
<b>DISTRITO</b>	Independencia		
<b>3. EQUIPOS UTILIZADOS</b>			
<b>INSTRUMENTO</b>	Maquina digital de ensayos universales CMT- 5L		
<b>MARCA</b>	LG		
<b>APROXIMACION</b>	0.001 N		
<b>INSTRUMENTO</b>	Vernier digital de 200mm		
<b>MARCA</b>	Mitutoyo		
<b>APROXIMACION</b>	0.01mm		
<b>4. RECEPCION DE MUESTRAS</b>			
<b>FECHA DE INGRESO</b>	11	Julio	2020
<b>LUGAR DE ENSAYO</b>	Boulevard Los Miradores Nro. 1319 Lote 48 Mz. M Urb. Los Jardines Segunda Etapa San Juan de Lurigancho.		
<b>CANTIDAD</b>	3 Grupos		
<b>DESCRIPCION</b>	Muestras distintas de Cementos Odontologicos		
<b>IDENTIFICACION</b>	Grupo 1	Cemento Portland	
	Grupo 2	Cemento Portland con Microparticulas de Circonio	
	Grupo 3	Mineral Trioxido Agregado (MTA)	
<b>5. EPORTE DE RESULTADOS</b>			
<b>FECHA DE EMISION DE INFORME</b>	20	Julio	2020



HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE SAC  
 Boulevard Los Miradores Nro. 1319 Lote 48 Mz. M Urb. Los Jardines 2da Etapa San Juan de Lurigancho  
 Telf.: +51(01) 4065 215 - 997 123 504 Lunes a Viernes de 08:00 am - 07:00 pm - Sábados de 09:00 am - 5:00 pm  
 E-mail: Robel.etmec@gmail.com

### Anexo N°3:

## Resultados de Esfuerzo en Mpa. de los Cementos Odontológicos (Cemento Portland, Cemento Portland con Micropartículas de Circonio y Mineral Trióxido Agregado (MTA)), de la máquina digital de ensayos universales.



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

INFORME DE ENSAYO N°		IE-029-2020		EDICION N° 2		Página 2 de 3	
6. RESULTADOS GENERADOS							
Grupo 1				Cemento Portland			
Especimen	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Compresión (Mpa)		
1	4.05	6.07	12.88	358.42	27.82		
2	4.06	6.08	12.95	260.25	20.10		
3	4.05	6.10	12.88	233.89	18.16		
4	4.04	6.08	12.82	340.51	26.56		
5	4.08	6.09	13.07	387.14	29.61		
6	4.07	6.00	13.01	397.80	30.58		
7	4.08	6.00	13.07	259.37	19.84		
8	4.09	6.10	13.14	300.58	22.88		
9	4.03	6.10	12.76	289.41	22.69		
10	4.09	6.05	13.14	243.85	18.56		
Grupo 2				Cemento Portland con Micropartículas de Circonio			
Especimen	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Compresión (Mpa)		
1	4.02	6.01	12.69	168.32	13.26		
2	4.02	6.05	12.69	171.79	13.53		
3	4.05	6.06	12.88	173.82	13.49		
4	4.04	6.01	12.82	141.20	11.01		
5	4.01	6.02	12.63	145.80	11.54		
6	4.05	6.05	12.88	172.65	13.40		
7	4.02	6.03	12.69	131.52	10.36		
8	4.04	6.01	12.82	140.21	10.94		
9	4.01	6.06	12.63	168.60	13.35		
10	4.03	6.03	12.73	151.76	11.92		
Grupo 3				Mineral Trióxido Agregado (MTA)			
Especimen	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza máxima (N)	Esfuerzo Compresión (Mpa)		
1	4.02	6.05	12.69	252.06	19.86		
2	4.02	6.10	12.69	229.36	18.07		
3	4.05	6.09	12.88	139.67	10.84		
4	4.04	6.08	12.82	157.91	12.32		
5	4.06	6.08	12.95	237.50	18.35		
6	4.08	6.07	13.07	183.80	14.06		
7	4.02	6.08	12.69	187.41	14.77		
8	4.08	6.02	13.07	208.57	15.95		
9	4.03	6.04	12.76	151.87	11.91		
10	4.05	6.01	12.88	183.43	14.24		

## Anexo N°4

### RECOLECCIÓN DE DATOS DE HIGH TECHNOLOGY



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

<b>INFORME DE ENSAYO N°</b>	IE-029-2020	<b>EDICION N° 2</b>	<b>Página 3 de 3</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Velocidad de ensayo 1 mm/min</li> </ul>			
<b>7. CONDICIONES AMBIENTALES</b>	TEMPERATURA : 20 °C HUMEDAD RELATIVA : 63 %		
<b>8. VALIDEZ DE INFORME</b>	VÁLIDO SOLO PARA LA MUESTRA Y CONDICIONES INDICADAS EN EL INFORME		
 			
ROBERT NICK EU SEBIO TEHERAN ING. MECANICO LABORATORIO HTL CERTIFICATE			

## Anexo N°5

### Solicitud de presentación para recolectar datos de estudio in vitro.



Lima 15 de mayo del 2020

Solicito carta de presentación para realizar muestras y recolección de datos, estudio in vitro (tesis pregrado)

Mg.CD.Esp. Brenda Vergara Pinto  
Directora de la EAP de Odontología

Presente.-

De mi mayor consideración:

Yo Reina Ysabel Cherres Sevilla, Bachiller de la EAP de Odontología de la Universidad Norbert Wiener, identificado con DNI 76149592, código 2013100106, solicito una carta de presentación dirigido al ingeniero mecánico Robert Nick Eusebio Teheran, Gerente del Laboratorio HIGH TECHNOLOGY CERTIFICATE S.A.C (HTL), ubicada en Jr. Las Sensitivas Mz D, lote 6 Urb los Jardines – San Juan de Lurigancho, para realizar las muestras y recopilación de datos del estudio in vitro, para obtener el título de Cirujano Dentista, cuyo tema es "Resistencia experimental a la compresión del Cemento Portland asociado con micropartículas de circonio en comparación al Mineral Trióxido Agregado – In vitro. Lima 2020".

La asesora de la respectiva investigación es Mg.CD.Esp Enna Garavito Chang.

Atentamente.

Cherres Sevilla Reina Ysabel  
Bachiller de la E.A.P de Odontología  
Universidad Norbert Wiener

## Anexo N°6

### Carta de aceptación de la universidad Norbert Wiener.



Universidad  
Norbert Wiener

Lima, 24 de mayo de 2020

Carta N°166-007-05-2020-DFCS-UPNW

*Ing. Mecánico  
Robert Nick Eusebio Teheran  
Gerente  
Laboratorio HIGH TECHNOLOGY CERTIFICATE S.A.C (HTL)  
San Juan de Lurigancho*

Presente.-

De mi consideración

Es grato dirigirme a Usted para expresarle mi cordial saludo y a la vez presentarle a la señorita Reina Ysabel Cheres Sevilla, con DNI N° 76149592, condigo a2013100106 Bachiller de la EAP de Odontología de la Universidad Privada Norbert Wiener, quien solicita efectuar la recolección de datos para su proyecto de investigación titulado "Resistencia experimental a la compresión del Cemento Portland asociado con micropartículas de circonio en comparación al Mineral Trióxido Agregado – In vitro. Lima 2020", por lo que le agradeceré su gentil atención al presente.

Sin otro en particular, me despido.

Atentamente,

  
-----  
*Enrique De la Soria*  
Decano  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Universidad Privada Norbert Wiener S.A.



Universidad  
Norbert Wiener

## Anexo N°7

### Solicitud de ingreso al laboratorio HTL para recolectar datos para el estudio in vitro.



Lima 15 de mayo del 2020

Solicito ingreso al laboratorio para  
elaboración de muestras y recolección de datos,  
estudio in vitro para tesis de pregrado de odontología.

Ingeniero Robert Nick Eusebio Teheran  
Encargado del Laboratorio HIGH TECHNOLOGY  
LABORATORY CERTIFICATE S.A.C (HTL)

Presente.-

De mi mayor consideración:

Yo, Cherras Sevilla Reina Ysabel bachiller de la Escuela Académico profesional de Odontología de la Universidad Norbert Wiener, con código 2013100106, solicito me permita realizar mis muestras de mi estudio y recolectar datos en su laboratorio como parte de mi proyecto de tesis para obtener el título de Cirujano Dentista, cuyo tema es "RESISTENCIA EXPERIMENTAL A LA COMPRESIÓN DEL CEMENTO PORTLAND ASOCIADO CON MICROPARTÍCULAS DE CIRCONIO EN COMPARACIÓN AL MINERAL TRIÓXIDO AGREGADO - IN VITRO. LIMA 2020". La mencionada recolección de datos consiste en plasmar la resistencia experimental a la compresión entre tres tipos de cementos de silicato.

El resultado del estudio permitirá comparar tres tipos de cementos de silicato, con la finalidad de evaluar cuál de ellas presenta mejor resistencia a la compresión.

Atentamente:



Cherras Sevilla Reina Ysabel  
Bachiller de la E.A.P de Odontología  
Universidad Norbert Wiener



**Anexo N°8**  
**PROCEDIMIENTO EN EL LABORATORIO**  
**\*Bioseguridad**



## Anexo N°9

**\*Materiales para el procedimiento del estudio in vitro.**



**\*CEMENTO PORTLAND BLANCO**  
**\*MTA**



**\*CIRCONIO**



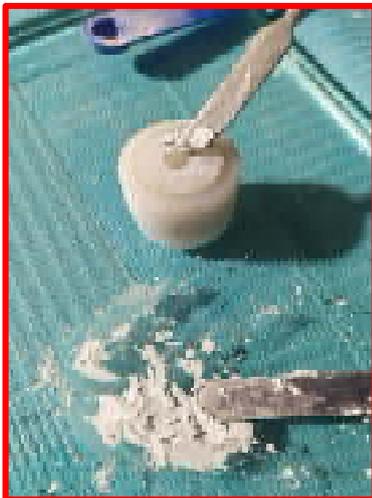
Anexo N°10

ELABORACIÓN DE MUESTRAS

1. Proporción de polvo y líquido (dos cucharas de 0.14gr cada una y dos gotas).



2. Mezcla y colocación en técnica monobloque a la matriz.



Anexo N°11

3. Cinta celuloide encima de las matrices e inmediatamente colocar peso.



4. Sacar las muestras de las matrices.



**Anexo N°12**

**PRUEBAS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

**1. Calibración de los cilindros en el pie de Rey.**



**2. Muestras de resistencia a la compresión.**

