



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LOS CONOS
DE GUTAPERCHA DESINFECTADOS CON HIPOCLORITO DE SODIO A
DIFERENTES TIEMPOS DE INMERSIÓN

Línea de investigación:

Biomateriales

Tesis para optar el título profesional de Cirujano Dentista

Autora:

Bellido Guzmán, Rolando Emmanuel

Asesor:

Cayo Rojas, César Félix

ORCID: 0000-0002-5560-7841

Jurado:

García Rupaya, Carmen Rosa

Chacón Gonzáles, Doris Maura

Mejía Ticona, Lourdes Alicia

Lima - Perú

2022

Referencia:

Bellido, G. (2022). Resistencia a la tracción y módulo de elasticidad de los conos de gutapercha desinfectados con hipoclorito de sodio a diferentes tiempos de inmersión [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/6153>



Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LOS CONOS
DE GUTAPERCHA DESINFECTADOS CON HIPOCLORITO DE SODIO A
DIFERENTES TIEMPOS DE INMERSIÓN**

Línea de investigación:

Biomateriales

Tesis para optar el título profesional de Cirujano Dentista

Autor

Bellido Guzmán, Rolando Emmanuel

Asesor

Cayo Rojas, César Félix

(ORCID: 0000-0002-5560-7841)

Jurados

García Rupaya, Carmen Rosa

Chacón Gonzáles, Doris Maura

Mejía Ticona, Lourdes Alicia

Lima - Perú

2022

Agradecimientos

A mi profesor de Endodoncia, Dr. Luis Caffo Geldres, quien brindó sus conocimientos y experiencia e inculcó en mi persona la pasión por esta especialidad.

A mi asesor, Dr. César Cayo Rojas, por el apoyo brindado en la elaboración de mi tesis.

Dedicatoria

A mi amada madre, María, por su sacrificio y esfuerzo brindado a lo largo de toda mi vida.

*A mi querida hermana, Essy, por los ánimos y apoyo constante en el transcurso de mi
carrera universitaria.*

A mi querido abuelo Juan, quien desde el cielo me cuida y protege.

INDICE

Resumen

Abstract

I. Introducción	1
1.1 Descripción y formulación del problema	1
1.2 Antecedentes	3
1.3 Objetivos	8
<i>1.3.1 Objetivo general</i>	8
<i>1.3.2 Objetivos específicos</i>	8
1.4 Justificación	9
1.5 Hipótesis	9
II. Marco Teórico	10
2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación	10
<i>2.1.1 Conos de gutapercha</i>	10
<i>2.1.2 Hipoclorito de sodio (NaOCl)</i>	12
<i>2.1.3 Resistencia a la tracción</i>	14
<i>2.1.4 Módulo de elasticidad</i>	15
III. Método	17
3.1 Tipo de investigación	17
3.2 Ámbito temporal y espacial	17

3.3 Variables	17
3.3.1 Variable dependiente	17
3.3.2 Variable independiente	17
3.3.3 Operacionalización de variables	17
3.4 Población y muestra	19
3.4.1 Unidad de análisis	19
3.4.2 Tamaño de muestra	19
3.4.3 Tipo de muestreo	19
3.4.4 Muestra	19
3.4.5 Criterios de selección	19
3.5 Instrumentos	20
3.6 Procedimientos	20
3.6.1 Obtención de las muestras	20
3.6.2 Preparación del agente desinfectante e inmersión	21
3.6.3 Ejecución de las muestras	21
3.7 Análisis de datos	22
3.8 Consideraciones éticas	22
IV. Resultados	23
V. Discusión de Resultados	30
VI. Conclusiones	33

VII. Recomendaciones	34
VIII. Referencias	35
IX. Anexos	45
Anexo A. Norma ISO 527 -1	45
Anexo B. Cálculo de tamaño de muestra del estudio piloto.....	56
Anexo C. Ficha técnica de Conos de gutapercha.....	57
Anexo D. Diagrama de flujo	58
Anexo E. Dilución del hipoclorito de sodio a las concentraciones del tratamiento	58
Anexo F. Rotulación de los tubos de ensayo de acuerdo con la concentración y tiempo ..	59
Anexo G. Inmersión de los conos de gutapercha de acuerdo con los grupos	59
Anexo H. Inmersión en agua destilada y secado con gasa estéril.....	60
Anexo I. Medición del diámetro del cono de gutapercha.....	60
Anexo J. Carta de presentación al laboratorio	61
Anexo K. Ejecución del estudio en laboratorio	62
Anexo L. Ejecución del cono de gutapercha en la máquina de ensayo universal CMT – 5L	63
Anexo M. Diagrama de tensión/deformación del cono de gutapercha	64
Anexo N. Ficha de recolección de datos	64
Anexo O. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk	68
Anexo P. Homogeneidad de matriz de covarianza (M de BOX).....	69
Anexo Q. Matriz de consistencia	70

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo comparar la resistencia a la tracción y módulo de elasticidad de los conos de gutapercha, sometidas a desinfección del hipoclorito de sodio en diferentes tiempos. Este estudio experimental *in vitro* y longitudinal, estuvo conformado por 45 conos de gutapercha, divididas equitativamente en 3 grupos: Grupo 1 (Desinfección con 2.5% NaOCl), Grupo 2 (Desinfección con 5.25% NaOCl) y Grupo control; estos grupos fueron subdivididos de acuerdo a los tiempos de inmersión por 1, 5 y 10 minutos. La resistencia a la tracción y módulo de elasticidad se midieron con la máquina de ensayo universal de acuerdo a la norma ISO 527-1:2019-12. Para comparar más de dos grupos independientes se utilizó la prueba paramétrica de ANOVA y para el análisis multivariante se utilizó la prueba de MANOVA. Al comparar la resistencia a la tracción, no se observó diferencias significativas, después de ser inmersos a 1, 5 y 10 min en NaOCl 2.5% ($p = 0.715$) y 5.25% ($p = 0.585$). De igual forma, al realizar las comparaciones múltiples de acuerdo a concentración y tiempo, ($p = 0.811$). Respecto al módulo de elasticidad, se observó una disminución significativa ($p < 0.05$) en aquellos que fueron inmersos en NaOCl 2.5% y 5.25% por 1, 5 y 10 min. Al realizar el análisis multivariante, se pudo observar que el aumento de concentración de NaOCl redujo significativamente el módulo de elasticidad ($p = 0.000$). El aumento de concentración de NaOCl redujo significativamente el módulo de elasticidad de los conos de gutapercha, independientemente del tiempo de inmersión. Sin embargo, este aumento de concentración no afectó la resistencia a la tracción.

Palabras clave: Resistencia a la tracción, Módulo de elasticidad, Gutapercha, Desinfección, Hipoclorito de sodio

Abstract

The objective of this study was to compare the tensile strength and modulus of elasticity of gutta-percha cones subjected to sodium hypochlorite disinfection at different times. This *in vitro* and longitudinal experimental study consisted of 45 gutta-percha cones, equally divided into 3 groups: Group 1 (Disinfection with 2.5% NaOCl), Group 2 (Disinfection with 5.25% NaOCl) and Control group; these groups were subdivided according to immersion times of 1, 5 and 10 minutes. The tensile strength and modulus of elasticity were measured with the universal testing machine according to ISO 527-1:2019-12. To compare more than two independent groups, the ANOVA parametric test was used and the MANOVA test was used for the multivariate analysis. When comparing the tensile strength, no significant differences were observed after being immersed for 1, 5 and 10 min in NaOCl 2.5% ($p = 0.715$) and 5.25% ($p = 0.585$). Similarly, when making multiple comparisons according to concentration and time, ($p = 0.811$). Regarding the modulus of elasticity, a significant decrease ($p < 0.05$) was observed in those that were immersed in NaOCl 2.5% and 5.25% for 1, 5 and 10 min. When performing the multivariate analysis, it was observed that the increase in NaOCl concentration significantly reduced the modulus of elasticity ($p = 0.000$). The increase in NaOCl concentration significantly reduced the elastic modulus of the gutta-percha cones, regardless of the immersion time. However, this concentration increase did not affect the tensile strength.

Keywords: Tensile Strength, Elastic Modulus, Gutta-Percha, Disinfection, Sodium Hypochlorite.

I. Introducción

Los conos de gutapercha son los materiales de relleno más utilizados en el área de endodoncia, el cual contiene sustancias agregadas que le confieren una mejora en sus propiedades físicas, mecánicas y químicas para su posterior uso (Salazar 2012; Maniglia et al., 2005) y a pesar de venderlos en empaques sellados, se encontró que puede haber un crecimiento bacteriano del 37.5% en este material (Chang et al., 2020).

Sin embargo, debido a que los conos de gutapercha son materiales termoplásticos, los métodos físicos de esterilización están contraindicados porque esto puede causar una alteración irreversible en su estructura (Brito et al., 2013; Vijetha y Murali, 2019).

Por ello se incluyen diferentes agentes químicos para poder realizar la desinfección de los conos de gutapercha, entre los cuales destaca el hipoclorito de sodio (Cardoso et al., 2000). Asimismo, esta solución desinfectante siendo un fuerte agente oxidante, traería como consecuencia al cono de gutapercha alteraciones en su morfología (Tilakchand et al., 2014) y propiedades mecánicas (Varghese et al., 2018).

1.1 Descripción y formulación del problema

Los materiales de relleno más usados dentro del conducto radicular son los conos de gutapercha debido que presenta propiedades (Grossman, 1988, como se citó en Rangel, 2018) como las de no irritar los tejidos periapicales, sellar el conducto lateral y apical, dificultar el crecimiento bacteriano, entre otros y, aunque estos son generalmente estériles (Jyothsna et al., 2020) el 5-19% de los envases de gutapercha pueden estar contaminados (Spoleti et al., 2013; Carvalho et al., 2020). Además, una vez retirado de sus empaques sellados existe la posibilidad de contaminarse por manipulación incorrecta o por los aerosoles del entorno del consultorio.

A razón de que los métodos convencionales de esterilización utilizan el calor húmedo o seco, no pueden aplicarse a los conos de gutapercha debido a que pueden alterar su estructura morfológica de manera irreversible debido a sus características termoplásticas (Ramos y Ramos, 2015; Vijetha y Murali, 2019). Por ello, la desinfección de los conos debe de realizarse por inmersión en agentes químicos antimicrobianos (Morales et al., 2020).

Entre los agentes químicos empleados en odontología tenemos al hipoclorito de sodio (NaOCl), el cual tiene la capacidad de desinfectar los conos de gutapercha, ya que posee un efecto antibacteriano de amplio espectro (Athiban et al., 2012; Bindu et al., 2017), que opera mediante el mecanismo de cloraminación, que consiste en formar cloraminas que van a interferir en el metabolismo celular de las bacterias inactivando las enzimas esenciales de estas por medio de la oxidación (Estrela et al., 2002), demostrando ser efectivo en concentraciones del 0.5% a 5.25% (Gómez y Betancourt, 2018) y en diferentes intervalos de tiempo tales como 45", 1', 5', 10', 15', 20' y 30' (Da Motta et al., 2001; Gomes et al., 2005). Sin embargo, se ha informado que el NaOCl al ser una solución con alto poder oxidativo puede causar alteraciones estructurales en múltiples materiales odontológicos (Carvalho et al., 2015).

Algunos reportes han revelado que la inmersión del cono de gutapercha en hipoclorito de sodio produce cambios topográficos después de su desinfección, formando en su superficie cristales de cloruro (Chandrappa et al., 2014; Tilakchand et al., 2014; Yavad et al., 2016) pudiendo afectar el sellado del conducto al momento del llenado del canal (Nausheen et al., 2019) y también provocaría irregularidades de la superficie aumentando el riesgo de filtración debido a las microbrechas creadas entre el cono y la pared del conducto (Rosa et al., 2012). Por otro lado, concentraciones mayores de NaOCl distorsionan los enlaces químicos saturados de trans poliisopreno del cono de gutapercha provocando una reducción del componente polimérico, haciendo que el óxido de zinc se convierta en el componente principal (Mishra et al., 2020) produciendo de esta manera alteraciones en sus propiedades mecánicas (Valois et al.,

2005; Pang et al., 2007; Ismail et al., 2012; Rao et al., 2019), por ejemplo, la flexibilidad, resistencia a la tracción, módulo de elasticidad y porcentaje de elongación, siendo estas relacionadas directamente con la cera y resinas, la gutapercha y el óxido de zinc, respectivamente (Mahali et al., 2015; Naved et al., 2019).

Por lo expuesto, la importancia de este estudio radica en realizar un análisis sobre las propiedades mecánicas de los conos de gutapercha después de su desinfección con hipoclorito de sodio en diferentes concentraciones e intervalos de tiempo y demostrar cómo esta solución puede alterar las propiedades mencionadas, dando a conocer los efectos tras la inmersión de este agente oxidante, aumentando evidencia sobre la descontaminación de los conos de gutapercha y ayudando a elegir un posible protocolo de desinfección que pueda utilizarse de manera adecuada en la práctica clínica diaria.

Por lo descrito anteriormente nos hacemos la siguiente pregunta:

¿Cuáles serán las diferencias en la resistencia a la tracción y módulo de elasticidad de los conos de gutapercha en su desinfección con hipoclorito de sodio a diferentes tiempos de inmersión?

1.2 Antecedentes

Mahali et al. (2015) en India, evaluaron y compararon el efecto del 90% Gel de Aloe vera y 5.25% de hipoclorito de sodio en la resistencia a la tracción de los conos de gutapercha. Este estudio experimental, comparativo estuvo conformado por 180 conos de gutapercha, los cuales se dividieron en 3 grupos (n=60) con diferente taper y cada grupo se dividió en tres subgrupos (A, B y C) de 20 cada uno, siendo el subgrupo A y B los inmersos con 5.25% de NaOCl y 90% de Aloe vera, respectivamente; y el subgrupo C el de control. La resistencia a la tracción de todos los conos gutapercha después de la desinfección se midió utilizando una máquina de prueba universal controlada por computadora. Se insertaron 2 mm de cada lado del

cono en cualquiera de los extremos de los soportes de la máquina y se aplicó la carga a una velocidad de cruceta de 1 mm / min. hasta que se obtuvo la falla máxima por tracción y se registraron los valores. Los resultados muestran que el 5.25% de NaOCl disminuye la resistencia a la tracción y deja un cristal cuboidal en la superficie del cono de gutapercha después de 1 minuto de inmersión, por el contrario, Aloe Vera no afectaría las propiedades del cono de gutapercha. Se concluye que el 90% AV se considera un desinfectante GP más seguro ya que no altera la resistencia a la tracción y la topografía del cono, lo que eventualmente conducirá a una mayor capacidad de sellado y refuerzo del conducto radicular.

Carvalho et al. (2015) en Brasil, evaluaron los efectos de las soluciones de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 1% y al 2,5% en diferentes períodos sobre la composición de los conos de gutapercha utilizando la espectroscopía de dispersión de energía (EDS). Este estudio experimental, longitudinal estuvo conformado por ciento diez conos maestros de gutapercha se dividieron en 3 grupos de control (GC1: Sin desinfección de conos, GC2: inmersión en NaOCl al 1% durante 20 min y GC3: inmersión en NaOCl 2.5% por 10 min) y 8 grupos experimentales, de acuerdo con las concentraciones de NaOCl utilizadas y el tiempo de inmersión en soluciones seleccionadas; para cada grupo, se utilizaron 10 puntos de gutapercha ($n = 10$) y se acomodaron en placas de petri desechables. Después se enjuagaron con agua destilada, se colocaron en otro Petri seco y se cubrieron con papel de filtro para su posterior análisis. EDS cuantificó la concentración de elementos químicos que se encuentra en la mayoría de los especímenes probados, de la siguiente manera: carbono (C), oxígeno (O), aluminio (Al), azufre (S), fósforo (P), zinc (Zn), bario (Ba), silicio (Si), sodio (Na) y cloro (Cl). A través de las lecturas realizadas, las ganancias o pérdidas estructurales de los puntos de gutapercha sufrieron después de que se observaron los procesos de desinfección. Se observó que la cantidad de oxígeno aumentó cuando se usó NaOCl en la desinfección, lo que demuestra el gran potencial oxidativo de la solución. EDS también reveló una reducción significativa de zinc cuando se empleó NaOCl en

la desinfección de conos. En conclusión, la desinfección con solución de NaOCl provoca alteraciones en la composición de los conos de gutapercha, que dependen de la concentración y el tiempo.

Solanki et al. (2018) en India, evaluaron la resistencia a la tracción de conos de gutapercha con diferentes soluciones desinfectantes. Este estudio experimental, in vitro estuvo informado por 40 conos de gutapercha de tamaño 30 y se dividieron en 4 grupos de 10 cada uno; G1: Se desinfectaron 10 conos de gutapercha con 20 ml de NaOCl al 5% durante 1 minuto; G2: Se desinfectaron 10 conos de gutapercha con 20 ml de CHX al 2% durante 1 minuto; G3: Se desinfectaron 10 conos de gutapercha con 20 ml de ácido peracético al 1% durante 1 minuto y G4: Grupo de control. Luego se transfirieron 10 conos de gutapercha individualmente y se enjuagaron en 5 ml de agua destilada durante 1 minuto y se dejaron secar en placas de Petri estériles que contenían almohadillas de papel de filtro estériles. La resistencia a la tracción de los conos de gutapercha después de la desinfección se midió usando una máquina de prueba universal controlada por computadora. Cada cono se estandarizó a 14 mm de longitud cortando el cono desde la base, se insertaron 2 mm de cada lado del cono en cualquiera de los extremos de los soportes de la máquina de prueba universal y se aplicó la carga a una velocidad de la cruceta de 1 mm / min, hasta la máxima tracción. Se obtuvo el fallo. Los resultados mostraron que la resistencia media a la tracción de los conos de gutapercha en grupos experimentales tratados con NaOCl, CHX, ácidos peracéticos disminuye significativamente en comparación con grupo de control. Se concluye que la resistencia a la tracción promedio de la gutapercha se ve significativamente afectada por los tres desinfectantes, pero que la menor disminución de la resistencia a la tracción es para CHX seguido de NaOCl y ácido paraacético.

Naved et al. (2019) en India, evaluaron y compararon la resistencia a la tracción de gutapercha después de la desinfección con hipoclorito de calcio, hipoclorito de sodio, peróxido de hidrógeno y gel de Aloe vera y grupo de control a diferentes intervalos de tiempo (20, 40 y

60 segundos). Este estudio experimental, invitro y longitudinal estuvo conformado por 60 conos de gutapercha, estos se dividieron en cinco grupos en función de los desinfectantes utilizados ($n = 12$). Grupo A: Grupo de control, Grupo B: 5.25% de hipoclorito de sodio, Grupo C: hipoclorito de calcio al 5,25%, Grupo D: peróxido de hidrógeno al 10%, Grupo E: gel de A. vera recién extraído y según la duración de la desinfección, los Grupos B, C, D y E se subdividieron en tres subgrupos. La resistencia a la tracción de todos los conos de gutapercha después de la desinfección se midió usando una máquina de prueba universal controlada por computadora, se insertaron aproximadamente 2 mm de cada lado del cono en cada extremo de los soportes de la máquina y se aplicó la carga a una velocidad de cruceta de 1 mm / min, hasta que se obtuvo la máxima falla de tensión y se registraron los valores. Los resultados de este estudio revelaron que todos los desinfectantes utilizados disminuyen la resistencia a la tracción de los conos de gutapercha; el gel de A. vera disminuyó la resistencia a la tracción de los conos de gutapercha en todas las duraciones, mientras que, con hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio y peróxido de hidrógeno, el valor no cambió significativamente. Se concluyó que el hipoclorito de sodio, el hipoclorito de calcio y el peróxido de hidrógeno son desinfectantes más seguros para los conos de gutapercha y que el gel de A. vera recién extraído no es una solución ideal para el desinfectante de gutapercha, ya que altera la resistencia a la tracción de la gutapercha.

Dilip (2020) en India, comparó el efecto de 5.25% hipoclorito de sodio (NaOCl), clorhexidina al 2 % y el gel de aloe vera sobre la resistencia a la tracción de los conos de gutapercha. Este estudio experimental, comparativo estuvo conformado por 40 conos de gutapercha del número 25 y taper 6%, los cuales fueron estandarizados a una longitud de 21 mm y se dividieron en 4 grupos, Grupo A: Grupo control, Grupo B: 5.25% Hipoclorito de sodio, Grupo C: 2% Clorhexidina y Grupo D: Gel de aloe vera. Los Grupos experimentales fueron inmersos en 20ml de su respectiva solución por 1 min. Después pasaron a la máquina de ensayo

universal para la medición a la resistencia a la tracción de los conos, donde primero se insertaron aproximadamente 2 mm de cada lado del cono en cualquiera de los extremos de los soportes de la máquina de ensayo universal y se aplicó la carga a una velocidad de cruceta de 1 mm/min, hasta que se obtuvo la máxima falla por tracción y se registraron los valores. Los resultados revelaron que, 5.25% de NaOCl mostró una reducción significativa de la resistencia a la tracción en comparación con el grupo control y, que la clorhexidina 2% y el gel de aloe vera no mostraron una reducción significativa. Se concluye que el gel de aloe vera se considera un desinfectante del cono de gutapercha más seguro, ya que no altera la resistencia a la tracción ni la topografía de los conos.

Mishra et al. (2020) en India, compararon y evaluaron los cambios en el módulo de elasticidad de los conos GP después de desinfectarlos con 50 $\mu\text{g} / \text{ml}$ y 80 $\mu\text{g} / \text{ml}$ de concentración de AgNP e hipoclorito de sodio al 5,25% en tres duraciones de tiempo. Este estudio experimental, comparativo estuvo conformado por noventa conos de gutapercha (CGP), se seleccionaron al azar y se dividieron en tres grupos de tratamiento, G1: Comparación entre 50 $\mu\text{g} / \text{ml}$ y 80 $\mu\text{g} / \text{ml}$ de AGNP y 5,25% de NaOCl en 1 minuto; G2: Comparación entre 50 $\mu\text{g} / \text{ml}$ y 80 $\mu\text{g} / \text{ml}$ AgNP y NaOCl al 5,25% en 5 min y G3: Comparación entre 50 $\mu\text{g} / \text{ml}$ y 80 $\mu\text{g} / \text{ml}$ AgNP y NaOCl al 5,25% en 10 min. Los conos de gutapercha no tratados se utilizaron como control. Luego las muestras se enjuagaron con 5 mL de agua Nano Pure después de la inmersión y se secaron con papel de filtro. Luego las muestras se colocaron en la microscopía de fuerza atómica (MFA) para el método de nanoindentación y determinar propiedades elásticas como el módulo elástico de los conos de gutapercha, para lo cual, los análisis de MFA se realizaron en 12 regiones diferentes ubicadas entre 1 y 2 mm de la punta de la muestra para cada período de inmersión. Los resultados revelan que, a medida que aumenta la duración, también aumenta la rigidez; por lo tanto, la probabilidad de rotura del CGP es mucho mayor; también muestran que 50 $\mu\text{g} / \text{ml}$ de AgNP causan la menor cantidad

de discrepancia física de los CGP, seguido de 80 μg / ml de AgNP en comparación con NaOCl al 5,25% en 1, 5 y 10 min. Se concluyó que la solución de NaOCl al 5.25% afectaría las propiedades mecánicas de los CGP y, por lo tanto, no debe usarse para su desinfección; mientras que 50 y 80 μg / ml de solución de AgNP no pudo afectar estas propiedades mecánicas y la textura de la superficie del GP, por lo tanto, son considerados como las soluciones desinfectantes seguras para los CGP.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Comparar la resistencia a la tracción y módulo de elasticidad de los conos de gutapercha, en su desinfección con hipoclorito de sodio al 2.5% y 5.25% por 1, 5 y 10 minutos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar la resistencia a la tracción y el módulo de elasticidad de los conos de gutapercha, en su desinfección con hipoclorito de sodio al 2.5% y 5.25% por 1, 5 y 10 minutos.
- Comparar la resistencia a la tracción de los conos de gutapercha, en su desinfección con hipoclorito de sodio al 2.5% y 5.25% por 1, 5 y 10 minutos.
- Comparar el módulo de elasticidad de los conos de gutapercha, en su desinfección con hipoclorito de sodio al 2.5% y 5.25% por 1, 5 y 10 minutos.
- Comparar la variación de la resistencia a la tracción de los conos de gutapercha, en su desinfección con hipoclorito de sodio al 2.5% y 5.25% por 1, 5 y 10 minutos.
- Comparar la variación del módulo de elasticidad de los conos de gutapercha, en su desinfección con hipoclorito de sodio al 2.5% y 5.25% por 1, 5 y 10 minutos.

1.4 Justificación

Esta investigación tiene justificación teórica ya que el mantener una condición de asepsia óptima dentro del conducto radicular en el tratamiento endodóntico es muy importante para prevenir una posible contaminación bacteriana. Por ello, la desinfección en el proceso de obturación de los conos de gutapercha es necesario, debido a su probable contaminación dentro y fuera de su empaque, para lo cual el agente químico que más se utiliza en la práctica diaria es el hipoclorito de sodio, que gracias a su potente poder antibacteriano logra desinfectar los conos; sin embargo debido a su poder oxidante puede alterar su topografía, y propiedades mecánicas como el módulo de elasticidad, resistencia a la tracción y porcentaje de alargamiento.

Esta investigación tiene justificación practica ya que, al no existir un método de desinfección de los conos de gutapercha que a su vez no altere de manera significativa su resistencia a la tracción y módulo de elasticidad, será necesario proveer un posible protocolo de desinfección cumpliendo este último requisito y que pueda utilizarse de manera adecuada en la práctica clínica diaria, reduciendo un posible fracaso en el proceso de obturación.

1.5 Hipótesis

Existirían diferencias significativas en la resistencia a la tracción y módulo de elasticidad de los conos de gutapercha, desinfectados con hipoclorito de sodio al 2.5% y 5.25% por 1, 5 y 10 minutos.

II. Marco Teórico

2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1 Conos de gutapercha

“La gutapercha es un material similar al caucho. Se obtiene del exudado de ciertos árboles de la familia de las sapotáceas, del archipiélago malayo” (Ascensión y Sánchez, 2010, p. 224).

Después de purificar este material, originalmente obtenida para confeccionar los conos de gutapercha, se le agregan varias sustancias (polímero de gutapercha, cera / resinas, óxido de zinc y sulfatos metálicos) para mejorar sus propiedades físicas, mecánicas y químicas. (Salazar 2012; Maniglia et al., 2005).

En tal sentido estas sustancias serán divididas en dos tipos de componentes, “Componentes orgánicos: Gutapercha 19-21%, ceras 1,4%, resinas 1,4%, colorantes 1,4% y componentes inorgánicos: Óxido de Zinc, 59-75%; sales de bismuto, 1,17%; sulfato de estroncio, 1,17% (Flores y Pastenes, 2018, p. 87), encontrando una proporción entre estos dos componentes un rango aproximado de 14.5% - 20,4% y 66.5% - 84.3%, respectivamente (Canalda y Brau, 2019)

De esta manera, según (Deshpande y Naik, 2015) estos componentes de los conos comerciales de gutapercha presentan cada uno diferente función: la gutapercha, la función de matriz y mejor adaptación a las paredes del conducto; óxido de zinc, relleno y rigidez; ceras y resinas, plastificante; y los sulfatos metálicos, radiopacidad.

Por ello, (Cedeño et al., 2020; Deshpande y Naik, 2015) afirman que el cono de gutapercha es el material aceptado de núcleo sólido en la obturación de los conductos preparados, demostrando que con este material se puede alcanzar un mejor llenado del conducto, desde la porción apical hasta la corona.

Además, este material ofrece ciertas ventajas y desventajas:

Ventajas de la gutapercha: Es un material radiopaco, biocompatible, con buena tolerancia tisular e insoluble a líquidos orgánicos. Posee estabilidad dimensional y es un material de fácil desobturación. Tiene una aceptable adaptación a las paredes del conducto radicular, capacidad de ablandamiento y plastificación por medio del calor y disolventes orgánicos. Posee, además, estabilidad física y química, y es el material disponible menos alergénico.

Desventajas de la gutapercha: Escasa rigidez, dificultando su uso en conductos curvos. Podría ser movida por presión, causando sobreobturación durante los procesos de condensación. Existen una diversidad de técnicas para plastificar la gutapercha, no obstante, todas ellas precisan el recurso de un cemento para un mejor sellado (Flores y Pastenes 2018, p. 87).

Por otro lado, (Moorer y Genet, 1982; Cardoso et al., 2000) concluyeron que el componente de mayor proporción de los conos de gutapercha, óxido de zinc, es el responsable de sus propiedades antibacterianas.

Y, aunque los conos de gutapercha se fabriquen en condiciones asépticas y se vendan comercialmente en paquetes sellados, pueden contaminarse con aerosoles, almacenamiento inadecuado y manipulación física de los conos (Chandrappa et al., 2014; Redmerski et al., 2007), mostrando una mayor probabilidad de contaminación por una variedad de microorganismos como cocos, bastones y levaduras. (Luddin y Aly, 2013).

Por lo cual, (Da Motta et al., 2001) enfatiza que la manipulación de los conos de gutapercha debe respetar los principios básicos del control de infecciones.

Igualmente, estudios demuestran que hay contaminación bacteriana en las cajas de los conos de gutapercha recién abiertas bajo condiciones asépticas, por ejemplo, (Gomes et al., 2005) mostraron que en los conos evaluados directamente de sus cajas presentan una contaminación del 5.5% de los casos; (Jyothsna et al., 2020) demostraron la presencia de

microorganismos en el 5-19% de los envases de gutapercha recién abiertos; (Chang et al., 2020) encontraron que, de los 64 conos de gutapercha analizados, hubo un crecimiento bacteriano del 37.5% en este material.

Asimismo, dado que las cajas de los conos de gutapercha se abren y manipulan varias veces después de la primera apertura, predispone a una contaminación ambiental (Seabra y Siqueira, 2009)

De la misma forma (Kayaoglu et al., 2009), afirmaron que “el uso clínico de las cajas aumenta el número de microorganismos que contaminan los conos de gutapercha”

Sin embargo, debido a que los conos de gutapercha son materiales termoplásticos, los métodos físicos de esterilización, calor húmedo o seco, están contraindicados porque esto puede causar una alteración física o química irreversible en su estructura. (Brito et al., 2013; Vijetha y Murali, 2019)

Por lo tanto, según (Morales et al., 2020; Özalp et al., 2006) se requiere una descontaminación rápida por el uso de medios químicos hacia los conos de gutapercha antes de su uso, ya que (Subha et al., 2013) “un material de obturación contaminado puede reintroducir microorganismos en el sistema de conductos radiculares y, por tanto, prolongar la infección al retrasar o inhibir la cicatrización” (p. 1261)

Por lo que se incluyen los siguientes agentes químicos, (Cardoso et al., 2000) “polivinilpirrolidona-yodo, glutaraldehído, hipoclorito de sodio, peróxido de hidrógeno, clorhexidina, cuaternario de amonio y yodo-alcohol” (p. 67) para poder realizar la descontaminación de los conos de gutapercha.

2.1.2 Hipoclorito de sodio (NaOCl)

El hipoclorito de sodio es un compuesto halogenado, alcalino, con pH que varía entre 11.6 a 12.5 (Balandrano, 2007; Marín et al., 2019), ha sido la solución "*gold standard*" en endodoncia debido a sus propiedades de disolvente tisular y a su alto potencial antimicrobiano

contra bacterias gramnegativas, grampositivas, hongos, esporas y virus (Goswami et al., 2013; Jaiswal et al., 2017).

Esta acción antimicrobiana del hipoclorito de sodio se debe a que opera mediante el mecanismo de cloraminación, que consiste en formar cloraminas, las cuales van a interferir en el metabolismo celular de las bacterias inactivando las enzimas esenciales de estas por medio de la oxidación (Estrela et al., 2002).

Además, el NaOCl presenta diversas concentraciones que pueden variar entre los 0,5% a 5,25% (Cárdenas et al., 2012; Alamo et al., 2015; Gómez y Betancourt, 2018) siendo las concentraciones más elevadas, las más eficaces (Koyess et al., 2016; Başer et al., 2015).

Estudios como, por ejemplo, (Vitali et al., 2019; Cardoso et al., 2020) indican que el 1% NaOCl fue efectivo en la descontaminación de los conos de gutapercha en un intervalo de tiempo de 1 a 5 minutos, mientras que (Gomes et al., 2005) revela que es necesario por lo menos de 10 minutos.

Barbosa et al. (2018) concluyeron que la desinfección al 2.5% NaOCl fue efectiva a partir de los 4 minutos, (Da Motta et al., 2001) a partir de los 5 minutos y (Ramos y Ramos, 2015; Gomes et al., 2005) a partir de los 10 minutos.

Sailaja et al. (2020); Jyothsna et al. (2020) demostraron que 3% NaOCl fueron efectivos a la desinfección al minuto de inmersión.

Jiménez et al. (2014) concluyeron que 3.7% y 5.8% NaOCl posee una acción desinfectante a partir de 1 minuto de entrar en contacto con la solución.

Ashish y Pandey (2008) demostraron que el 4% NaOCl descontaminó los conos de gutapercha a partir de los 10 minutos de inmersión.

Srivastana (2019) afirma que 5.25% NaOCl fue efectivo en la desinfección de los conos de gutapercha a partir de los 30 segundos, mientras que (Gomes et al., 2005) revela que se necesitan como mínimo de 45 segundos.

En cambio, otras investigaciones como (Senia et al., 1975; Siqueira et al., 1998; Agrawal et al., 2020; Vitali et al., 2019) concluyen que se necesita de al menos 1 minuto de exposición a la solución de 5.25% NaOCl para lograr una desinfección completa.

Asimismo, el hipoclorito de sodio es un fuerte agente oxidante, con el potencial de reducir la estabilidad química de la cadena de polímero (Mahali et al., 2015), distorsionando los enlaces químicos saturados de trans 1,4 - poliisopreno (14.5–21.8%) del cono de gutapercha, lo que conduce a una disminución de la resistencia a la tracción, haciendo que el óxido de zinc se convierta en el componente principal y debido a esto, aumenta la rigidez del cono (Mishra et al., 2020) pudiendo afectar sus propiedades mecánicas (Valois et al., 2005; Pang et al., 2007; Ismail et al., 2012; Rao et al., 2019) y por lo tanto, alterando el resultado final de la obturación.

Estas propiedades alteradas debido a la acción del hipoclorito son: la resistencia a la tracción y el módulo de elasticidad, quienes se relacionan directamente con los componentes del cono de gutapercha como, por ejemplo, la gutapercha y el óxido de zinc, respectivamente (Mahali et al., 2015; Naved et al., 2019).

2.1.3 Resistencia a la tracción

“Es la medida de la capacidad de un polímero a resistir los esfuerzos de estiramiento, normalmente se mide aplicando un esfuerzo a una probeta” (Seymour y Carraher, 1995, p. 131)
 “si esta tensión es aplicada y mantenida, se producirá la rotura” (Callister, 2012, p. 127).

$$\sigma_e = \frac{F}{A_0}$$

σ : Es el valor de tensión en cuestión, expresado en megapascuales (MPa)

F: Es la fuerza medida en cuestión, expresado en newton (N)

A: Es el área de la sección transversal inicial de la muestra, expresado en milímetros cuadrados (mm²)

Según (Friedman et al., 1977) un aumento en el contenido de óxido de zinc tendía a disminuir la resistencia máxima a la tracción, además, afirmó que las elongaciones de bajo porcentaje estaban asociadas con materiales de relleno de gutapercha que tenían un alto contenido de óxido de zinc y a su vez este componente en niveles altos, tienden a aumentar la fragilidad.

2.1.4 Módulo de elasticidad

“También llamado módulo de tracción o módulo de Young, es la relación del esfuerzo aplicado y la deformación que produce en el intervalo en que la relación entre esfuerzo y deformación es lineal” (Seymour y Carraher, 1995, p. 131) e indica la rigidez o resistencia a la deformación del material (Mott, 2006; Salazar, 2007).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Pendiente de la curva esfuerzo/deformación

σ : tensión del material

ε : deformación del material.

“Los polímeros como la gutapercha no son perfectamente elásticos, pero tienen propiedades elásticas y algunas propiedades de los líquidos viscosos; por tanto, estos polímeros se denominan viscoelásticos” (Friedman et al., 1977, p. 307).

“La viscoelasticidad: es la propiedad principal de la gutapercha; esta sufre una deformación plástica cuando es sometida a una fuerza de condensación por un breve lapso” (Flores y Pastenes, 2018, p. 87) y “disminuye al aumentar la proporción de óxido de zinc; pero si esta es demasiado baja, los conos pierden rigidez” (Canalda y Brau, 2019, p. 219).

Diversos estudios indican las alteraciones en las propiedades mecánicas de los conos de gutapercha como, por ejemplo, (Pang et al., 2007) en la cual demostraron que a una mayor

concentración del NaOCl 5.25% durante 5 minutos afectó la resistencia a la tracción y la tasa de elongación de los conos de gutapercha.

Valois et al. (2005) concluyeron que el NaOCl al 5.25% causó cambios estructurales en la elasticidad del cono de gutapercha después de 1 min de exposición y (Nausheen et al., 2019; Solanki et al., 2018, Mahali et al., 2015), añadieron que, a esta misma concentración y tiempo, también disminuye la resistencia a la tracción, dejando además cristales en la superficie de los conos de gutapercha.

Ismail et al. (2012) revelaron que 2.5% NaOCl aumenta el módulo de elasticidad, disminuye la resistencia a la tracción y el porcentaje de elongación de los conos después de 15 y 20 minutos de desinfección.

Asimismo, (Mishra et al., 2020), afirmaron que a medida que aumenta el tiempo de inmersión del cono, también aumenta su rigidez.

Por consiguiente, (Varghese et al., 2018) revelaron que las alteraciones en las propiedades mecánicas de los conos de gutapercha fueron proporcionales al intervalo de tiempo durante el cual estuvieron sumergidos en la solución desinfectante.

De igual forma, (Tilakchand et al., 2014) indicaron que, a mayor tiempo de inmersión y concentración, tendría como consecuencia un deterioro agresivo del cono de gutapercha.

Estas variaciones en los valores de la resistencia a la tracción y módulo de elasticidad de los conos de gutapercha son medidos mediante el uso de una máquina de ensayo universal, la cual tiene un principio que se basa en que la muestra de ensayo se extienda a lo largo de su eje longitudinal principal a una velocidad constante hasta que la muestra se fracture o hasta que el esfuerzo (carga) o la deformación (alargamiento) alcance un valor predeterminado, durante este procedimiento se miden la carga sostenida por la muestra y el alargamiento.

III. Método

3.1 Tipo de investigación

- Prospectivo
- Longitudinal
- Experimental
- Comparativo
- Analítico

3.2 Ámbito temporal y espacial

La investigación se llevó a cabo el año 2022, en el laboratorio de ensayos “HIGH TECHNOLOGY LABORATORY”, en base a la norma de Organización Internacional de Normalización (ISO 527-1, 2019). (Anexo A)

3.3 Variables

3.3.1 Variable dependiente

- Resistencia a la tracción
- Módulo de elasticidad

3.3.2 Variable independiente

- Hipoclorito de sodio
- Tiempo

3.3.3 Operacionalización de variables

Variable	Definición operacional	Tipo de Variable	Indicador	Escala	Valores
Resistencia a la tracción	Máximo esfuerzo de tracción que un cuerpo puede soportar antes de romperse.	Cuantitativa	Máquina de ensayo universal CMT-5L	Razón / continua	0 - x MPa
Módulo de elasticidad	Indica la relación entre los incrementos de tensión aplicados en el ensayo de tracción y los incrementos de deformación longitudinal unitaria producidos.	Cuantitativa	Máquina de ensayo universal CMT-5L	Razón / continua	0 - x MPa
Hipoclorito de sodio	Es un desinfectante fuerte y de acción rápida, que en bajas y altas concentraciones tiene un potencial irritante.	Cualitativa	Concentración de la solución	Nominal / dicotómica	2.5% 5.25%

Tiempo	Periodo determinado durante el que se realiza una acción o se desarrolla un acontecimiento	Cualitativa	Cronómetro	Nominal / Politémica	1 min 5 min 10 min
---------------	--	-------------	------------	----------------------	--------------------------

3.4 Población y muestra

3.4.1 Unidad de análisis

Un cono de gutapercha

3.4.2 Tamaño de muestra

La muestra se calculó en función a los datos obtenidos en un estudio piloto anterior, donde se aplicó la fórmula para el análisis multivariante de la varianza (MANOVA) en el software estadístico G*Power versión 3.1.9.7 considerando un nivel de significancia (α) = 0.05 y un poder estadístico $(1-\beta) = 0.80$, con un tamaño de efecto (V) = 0.994, con 9 grupos y 2 variables de respuesta. (Anexo B)

3.4.3 Tipo de muestreo

Muestreo Aleatorio simple sin reposición.

3.4.4 Muestra

La muestra estuvo conformada por 45 conos de gutapercha en total.

3.4.5 Criterios de selección

3.4.5.1 Criterios de inclusión.

- Conos de gutapercha recién extraídos de su empaque.

- Conos de gutapercha (VDW, Zipperer, Munich, Alemania)
- Conos de gutapercha número 30.
- Conos de gutapercha con taper 0.02

3.4.5.2 Criterios de exclusión.

- Conos de gutapercha con defectos de fábrica.
- Conos de gutapercha vencidos.
- Conos de gutapercha previamente desinfectados.

3.5 Instrumentos

- Método/ Técnica: Observación
- Instrumento: Máquina de ensayo universal CMT-5L

3.6 Procedimientos

3.6.1 Obtención de las muestras

Se adquirieron conos de gutapercha No. 30 (Anexo C) y se seleccionaron (n=15) conos por cada grupo:

Grupo 1: Desinfección con 2.5% NaOCl, subdivididos equitativamente de acuerdo a los tiempos de inmersión por 1, 5 y 10 minutos (A, B y C; respectivamente).

Grupo 2: Desinfección con 5.25% NaOCl, subdivididos equitativamente de acuerdo a los tiempos de inmersión por 1, 5 y 10 minutos (A, B y C; respectivamente).

Grupo control: Conos de gutapercha sin desinfectar. (Anexo D)

3.6.2 Preparación del agente desinfectante e inmersión

Se realizó la disolución de 7.5% NaOCl a diferentes concentraciones (2.5% y 5.25%) (Anexo E) con la fórmula química $V_i \cdot C_i = V_f \cdot C_f$, luego se procedió a colocar en los tubos de ensayo el NaOCl a sus diferentes concentraciones, rotuladas con los diferentes tiempos de inmersión (Anexo F). Después, los conos de gutapercha se sumergieron en estos tubos de ensayo (Anexo G), y, por último, al retirarlos de los tubos fueron lavados en 5mL de agua destilada por 1 minuto y se dejó secar en gasas estériles. (Anexo H)

3.6.3 Ejecución de las muestras

Se realizó la medición del diámetro de los conos de gutapercha con un vernier digital para poder calcular el área de sección transversal de los conos para su posterior uso en los valores de resistencia a la tracción. (Anexo I)

El ensayo sobre los conos de gutapercha fue realizado en el laboratorio “HIGH TECHNOLOGY LABORATORY” (Anexo J y K), en el cual se utilizará la máquina de ensayo universal CMT-5L en base a la norma ISO 527-1 (2019), donde se procedió primero a insertar los extremos de los conos a los soportes de la máquina de ensayo universal, y luego se aplicó la carga a una velocidad de cruceta (parte móvil de la máquina) de 1 mm/min, hasta que se obtuvo la máxima falla por tracción. (Anexo L)

Mientras ocurrió la prueba se pudo observar en una computadora, interconectada con la máquina de ensayo, el proceso formativo del diagrama de tensión/deformación, la cual arrojó dos zonas consecutivas importantes (zona elástica y zona plástica), la zona elástica mostrará una pendiente de tensión/deformación para el resultado del módulo de elasticidad y la zona plástica mostrará en su punto máximo el equivalente a la resistencia a la tracción. (Anexo M)

Finalmente, se registraron los valores obtenidos de resistencia a la tracción y módulo de elasticidad de los conos de gutapercha en las fichas de recolección de datos. (Anexo N)

3.7 Análisis de datos

Los datos recabados fueron anotados en una ficha de Microsoft Excel 2019[®] y posteriormente para el análisis estadístico fueron importados por el programa SPSS versión 24.0. Para el análisis descriptivo se empleó medidas de tendencia central y dispersión, como la media y la desviación estándar. Para la prueba de hipótesis, se evaluó si los datos presentaban distribución normal y homocedasticidad, para ello se usó la prueba de Shapiro Wilk (Anexo O) y la prueba de Levene (Anexo P), respectivamente. Por ello, se decidió utilizar la prueba de ANOVA de uno y dos factores, con modificación robusta de Welch para grupos independientes. Para la comparación múltiple intergrupos se hizo el post hoc de Sheffe. Además, se aplicó el análisis multivariante de la varianza (MANOVA) basado en la traza de Pillai. Todos los análisis se realizaron considerando un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$).

3.8 Consideraciones éticas

El presente trabajo es de tipo experimental - in vitro, por lo cual no presentó implicancia ética en seres humanos, además el investigador no tuvo ningún conflicto de interés con la marca que se utilizó, debido a que fueron utilizados específicamente con fines de investigación.

IV. Resultados

Habiendo señalado los objetivos sobre la resistencia a la tracción y módulo de elasticidad de los conos de gutapercha desinfectados con hipoclorito de sodio a diferentes tiempos de inmersión, se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 1

Valores descriptivos de la resistencia a la tracción de conos de gutapercha inmersos a diferentes concentraciones de NaOCl, según tiempo.

Concentración de NaOCl	Tiempo	n	Media (Mpa)	DE	EE	IC 95%		Mínimo	Máximo
						LI	LS		
Control (-)	1 min	5	10.74	0.36	0.16	10.30	11.18	10.26	11.09
	5 min	5	10.48	0.53	0.24	9.82	11.14	9.61	11.05
	10 min	5	10.59	0.76	0.34	9.64	11.54	9.73	11.47
NaOCl 2.5%	1 min	5	10.42	0.59	0.26	9.69	11.16	9.95	11.43
	5 min	5	10.50	0.83	0.37	9.47	11.54	9.61	11.39
	10 min	5	10.79	0.74	0.33	9.87	11.70	10.18	11.92
NaOCl 5.25%	1 min	5	10.11	0.96	0.43	8.92	11.31	9.15	11.20
	5 min	5	10.57	0.51	0.23	9.93	11.21	9.99	11.13
	10 min	5	10.18	0.66	0.29	9.36	10.99	9.35	10.94

n: muestra; DE: Desviación Estándar; EE: Error Estándar de la media; IC 95%: Intervalo de confianza al 95%;

LI: Límite Inferior; LS: Límite Superior.

Nota. Los conos de gutapercha que fueron sumergidos en NaOCl 2.5% por 10 minutos, presentaron mayor resistencia a la tracción (10.79 Mpa, IC 95%: 9.87 – 11.70), mientras que aquellos que fueron sumergidos en NaOCl 5.25%, presentaron mayor resistencia a la tracción a los 5 minutos (10.57 Mpa, IC 95%: 9.93 – 11.21). Por otro lado, los conos de gutapercha que solo fueron sumergidos en agua destilada (control) por 1 minuto, presentaron su mayor resistencia a la tracción (10.74 Mpa, IC: 10.30 – 11.18).

Tabla 2

Valores descriptivos del módulo de elasticidad de conos de gutapercha inmersos a diferentes concentraciones de NaOCl, según tiempo.

Concentración de NaOCl	Tiempo	N	Media (Mpa)	DE	EE	IC 95%		Mínimo	Máximo
						LI	LS		
Control (-)	1 min	5	248.02	21.13	9.45	221.79	274.25	225.56	271.25
	5 min	5	245.20	29.15	13.04	209.01	281.39	215.30	277.74
	10 min	5	236.02	23.75	10.62	206.53	265.51	196.06	253.14
NaOCl 2.5%	1 min	5	169.07	11.15	4.99	155.23	182.92	154.10	181.97
	5 min	5	184.27	27.77	12.42	149.78	218.76	153.97	211.15
	10 min	5	157.51	6.02	2.69	150.04	164.99	149.21	163.32
NaOCl 5.25%	1 min	5	146.25	12.70	5.68	130.48	162.02	135.71	165.07
	5 min	5	148.02	6.38	2.85	140.09	155.94	139.52	156.60
	10 min	5	139.92	4.24	1.90	134.65	145.18	134.57	146.27

n: muestra; DE: Desviación Estándar; EE: Error Estándar de la media; IC 95%: Intervalo de confianza al 95%; LI: Límite Inferior; LS: Límite Superior.

Nota. Los conos de gutapercha que fueron sumergidos en NaOCl 2.5% y 5.25%, ambos por 5 minutos, presentaron mayores valores de módulo de elasticidad (248.02 Mpa, IC 95%: 221.79 – 274.25 y 148.02 Mpa, IC: 140.09 – 155.94; respectivamente). Por otro lado, los conos de gutapercha que solo fueron sumergidos en agua destilada (control) por 1 minuto, presentaron mayor módulo de elasticidad (248.02 Mpa, IC: 221.79 – 274.25).

Tabla 3

Comparación de la resistencia a la tracción de los conos de gutapercha inmersos a diferentes concentraciones de NaOCl, según tiempo.

Concentración de NaOCl	Tiempo	n	Media	^a p-valor	F	^b p-valor	F	^b p-valor
Control (-)	1 min	5	10.74	0.464	0.264	0.772		
	5 min	5	10.48	0.413				
	10 min	5	10.59	0.347				
NaOCl 2.5%	1 min	5	10.42	0.083	0.345	0.715	0.549	0.811
	5 min	5	10.50	0.268				
	10 min	5	10.79	0.252				
NaOCl 5.25%	1 min	5	10.11	0.253	0.561	0.585		
	5 min	5	10.57	0.410				
	10 min	5	10.18	0.500				

n: muestra; ^aBasado en la prueba de normalidad de Shapiro Wilk ($p > 0.05$, distribución normal); F: Estadístico de ANOVA de un factor intergrupos, ^b $p < 0.05$ (diferencias significativas).

Nota. Al comparar la resistencia a la tracción de los conos de gutapercha, no se observó diferencias significativas, después de ser inmersos a 1, 5 y 10 min en NaOCl 2.5% ($p = 0.715$) y NaOCl 5.25% ($p = 0.585$). De la misma forma ocurrió en el grupo control ($p = 0.772$). Por otro lado, al realizar las comparaciones múltiples de acuerdo a la concentración y tiempo de inmersión no se observó diferencias significativas ($p = 0.811$).

Tabla 4

Comparación del módulo de elasticidad de los conos de gutapercha inmersos a diferentes concentraciones de NaOCl, según tiempo.

Concentración de NaOCl	Tiempo	n	Media	^a p-valor	F	^b p-valor	F	^b p-valor
Control (-)	1 min	5	248.02	0.305				
	5 min	5	245.20	0.259	2.282	0.185		
	10 min	5	236.02	0.071				
NaOCl 2.5%	1 min	5	169.07	0.691				
	5 min	5	184.27	0.156	3.547	0.090	26.853	0.000
	10 min	5	157.51	0.522				
NaOCl 5.25%	1 min	5	146.25	0.183				
	5 min	5	148.02	0.977	1.964	0.208		
	10 min	5	139.92	0.838				

n: muestra; ^aBasado en la prueba de normalidad de Shapiro Wilk ($p > 0.05$, distribución normal); F: Estadístico de ANOVA con modificación robusta de Welch de un factor intergrupos, ^b $p < 0.05$ (diferencias significativas).

Tabla 5

Post hoc de comparación múltiple del módulo de elasticidad de los conos de gutapercha inmersos a diferentes concentraciones de NaOCl, según tiempo.

Concentración	Tiempo	Control (-)			NaOCl 2.5%			NaOCl 5.25%	
		1min	5min	10min	1min	5min	10min	1min	5min
Control (-)	5min	1.000							
	10min	0.997	1.000						
	1min	0.000*	0.000*	0.001*					
NaOCl 2.5%	5min	0.003*	0.005*	0.029*	0.986				
	10min	0.000*	0.000*	0.000*	0.998	0.715			
	1min	0.000*	0.000*	0.000*	0.858	0.251	0.998		
NaOCl 5.25%	5min	0.000*	0.000*	0.000*	0.905	0.312	0.999	1.000	
	10min	0.000*	0.000*	0.000*	0.612	0.102	0.965	1.000	1.000

*Basado en la Prueba de Sheffe, ($p < 0.05$, diferencias significativas).

Nota. Al comparar los módulos de elasticidad de los conos de gutapercha, no se observó diferencias significativas, después de ser inmersos a 1, 5 y 10 min en NaOCl 2.5% ($p = 0.090$) y NaOCl 5.25% ($p = 0.208$). De la misma forma ocurrió en el grupo control ($p = 0.185$). Por otro lado, al realizar las comparaciones múltiples de acuerdo a la concentración y tiempo de inmersión se pudo observar diferencias significativas ($p < 0.05$) de los conos de gutapercha que fueron inmersos en agua destilada, comparado con aquellos que fueron inmersos en NaOCl 2.5% y 5.25%, tanto al 1, 5 y 10 min. Sin embargo, no hubo diferencias significativas de los módulos de elasticidad de los conos de gutapercha ($p > 0.05$), cuando estas fueron inmersas en diferentes concentraciones de NaOCl, tanto al 1, 5 y 10 min. (Tabla 4 y Tabla 5)

Tabla 6

Análisis multivariante según la interacción concentración NaOCl y tiempo.

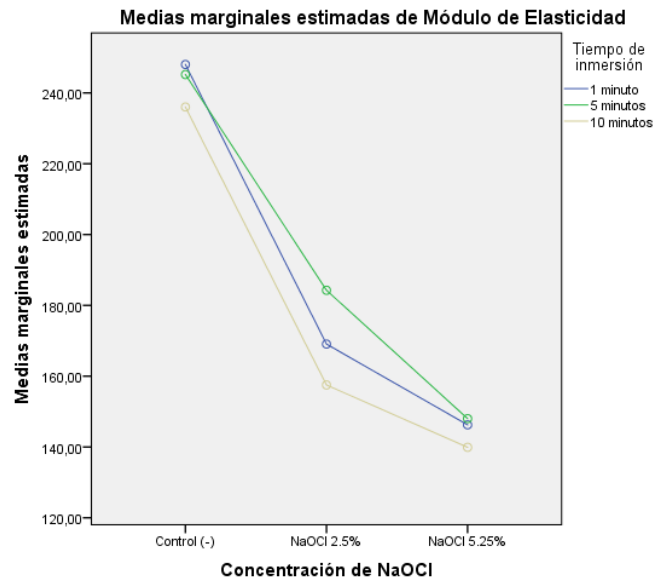
Factores	Efecto	*F	*p-valor	**F	**p-valor
Concentración	Resistencia a la Tracción	0.971	0.388	14.400	0.000**
	Módulo de Elasticidad	116.721	0.000*		
Tiempo	Resistencia a la Tracción	0.089	0.915	1.252	0.297
	Módulo de Elasticidad	2.517	0.095		
Concentración * Tiempo	Resistencia a la Tracción	0.569	0.687	0.562	0.806
	Módulo de Elasticidad	0.516	0.724		

*Basado en la prueba de MANOVA ($p < 0.05$, efecto significativo); **Basado en Traza de Pillai ($p < 0.05$, efecto significativo)

Nota. Al realizar el análisis multivariante de acuerdo a los dos factores concentración y tiempo, se pudo observar que el aumento de concentración de NaOCl redujo significativamente el módulo de elasticidad de los conos de gutapercha, independientemente del tiempo de inmersión ($p = 0.000$); sin embargo, este aumento de concentración de NaOCl no afectó significativamente la resistencia a la tracción ($p = 0.338$). Por otro parte, el factor tiempo y la interacción de este con la concentración de NaOCl, no afectó significativamente la resistencia a la tracción ($p = 0.915$ y $p = 0.095$, respectivamente) ni el módulo de elasticidad ($p = 0.687$ y $p = 0.724$, respectivamente) de los conos de gutapercha.

Figura 1

Análisis del módulo de elasticidad de los conos de gutapercha, según la concentración de NaOCl y el tiempo de inmersión.



V. Discusión de Resultados

El propósito de este estudio *in vitro* fue comparar la resistencia a la tracción y módulo de elasticidad de los conos de gutapercha desinfectados en hipoclorito de sodio al 2.5% y 5.25%, sumergidos por 1, 5 y 10 minutos. Por ello, al realizar el análisis multivariante de acuerdo a los dos factores concentración y tiempo, se pudo observar que el aumento de concentración de NaOCl redujo significativamente el módulo de elasticidad de los conos de gutapercha, independientemente del tiempo de inmersión; sin embargo, este aumento de concentración de NaOCl no afectó significativamente la resistencia a la tracción.

En este estudio, la resistencia a la tracción media de los conos de gutapercha sumergido por un minuto en agua destilada (control) presentó uno de los promedios más altos (10.74 Mpa), mientras que después de su inmersión con NaOCl 5.25% al mismo tiempo, el promedio disminuyó a 10.11 Mpa; sin embargo, se debe aclarar que estas diferencias no fueron significativas, siendo esto concordante con lo obtenido por Naved et al. (2019), ya que reportaron que los conos de gutapercha sumergidos por un minuto en NaOCl 5.25% disminuyeron su resistencia a la tracción, aunque de forma no significativa. Probablemente esto se deba a que las ceras, como componente del cono de gutapercha, pudieron mantener el contenido orgánico constante, y por ende la resistencia a la tracción se mantuvo inalterable, ya que las ceras podrían unirse químicamente con las moléculas de gutapercha, provocando una nueva disposición y movimientos en las cadenas poliméricas de la misma, lo cual le podría conferir cierto equilibrio a la tracción cuando esta se expone a diferentes concentraciones de NaOCl (Friedman, 1973). Además, cabe resaltar que la proporción cera/resina y la gutapercha propiamente dicha, presentes en los conos, pueden variar en su concentración de acuerdo a la marca comercial, siendo la gutapercha la principal responsable de mantener la resistencia a la tracción en el cono. Por ello, Maniglia et al. (2005), reportó que la composición química de

cera/resina de la marca DENTSPLY FM (Brasil) tiene un alto porcentaje (10.4% +/- 0.11) y un contenido de gutapercha de 16.3 %, mientras que DENTSPLY TP contiene 4% +/- 0.36 de cera/resina y un 21.6 % de gutapercha, mientras que la composición de cera/resina y gutapercha utilizado en este estudio fue menos del 10% y 21%, respectivamente. Esto podría explicar los resultados contradictorios obtenidos por otras investigaciones al comparar la resistencia a la tracción de los conos de gutapercha sumergidos a diferentes concentraciones de NaOCl, puesto que se ha reportado aumento (Pang et al., 2007) o disminución (Ismail et al., 2012; Mahali et al., 2015; Solanki et al., 2018) de esta propiedad.

Por otro lado, luego de analizar los resultados se encontró que, al comparar los valores medios de los módulos de elasticidad de los conos de gutapercha en su desinfección, se observó una disminución significativa en aquellos que fueron inmersos en NaOCl 2.5% y 5.25%, a 1, 5 y 10 minutos. Estos resultados son discrepantes con lo obtenido por Ismail et al. (2012), ya que reportaron un aumento de los módulos de elasticidad y un porcentaje de elongación disminuido cuando los conos de gutapercha fueron sumergidos en NaOCl al 1%, 2.5% y 5.25% por 10, 15 y 20 minutos. La razón de estas diferencias, probablemente se deba a que el NaOCl al entrar en contacto con el óxido de zinc de los conos de gutapercha, provoque una baja en su concentración de este y en consecuencia la rigidez o módulo de elasticidad del cono disminuya, ya que esta propiedad se le ha atribuido a la presencia de óxido de zinc (Mishra et al., 2020; Canalda et al., 2019). Asimismo, este argumento ha sido respaldado por Pang et al. (2007) ya que mostraron que el porcentaje de deformación del cono de gutapercha aumentó cuando se sumergió en NaOCl 5.25% por 5 minutos y por ende el módulo de elasticidad disminuyó, ya que se sabe que es inversamente proporcional (Mishra et al., 2020; Friedman, 1973). Sin embargo, es necesario aclarar que en esta investigación el módulo de elasticidad de los conos de gutapercha disminuyó desde el primer minuto que se sumergió en NaOCl 5.25%, esta diferencia quizá se debió a que en este estudio se utilizó conos de gutapercha de la marca

alemana VDW® cuya concentración de óxido de zinc fue 69%, mientras que en el estudio de Pang et al., (2007), se utilizó conos de gutapercha de la marca coreana Meta Biomed® cuya concentración de óxido de zinc varió entre 55% y 65%, siendo esto un factor que pudo afectar su módulo de elasticidad y rigidez en menor tiempo (Mondragón et al., 2002; Friedman et al., 1977). De igual forma Carvalho et al. (2015), demostraron con espectroscopia de dispersión de energía (EDS) que los niveles de zinc se reducen significativamente cuando al cono de gutapercha se le sumerge en NaOCl 1% para su desinfección por tiempos mayores a 1 hora. Esto permite pensar que, si la concentración de NaOCl aumenta, probablemente los niveles de zinc disminuyen en menor tiempo y, por tanto, la rigidez del cono y su módulo de elasticidad, disminuyen; ya que se ha reportado que el zinc es uno de los componentes principales relacionados con el módulo de elasticidad, junto con el oxígeno (Mishra et al., 2020). Sumado a este argumento, Canalda et al. (2019), reportó que los niveles de óxido de zinc son inversamente proporcionales a la viscoelasticidad del cono de gutapercha y directamente proporcional al módulo de elasticidad o rigidez del mismo.

VI. Conclusiones

- El aumento de concentración de NaOCl redujo significativamente el módulo de elasticidad de los conos de gutapercha, independientemente del tiempo de inmersión.
- El aumento de concentración de NaOCl, el factor tiempo y la interacción de este con la concentración de NaOCl, no afectó significativamente la resistencia a la tracción ni el módulo de elasticidad de los conos de gutapercha.

VII. Recomendaciones

- Contar con un antecedente que haya utilizado conos de gutapercha con similar composición química al cono de gutapercha utilizada en esta investigación y así poder discutir los resultados de acuerdo a la composición que ofrece la marca comercial VDW.
- Comparar la influencia del NaOCl al 2.5% y 5.25% sobre los conos de gutapercha con diferentes tamaños; por ello recomendamos incluir esta variable en futuros estudios, ya que se ha reportado que puede ser un factor influyente en la resistencia a la tracción y el módulo de elasticidad.
- Se sugiere realizar estudios con otras soluciones desinfectantes y comparar las propiedades mecánicas del cono de gutapercha con un análisis multivariante (MANOVA) que considere como factor el tiempo y la concentración.

VIII. Referencias

- Agrawal, M., Kotalwar, G., Gelda, A., Kadtane, S., Badade, A. y Hegde, V. (2020). Effectiveness of Different Agents for Disinfection of Gutta Percha Cones an in vitro study. *Journal of Research in Medical and Dental Science*, 8(5), 169-172.
- Alamo, J., Guardia, S., Mendoza, R. y Guerra, L. (2015). Efectividad de tres irrigantes sobre el número de colonias de enterococcus faecalis en la preparación de conductos radiculares. *KIRU*, 12(1), 8-12.
- Ascensión, P. y Sánchez, F. (2010). *Técnicas de ayuda odontológica y estomatológica*. (3era ed.) Parainfo.
- Ashish, V. y Pandey A. (2008). Decontamination of gutta-percha cones with different chemical agents. *Int. J. Chem. Sci*, 6(3), 1455-1462.
- Athiban, P., Borthakur, B., Ganesan S. y Swathika, B. (2012). Evaluation of the antimicrobial efficacy of Aloe vera and its effectiveness in the decontamination of gutta-percha cones. *J Conserv Dent*, 15(3), 246-8. D: 10.4103/0972-0707.97949
- Balandrano, F. (2007). Soluciones para irrigación en endodoncia: Hipoclorito de sodio y gluconato de clorhexidina. *Revista Científica Odontológica*. 3(1), 11-14.
- Barbosa, C., Condessa, H., Érnica, F., Cherubini, A., De Oliveira, J., Silveira U., Zotarelli, I., Beneti, I., Moreira, L. y Pereira, F. (2018). Effect of Time on Disinfection of Gutta-Percha Cones with Sodium Hypochlorite: Experimental Research. *OHDM*, 17(6), 1-5.
- Başer, E., Karapınar, M., y Kaptan, R. (2015). Inadvertent Apical Extrusion of Sodium Hypochlorite with Evaluation by Dental Volumetric Tomography. *Case Reports in Dentistry*. 1-5. [Doi: 10.1155/2015/247547](https://doi.org/10.1155/2015/247547)

- Bindu, J., Purra, A., Dutta, A. y Zargar, A. (2017). Topographical effects of Gutta Percha immersed in different concentration of Sodium Hypochlorite disinfection at different time interval: An atomic force microscopy study. *International Journal of Oral Health Dentistry*, 3(1), 54-58. Doi: 10.18231/2395-499X .2017.0012
- Brito, S., Vasconcelos, R. y Oliveira, S. (2013). Gutta-percha points surface alterations after sodium hypochlorite disinfection. *Brazilian Dental Science*, 16(3), 47-55. Doi:10.14295/bds.2013.v16i3.883
- Callister, W. (2012). *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales*. Reverté.
- Canalda, C y Brau, E. (2019). *Endodoncia: técnicas clínicas y bases científicas*. (4ta ed.). Elsevier.
- Cárdenas, A., Sánchez, S., Tinajero, C., González, V. y Baires, L. (2012). Hipoclorito de sodio en irrigación de conductos radiculares: Sondeo de opinión y concentración en productos comerciales. *Revista Odontológica Mexicana*, 16 (4), 252-258.
- Cardoso, C., Redmerski, R., Bittencourt, N., y Kotaka, C. (2000). Effectiveness of different chemical agents in rapid decontamination of gutta-percha cones. *Brazilian Journal of Microbiology*, 31(1), 67-71. Doi: 10.1590/S1517-83822000000100016
- Carvalho, A., Leal, F., Vasconcelos, R., Junqueira, R. y Goncalves, S. (2015). EDS analysis of gutta-percha cones disinfected by 1% and 2.5% sodium hypochlorite solutions. *Braz Dent Sci*, 18(4), 84-88. Doi: [10.14295/bds.2015.v18i4.1140](https://doi.org/10.14295/bds.2015.v18i4.1140)
- Carvalho, C., Pinto, M., Batista, S., Quelemes, P., Falcão, C., Ferraz, M. (2020). Decontamination of Gutta-percha Cones employed in Endodontics. *Acta Odontol. Latinoam*, 33(1), 45-49.

- Cedeño, M., Pinos, P. y Segovia, P. (2020). Obturación del sistema de conductos radiculares. Una revisión de la literatura. *Reciamuc*, 4(1), 253-266. Doi: 10.26820/reciamuc/4.(1).enero.2020.253-26
- Chandrappa, M., Mundathodu, N., Srinivasan, R., Nasreen, F., Kavitha, P. y Shetty, A. (2014). Disinfection of gutta-percha cones using three reagents and their residual effects. *J Conserv Dent*, 17(6), 571-4. Doi: 10.4103/0972-0707.144607.
- Da Motta, P., De Figueiredo, C., Maltos, S., Nicoli, J., Ribeiro, A., Maltos, K. y Carvalhais, H. (2001). Efficacy of chemical sterilization and storage conditions of gutta-percha cones. *International Endodontic Journal*, 34(6), 435–439. Doi: 10.1046/j.1365-2591.2001.00412.x
- Deshpande, P. y Naik. R. (2015). Comprehensive review on recent root canal filling materials and techniques – An update. *International Journal of Applied Dental Sciences*, 1(5), 30-34.
- Dilip, S., Nitin, M., Janardan, S. y Balasaheb, G. (2020) Comparative evaluation of tensile strength of gutta percha by using a herbal disinfectant - An in-vitro study. *Ijdsir*, 3(3), 466 – 471.
- Estrela, C., Barbin, E., Spanó, J., Marchesan, M. y Pécora, J. (2002). Mechanism of action of Sodium Hypochlorite. *Braz Dent J*, 13(2), 113-117. Doi: 10.1590/S0103-64402002000200007
- Flores, A. y Pastenes, A. (2018). Técnicas y sistemas actuales de obturación en endodoncia. Revisión crítica de la literatura. *KIRU*, 15(2), 85-93. Doi.org/10.24265/kiru.2018.v15n2.05

Friedman, C. (1973). The Chemical Composition and Mechanical Properties of Gutta Percha Endodontic Filling Materials. [Master's Theses, Loyola University Chicago].

Friedman, C., Sandrik, J., Heuer, M., y Rapp, G. (1977). Composition and physical properties of gutta-percha endodontic filling materials. *Journal of Endodontics*, 3(8), 304–308.
[Doi: 10.1016/S0099-2399\(77\)80035-6](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(77)80035-6)

Giudice, A., y Torres, J. (2011). Obturación en endodoncia - Nuevos sistemas de obturación: revisión de literatura. *Rev Estomatol Herediana*, 21(3), 166-174. Doi: 10.20453/reh.v21i3.232

Gomes, B., Vianna, M., Matsumoto, C., De Paula, V., Zaia, A., Ferraz, C. y De Souza, F. (2005). Disinfection of gutta-percha cones with chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 100(4), 512–517.
Doi: 10.1016/j.tripleo.2004.10.002

Gómez, A. y Betancourt, L. (2018). Infiltración accidental de hipoclorito de sodio en tejidos periapicales al realizar tratamientos de conductos. *Revista Salud Quintana Roo*, 11(40), 45-49.

Goswami, M., Chhabra, N., Kumar, G., Verma, M., y Chhabra, A. (2013). Sodium hypochlorite dental accidents. *Paediatrics and International Child Health*, 34(1), 66–69. [Doi: 10.1179/2046905512Y.0000000042](https://doi.org/10.1179/2046905512Y.0000000042)

International Organization for Standardization. (2019). Plásticos - Determinación de las propiedades de tracción - Parte 1: Principios generales. (ISO No. 527-1:2019-12).

Ismail, S., Al-Sabawi, N. y Al-Askary, R. (2012). Effect of Different Disinfectant Solutions on the Properties of Gutta Percha Cones. *Tikrit Journal for Dental Sciences*, 2, 169-174.

- Jaiswal, N., Sinha, D., Singh, U., Singh, K., Jandial, U., y Goel, S. (2017). Evaluation of antibacterial efficacy of Chitosan, Chlorhexidine, Propolis and Sodium hypochlorite on *Enterococcus faecalis* biofilm: An in vitro study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9(9), 1066 - 1074. [Doi: 10.4317/jced.53777](https://doi.org/10.4317/jced.53777)
- Jiménez, K., Montero M., Cortés C., Rojas N. y Zeledón, R. (2014). Eficiencia de diferentes protocolos de desinfección de conos de gutapercha con NaOCl, ante las especies *S. aureus* y *E. faecalis*. *Rev. Cient. Odontol*, 10(1), 37-41. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=324233026005>
- Jyothsna, K., Sunil, S., Datta, S., Sunil, C., Vamsee, N. y Chandra, K. (2020). Evaluation of disinfection of gutta-percha cones using various chemical solutions- An in-vitro study. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*, 19(1), 41-45. [Doi: 10.9790/0853-1901084145](https://doi.org/10.9790/0853-1901084145)
- Kayaoglu, G., Gürel, M., Ömürlü, H., Bek, Z. y Sadik, B. (2009). Examination of gutta-percha cones for microbial contamination during chemical use. *Journal of Applied Oral Science*, 17(3), 244–247. [Doi: 10.1590/S1678-77572009000300022](https://doi.org/10.1590/S1678-77572009000300022)
- Koyess, E., Camilleri, J., y Micallef, C. (2016). Model assessing thermal changes during high temperature root canal irrigation. *Healthcare Technology Letters*, 3(3), 247–251. [Doi: 10.1049/htl.2016.0008](https://doi.org/10.1049/htl.2016.0008)
- Luddin, N. y Aly, H. (2013). The antibacterial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine against *Enterococcus faecalis*: A review on agar diffusion and direct contact methods. *J Conserv Dent*, 16(1), 9–16. [Doi: 10.4103/0972-0707.105291](https://doi.org/10.4103/0972-0707.105291)

- Mahali, R., Dola, B., Tanikonda, R. y Peddireddi, S. (2015). Comparative evaluation of tensile strength of Gutta-percha cones with a herbal disinfectant. *J Conserv Dent*, 18(6), 471–473. Doi: 10.4103/0972-0707.168813
- Maniglia, C., Silva, J., Paula, R., Feitosa, J., Cortez, D., Zaia, A., y Souza, F. (2005). Brazilian gutta-percha points: Part I: chemical composition and X-ray diffraction analysis. *Brazilian Oral Research*, 19(3), 193–197. [Doi: 10.1590/S1806-83242005000300007](https://doi.org/10.1590/S1806-83242005000300007)
- Marín, M., Gómez, B., Cano, A., Cruz, S., Castañeda, D. y Castillo, E. (2019). Hipoclorito de sodio como irrigante de conductos. Caso clínico, y revisión de literatura. *Avances en Odontoestomatología*, 35(1), 33-43. Doi: 10.4321/s0213-12852019000100005
- Mishra, P., Tyagi, S. y Tripathi, D. (2020). Elastic analysis of Gutta percha cones in 50 µg/ml and 80 µg/ml concentration of silver nanoparticles and 5.25% sodium hypochlorite by atomic force microscope: In vitro study. *Endodontology*, 32, 193-7. Doi: 10.4103/endo.endo_62_20
- Mondragón, J., Varela, R., Ramírez, H., Cueto, G., Meléndez, J., Guerrero, C. y Cruz, J. (2002). Estudio descriptivo de la gutapercha PRODENT por medio de MEB y EDX in vitro. *Revista ADM*, 49 (6), 211-215.
- Moorer, W., y Genet, J. (1982). Antibacterial activity of gutta-percha cones attributed to the zinc oxide component. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 53(5), 508–517. [Doi: 10.1016/0030-4220\(82\)90468-6](https://doi.org/10.1016/0030-4220(82)90468-6)
- Morales, J., Badillo, M., Chávez, M., García, V. y Gutiérrez, A. (2020). Comparación de desinfección de diferentes marcas de punta de gutapercha con hipoclorito de sodio. *Revista ADM*, 77(4), 185-190. Doi: 10.35366/95111

- Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. (4ta ed.). Pearson educación.
- Nausheen, A., Makne, S., Nanda, Z., Rane, P., Rudagi, K., Reddy, K. y Tekwani, R. (2019). Effect of Different Chemical and Herbal Disinfectant Solutions on the Mechanical and Physical Properties of Gutta-percha: An In Vitro Study. *Journal of Operative Dentistry and Endodontics*, 4(2), 84-87. Doi: 10.5005/jp-journals-10047-0077
- Naved, M., Jadhav, S., Hegde, V. y Kamble, A. (2019). Comparative evaluation of tensile strength of gutta-percha points after using different disinfectants and time durations - An in vitro study. *International Dental & Medical Journal of Advanced Research*, 5, 1-5.
- Özalp, N., Ökte, Z. y Özcelik, B. (2006). The Rapid Sterilization of Gutta-Percha Cones with Sodium Hypochlorite and Glutaraldehyde. *Journal of Endodontics*, 32(12), 1202-1204. Doi: 10.1016/j.joen.2006.08.009
- Pang, N., Jung, I., Bae, K., Baek, S., Lee, W. y Kum, K. (2007). Effects of Short-term Chemical Disinfection of Gutta-Percha Cones: Identification of Affected Microbes and Alterations in Surface Texture and Physical Properties. *Journal of Endodontics*, 33(5), 594-598. Doi: 10.1016/j.joen.2007.01.019
- Prado, M., Guzmán, H., Gomes, B., y Simão, R. (2011). The importance of final rinse after disinfection of gutta-percha and Resilon cones. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 111(6), 21-24. [Doi: 10.1016/j.tripleo.2011.01.014](https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2011.01.014)
- Ramos, A. y Ramos, D. (2015). Efectividad de diferentes agentes antimicrobianos en la desinfección de conos de gutapercha. *Odontol. Sanmarquina*, 18(1), 19-22. Doi: 10.15381/os.v18i1.11335

- Rangel, O., Luna, C., Téllez, A. y Ley, M. (2018). Obturación del sistema de conductos radiculares: revisión de literatura. *Revista ADM*, 75(5), 269-272.
- Rao, S., Chowdary, M., Soonu, C. y Muralidhar, T. (2019). Effectiveness of three chemical solutions on gutta-percha cones by rapid sterilization technique: A scanning electron microscope study. *Endodontology*, 31(1), 17-20. Doi: 10.4103/endo.endo_54_18
- Redmerski, R., Bulla, J., Moreno, T., García, L. y Cardoso, C. (2007). Disinfection of gutta-percha cones with chlorhexidine. *Brazilian Journal of Microbiology*, 38(4), 649–655. [Doi: 10.1590/S1517-83822007000400013](https://doi.org/10.1590/S1517-83822007000400013)
- Rosa, P., Oliveira, S. y Vasconcelos, R. (2012). Morphological analysis of gutta-percha points subjected to different treatments and the influence on obturation sealing. *Braz Dent Sci*, 15, 24–31. Doi: 10.14295/bds.2012.v15i3.800
- Sailaja, P., Ahmed, S., Devi, K. y Shiva, S. (2020). Comparative evaluation of various herbal and synthetic solutions on disinfection of gutta-percha: An in vitro study. *Indian J Dent Res*, 31(3), 376-381. Doi: 10.4103/ijdr.IJDR_556_17
- Salazar J. (2007). *Resistencia de materiales: básica para estudiantes de ingeniería*. Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales.
- Salazar K. (2012). Evaluación in vitro de la microfiltración apical de conductos radiculares obturados utilizando 2 cementos a base de óxido de zinc, Grossdent y Endobalsam, en piezas dentarias uniradiculares. [Trabajo para optar el título de Cirujano Dentista]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- Seabra P. y Siqueira, J. (2009). Contamination of gutta-percha and Resilon cones taken directly from the manufacturer. *Clinical Oral Investigations*, 14(3), 327–330. Doi: 10.1007/s00784-009-0295-z
- Senia, E., Marraro, R., Mitchell, J., Lewis, A., y Thomas, L. (1975). Rapid sterilization of gutta-percha cones with 5.25% sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*, 1(4), 136–140. Doi: 10.1016/S0099-2399(75)80098-7
- Seymour, R y Carraher, Ch. (1995). *Introducción a la química de los polímeros*. (2da ed.). Reverté.
- Siqueira, J., Da Silva, C., Cerqueira, D., López, H. y De Uzeda, M. (1998). Effectiveness of four chemical solutions in eliminating *Bacillus subtilis* spores on gutta-percha cones. *Endod Dent Traumatol*, 14(3), 124-6. Doi: 10.1111/j.1600-9657.1998.tb00824.x
- Soares, I. y Golberg, F. (2012). *Endodoncia: Técnica y Fundamentos*. (2da ed.) Panamericana.
- Solanki, H., Niphadkar. S., Gulve, M. y Kolhe, S. (2018). Evaluation of tensile strength of gutta-percha cones with different disinfectant solutions – an in vitro study. *Indian Journal of Applied Research*, 8(2), 42-43.
- Spoleti, P., Rodríguez, N. y Spoleti, M. (2013). Desinfección de los conos de gutapercha. Sus efectos en el ajuste apical. *U.N.R Journal*, 1, 1666-1672.
- Srivastava, S. (2019). Rapid chairside disinfection and surface alterations of gutta-percha cones with 1% Alexidine, 2% Chlorhexidine and 5.25% sodium hypochlorite against *Enterococcus faecalis* - An in vitro comparative study. *IAIM*, 6(10), 1-7.
- Subha, N., Prabhakar, V., Koshy, M., Abinaya, K., Prabu, M., y Thangavelu, L. (2013). Efficacy of Paraacético Acid in Rapid Disinfection of Resilon and Gutta-percha Cones

- Compared with Sodium Hypochlorite, Chlorhexidine, and Povidone-iodine. *Journal of Endodontics*, 39(10), 1261–1264. Doi: 10.1016/j.joen.2013.06.022
- Tilakchand, M., Naik, B. y Shetty, A. (2014). A comparative evaluation of the effect of 5.25% sodium hypochlorite and 2% chlorhexidine on the surface texture of Gutta-percha and resilon cones using atomic force microscope. *J Conserv Dent*, 17, 18-21. Doi: 10.4103/0972-0707.124102
- Valois, C., Silva, L. y Azevedo, R. (2005). Effects of 2% chlorhexidine and 5.25% sodium hypochlorite on gutta-percha cones studied by atomic force microscopy. *International Endodontic Journal*, 38(7),425–429. Doi: 10.1111/j.1365-2591.2005.00940.x
- Varghese, A., Joshua, J., Shetty, D., Damda, A. y Bhandary, S. (2018). Evaluation Of Surface Changes on Gutta-Percha Points Treated with Four Different Disinfectants at Two Different Time Intervals - A Sem Study. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*, 17(3), 30-37. Doi: 10.9790/0853-1703183037
- Vijetha, V. y Murali, R. (2019). Gutta-percha in endodontics - A comprehensive review of material science. *J Conserv Dent*, 22(3), 216–222. Doi: 10.4103/JCD.JCD_420_18
- Vitali F., Nomura, L., Delai, D., Henriques, D., Alves, A., Fonseca, L., Bortoluzzi, E. y Teixeira, C. (2019). Disinfection and surface changes of gutta-percha cones after immersion in sodium hypochlorite solution containing surfactant. *Microsc Res Tech*, 82, 1290–1296. Doi:10.1002/jemt.23279
- Yadav, K., Ataide, I., Ganoo, A., Fernandes, M. y Lambor, R. (2016). Evaluation of disinfection of gutta-percha cones and their surface changes using different chemical solutions. *J Res Dent*, 4(3), 76-80. Doi: 10.4103/2321-4619.188226

IX. Anexos

Anexo A. Norma ISO 527 -1

BS EN ISO 527-1:2019



Plastics – Determination of tensile properties

Part 1: General principles (ISO 527-1:2019)

Plastics — Determination of tensile properties —

Part 1: General principles

1 Scope

1.1 This part of ISO 527 specifies the general principles for determining the tensile properties of plastics and plastic composites under defined conditions. Several different types of test specimen are defined to suit different types of material which are detailed in subsequent parts of ISO 527.

1.2 The methods are used to investigate the tensile behaviour of the test specimens and for determining the tensile strength, tensile modulus and other aspects of the tensile stress/strain relationship under the conditions defined.

1.3 The methods are selectively suitable for use with the following materials:

- rigid and semi-rigid (see 3.12 and 3.13, respectively) moulding, extrusion and cast thermoplastic materials, including filled and reinforced compounds in addition to unfilled types; rigid and semi-rigid thermoplastics sheets and films;
- rigid and semi-rigid thermosetting moulding materials, including filled and reinforced compounds; rigid and semi-rigid thermosetting sheets, including laminates;
- fibre-reinforced thermosets and thermoplastic composites incorporating unidirectional or non-unidirectional reinforcements, such as mat, woven fabrics, woven rovings, chopped strands, combination and hybrid reinforcement, rovings and milled fibres; sheet made from pre-impregnated materials (prepregs);
- thermotropic liquid crystal polymers.

The methods are not normally suitable for use with rigid cellular materials, for which ISO 1926 is used, or for sandwich structures containing cellular materials.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 291, *Plastics — Standard atmospheres for conditioning and testing*

ISO 2602, *Statistical interpretation of test results — Estimation of the mean — Confidence interval*

ISO 7500-1:2004, *Metallic materials — Verification of static uniaxial testing machines — Part 1: Tension/compression testing machines — Verification and calibration of the force-measuring system*

ISO 9513:1999, *Metallic materials — Calibration of extensometers used in uniaxial testing*

ISO 16012, *Plastics — Determination of linear dimensions of test specimens*

ISO 20753, *Plastics — Test specimens*

ISO 23529, *Rubber — General procedures for preparing and conditioning test pieces for physical test methods*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1

gauge length

L_0

initial distance between the gauge marks on the central part of the test specimen

NOTE 1 It is expressed in millimetres (mm).

NOTE 2 The values of the gauge length that are indicated for the specimen types in the different parts of ISO 527 represent the relevant maximum gauge length.

3.2

thickness

h

smaller initial dimension of the rectangular cross-section in the central part of a test specimen

NOTE It is expressed in millimetres (mm).

3.3

width

b

larger initial dimension of the rectangular cross-section in the central part of a test specimen

NOTE It is expressed in millimetres (mm).

3.4

cross-section

A

product of initial width and thickness, $A = bh$, of a test specimen.

NOTE It is expressed in square millimetres, (mm²)

3.5

test speed

v

rate of separation of the gripping jaws

NOTE It is expressed in millimetres per minute (mm/min).

3.6

stress

σ

normal force per unit area of the original cross-section within the gauge length

NOTE 1 It is expressed in megapascals (MPa)

NOTE 2 In order to differentiate from the true stress related to the actual cross-section of the specimen, this stress is frequently called "engineering stress"

3.6.1

stress at yield

σ_y

stress at the yield strain

NOTE 1 It is expressed in megapascals (MPa).

NOTE 2 It may be less than the maximum attainable stress (see Figure 1, curves b and c)

3.6.2**strength** σ_m

stress at the first local maximum observed during a tensile test

NOTE 1 It is expressed in megapascals (MPa).

NOTE 2 This may also be the stress at which the specimen yields or breaks (see Figure 1).

3.6.3**stress at x % strain** σ_x stress at which the strain reaches the specified value x expressed as a percentage

NOTE 1 It is expressed in megapascals (MPa).

NOTE 2 Stress at x % strain may, for example, be useful if the stress/strain curve does not exhibit a yield point (see Figure 1, curve d).**3.6.4****stress at break** σ_b

stress at which the specimen breaks

NOTE 1 It is expressed in megapascals (MPa).

NOTE 2 It is the highest value of stress on the stress-strain curve directly prior to the separation of the specimen, i.e. directly prior to the load drop caused by crack initiation.

3.7**strain** ϵ

increase in length per unit original length of the gauge.

NOTE It is expressed as a dimensionless ratio, or as a percentage (%).

3.7.1**strain at yield****yield strain** ϵ_y

the first occurrence in a tensile test of strain increase without a stress increase

NOTE 1 It is expressed as a dimensionless ratio, or as a percentage (%).

NOTE 2 See Figure 1, curves b and c.

NOTE 3 See Annex A (informative) for computer-controlled determination of the yield strain.

3.7.2**strain at break** ϵ_b

strain at the last recorded data point before the stress is reduced to less than or equal to 10 % of the strength if the break occurs prior to yielding

NOTE 1 It is expressed as a dimensionless ratio, or as a percentage (%).

NOTE 2 See Figure 1, curves a and d.

3.7.3**strain at strength** ϵ_m

strain at which the strength is reached

NOTE It is expressed as a dimensionless ratio, or as a percentage (%).

3.8**nominal strain** ϵ_1

crosshead displacement divided by the gripping distance

NOTE 1 It is expressed as a dimensionless ratio, or as a percentage (%).

NOTE 2 It is used for strains beyond the yield strain (see 3.7.1) or where no extensometers are used.

NOTE 3 It may be calculated based on the crosshead displacement from the beginning of the test, or based on the increment of crosshead displacement beyond the strain at yield, if the latter is determined with an extensometer (preferred for multipurpose test specimens).

3.8.1**nominal strain at break** ϵ_{1b}

nominal strain at the last recorded data point before the stress is reduced to less than or equal to 10 % of the strength if the break occurs after yielding

NOTE 1 It is expressed as a dimensionless ratio, or as a percentage (%).

NOTE 2 See Figure 1, curves b and c.

3.9**modulus** E_1 slope of the stress/strain curve $\sigma(\epsilon)$ in the strain interval between $\epsilon_1 = 0,05\%$ and $\epsilon_2 = 0,25\%$

NOTE 1 It is expressed in megapascals (MPa).

NOTE 2 It may be calculated either as the chord modulus or as the slope of a linear least-squares regression line in this interval (see Figure 1, curve d).

NOTE 3 This definition does not apply to films.

3.10**Poisson's ratio** μ negative ratio of the strain increment $\Delta\epsilon_n$, in one of the two axes normal to the direction of extension, to the corresponding strain increment $\Delta\epsilon_1$ in the direction of extension, within the linear portion of the longitudinal versus normal strain curve

NOTE It is expressed as a dimensionless ratio.

3.11**gripping distance** l

initial length of the part of the specimen between the grips

NOTE It is expressed in millimetres (mm).

3.12**rigid plastic**

plastic that has a modulus of elasticity in flexure (or, if that is not applicable, in tension) greater than 700 MPa under a given set of conditions

3.13**semi-rigid plastic**

plastic that has a modulus of elasticity in flexure (or, if that is not applicable, in tension) between 70 MPa and 700 MPa under a given set of conditions

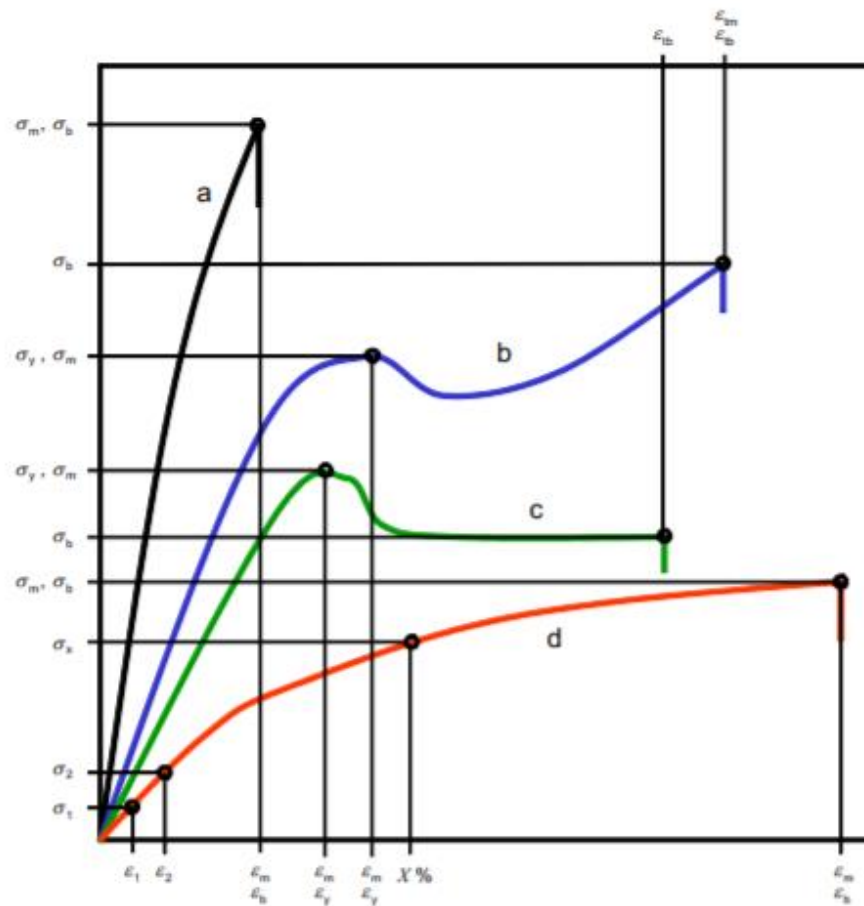


Figure 1 — Typical stress/strain curves

NOTE Curve (a) represents a brittle material, breaking without yielding at low strains. Curve (d) represents a soft rubberlike material breaking at larger strains (>50 %).

4 Principle and methods

4.1 Principle

The test specimen is extended along its major longitudinal axis at a constant speed until the specimen fractures or until the stress (load) or the strain (elongation) reaches some predetermined value. During this procedure, the load sustained by the specimen and the elongation are measured.

4.2 Method

4.2.1 The methods are applied using specimens which may be either moulded to the chosen dimensions or machined, cut or punched from finished and semi-finished products, such as mouldings, laminates, films and extruded or cast sheet. The types of test specimen and their preparation are described in the relevant part of ISO 527 typical for the material. In some cases, a multipurpose test specimen may be used. Multipurpose and miniaturized test specimens are described in ISO 20753.

4.2.2 The methods specify preferred dimensions for the test specimens. Tests which are carried out on specimens of different dimensions, or on specimens which are prepared under different conditions, may produce results which are not comparable. Other factors, such as the speed of testing and the conditioning of the specimens, can also influence the results. Consequently, when comparative data are required, these factors shall be carefully controlled and recorded.

5 Apparatus

5.1 Testing machine

5.1.1 General

The machine shall comply with ISO 7500-1 and ISO 9513, and meet the specifications given in 5.1.2 to 5.1.6, as follows.

5.1.2 Test speeds

The tensile-testing machine shall be capable of maintaining the test speeds as specified in Table 1.

Table 1 — Recommended test speeds

Test speed v mm/min	Tolerance %
0,125	±20
0,25	
0,5	
1	
2	
5	
10	
20	±10
50	
100	
200	
300	
500	

5.1.3 Grips

Grips for holding the test specimen shall be attached to the machine so that the major axis of the test specimen coincides with the direction of extension through the centre line of the grip assembly. The test specimen shall be held such that slip relative to the gripping jaws is prevented. The gripping system shall not cause premature fracture at the jaws or squashing of the specimen in the grips.

For the determination of the tensile modulus, it is essential that the strain rate is constant and does not change, for example, due to motion in the grips. This is important especially if wedge action grips are used.

NOTE For the prestress, which might be necessary to obtain correct alignment (see 9.3) and specimen seating and to avoid a toe region at the start of the stress/strain diagram, see 9.4.

5.1.4 Force indicator

The force measurement system shall comply with class 1 as defined in ISO 7500-1:2004.

5.1.5 Strain indicator

5.1.5.1 Extensometers

Contact extensometers shall comply with ISO 9513:1999, class 1. The accuracy of this class shall be attained in the strain range over which measurements are being made. Non-contact extensometers may also be used, provided they meet the same accuracy requirements.

The extensometer shall be capable of determining the change in the gauge length of the test specimen at any time during the test. It is desirable, but not essential, that the instrument should record this change automatically. The instrument shall be essentially free of inertia lag at the specified speed of testing.

For accurate determination of the tensile modulus E_t , an instrument capable of measuring the change of the gauge length with an accuracy of 1 % of the relevant value or better shall be used. When using test specimens of type 1A, this corresponds to a requirement of absolute accuracy of $\pm 1,5 \mu\text{m}$, for a gauge length of 75 mm. Smaller gauge lengths lead to different accuracy requirements, see Figure 2.

NOTE Depending on the gauge length used, the accuracy requirement of 1 % translates to different absolute accuracies for the determination of the elongation within the gauge length. For miniaturized specimens, these higher accuracies might not be attainable, due to lack of appropriate extensometers (see Figure 2)

Commonly used optical extensometers record the deformation taken at one broad test-specimen surface: in the case of such a single-sided strain-testing method, ensure that low strains are not falsified by bending, which may result from even faint misalignment and initial warpage of the test specimen, and which generates strain differences between opposite surfaces of the test specimen. It is recommended to use strain-measurement methods that average the strains of opposite sides of the test specimen. This is relevant for modulus determination, but less so for measurement of larger strains.

5.1.5.2 Strain gauges

Specimens may also be instrumented with longitudinal strain gauges; the accuracy of which shall be 1 % of the relevant value or better. This corresponds to a strain accuracy of 20×10^{-6} (20 microstrains) for the measurement of the modulus. The gauges, surface preparation and bonding agents should be chosen to exhibit adequate performance on the subject material

5.1.6 Recording of data

5.1.6.1 General

The data acquisition frequency needed for the recording of data (force, strain, elongation) must be sufficiently high in order to meet accuracy requirements.

5.1.6.2 Recording of strain data

The data acquisition frequency for recording of strain data depends on

- v the test speed, in mm/min;
- L_0/L the ratio between the gauge length and initial grip-to-grip separation;

- r the minimum resolution, in mm, of the strain signal required to obtain accurate data. Typically, it is half the accuracy value or better.

The minimum data acquisition frequency f_{min} , in Hz, needed for integral transmission from the sensor to the indicator can then be calculated as:

$$f_{min} = \frac{v}{60} \times \frac{L_0}{L \cdot r} \quad (1)$$

The recording frequency of the test machine shall be at least equal to this data rate f_{min} .

5.1.6.3 Recording of force data

The required recording rate depends on the test speed, the strain range, the accuracy and the gripping distance. The modulus, the test speed and the gripping distance determine the rise rate of force. The ratio of rise rate of force to the accuracy needed determines the recording frequency. See below for examples.

Rise rate of force is given by:

$$\dot{F} = \frac{E \cdot A \cdot v}{60L} \quad (2)$$

where

E is the Elastic Modulus, expressed in megapascals (MPa);

A is the cross-sectional area of the test specimen, expressed in square millimetres (mm²);

v is the test speed, expressed in millimetres per minute (mm/min);

L is the gripping distance, expressed in millimetres (mm).

Using the force difference in the modulus range to define accuracy requirement in the same way as for the extensometer, the following equations apply, assuming that the relevant force is to be determined to within 1 %:

Force difference in modulus range:

$$\Delta F = E \cdot A \cdot (\epsilon_2 - \epsilon_1) = E \cdot A \cdot \Delta \epsilon \quad (3)$$

Accuracy (half of 1 %):

$$r = 5 \times 10^{-3} \times \Delta F = 5 \times 10^{-3} \times E \cdot A \cdot \Delta \epsilon \quad (4)$$

Recording frequency:

$$f_{force} = \frac{\dot{F}}{r} = \frac{E \cdot A \cdot v}{E \cdot A \cdot \Delta \epsilon \times 60 \times L \times 5 \times 10^{-3}} \quad (5)$$

EXAMPLE:

With $v = 1$ mm/min, $\Delta \epsilon = 2 \times 10^{-3}$ and $L = 115$ mm, a recording frequency of $f_{force} = 14,5$ Hz is found.

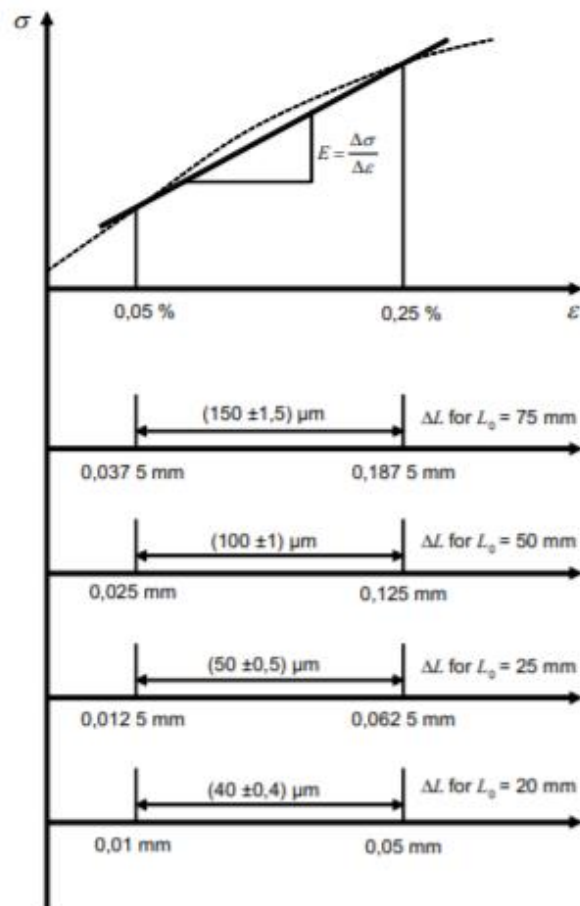


Figure 2 — Accuracy requirements for extensometers for modulus determination at different gauge lengths, assuming an accuracy of 1 %

5.2 Devices for measuring width and thickness of the test specimens

See ISO 16012 and ISO 23529, where applicable.

6 Test specimens

6.1 Shape and dimensions

See the part of ISO 527 relevant to the material being tested.

6.2 Preparation of specimens

See the part of ISO 527 relevant to the material being tested.

It is preferable to unload the test specimen before testing at a different speed, but it is also acceptable to change the speed without unloading after the tensile modulus has been determined. When changing the speed during the test, make sure that the change in speed occurs at strains $\varepsilon \leq 0,3\%$.

For any other testing purposes, separate specimens shall be used for different test speeds.

9.7 Recording of data

Preferably record the force and the corresponding values of the increase of the gauge length and of the distance between the grips during the test. This requires three data channels for data acquisition. If only two channels are available, record the force signal and the extensometer signal. It is preferable to use an automatic recording system.

10 Calculation and expression of results

10.1 Stress

Calculate all stress values, defined in 3.6, using the following equation:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (8)$$

where

σ is the stress value in question, expressed in megapascals (MPa);

F is the measured force concerned, expressed in newtons (N);

A is the initial cross-sectional area of the specimen, expressed in square millimetres (mm²).

When determining stress at $x\%$ strain, x shall be taken from the relevant product standard or agreed upon by the interested parties.

10.2 Strain

10.2.1 Strains determined with an extensometer

For materials and/or test conditions for which a homogeneous strain distribution is prevalent in the parallel section of the test specimen, i.e. for strains prior and up to a yield point, calculate all strain values, defined in 3.7, using the following equation:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L_0}{L_0} \quad (9)$$

where

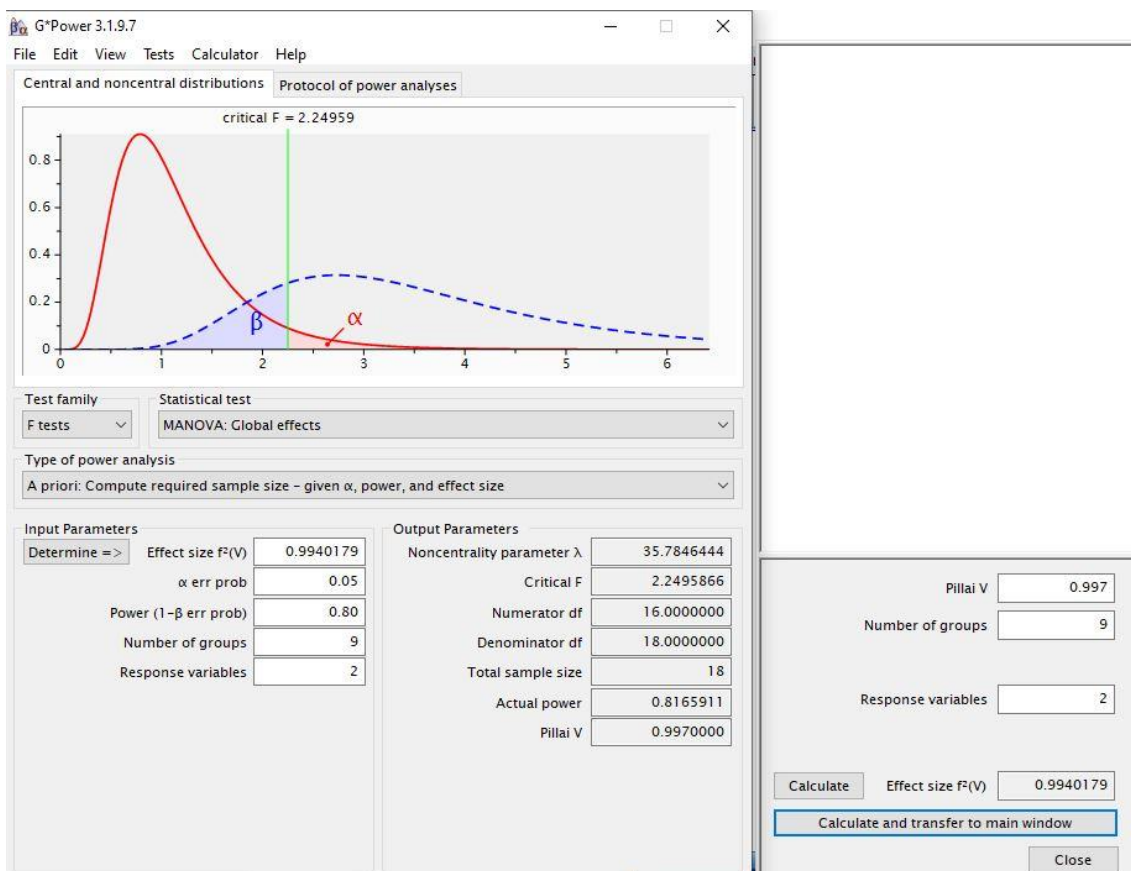
ε is the strain value in question, expressed as a dimensionless ratio, or as a percentage;

L_0 is the gauge length of the test specimen, expressed in millimetres (mm);

ΔL_0 is the increase of the specimen length between the gauge marks, expressed in millimetres (mm).

The determination of strain values using an extensometer averages strains over the gauge length. This is correct and useful, as long as the deformation of the test specimen within the gauge length is homogeneous. If the material starts necking, the strain distribution becomes inhomogeneous and strains determined with an extensometer are strongly influenced by the position and size of the neck zone. In such cases, use nominal strain to describe the strain evolution after a yield point.

Anexo B. Cálculo de tamaño de muestra del estudio piloto

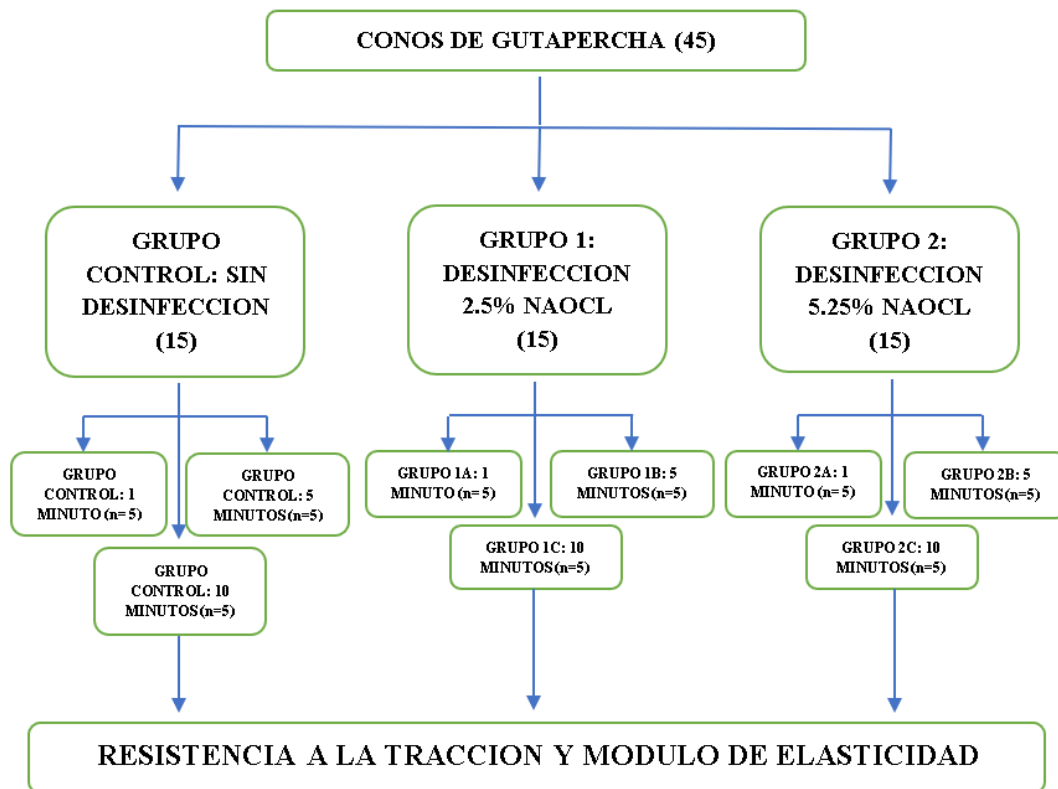


Tamaño de muestra total = 18

Anexo C. Ficha técnica de Conos de gutapercha

		FICHA TECNICA DE PRODUCTO TERMINADO			Versión: 0		
					Fecha: Diciembre 2011		
					Código: FT-GT-072		
NOMBRE DEL PRODUCTO:	CONOS DE GUTAPERCHA MTWO CONOS DE GUTAPERCHA ZIPPERER	REF:	VARIAS	NOMBRE GENERICO:	CONOS DE GUTAPERCHA		
 				DATOS GENERALES:			
				PRESENTACION:		CAJA X 120 CONOS (ZIPPERER) CAJA X 60 CONOS (MTWO)	
				FABRICANTES:		VDW GmbH ALEMANIA	
				IMPORTADO POR:		ULTRADENTAL S.A.S COTA, CUNDINAMARCA	
				REGISTRO SANITARIO:		INVIMA 2009DM-0004037	
				FECHA VENCIMIENTO DEL REGISTRO SANITARIO:		JUNIO 24 DE 2019	
				CLASIFICACION DE RIESGO:		IIa	
				TIPO DISPOSITIVO:		INVASIVO	
				VIDA UTIL:		4 Años	
				ALMACENAMIENTO		Almacenar un lugar fresco, seco y no húmedo.	
DATOS ESPECIFICOS DEL PRODUCTO:							
COMPOSICION:		Gutapercha sintética 21%, Óxido de zinc 69%, sulfato de bario, Ácido esteárico, Polietilén glicol, Lowinox D & C Amarillo No. 1, D & C Rojo No. 30					
USOS:		MATERIAL DE RELLENO EN CONDUCTOS RADICULARES EN TRATAMIENTOS CONVENCIONALES DE ENDOOONCIA					
CONTRAINDICACIONES:		Alergia a algún componente del producto.					
APROBADO POR:		NOMBRE:		PATRICIA RESTREPO OCHOA			
		CARGO:		DIRECTORA TECNICA			

Anexo D. Diagrama de flujo



Anexo E. Dilución del hipoclorito de sodio a las concentraciones del tratamiento

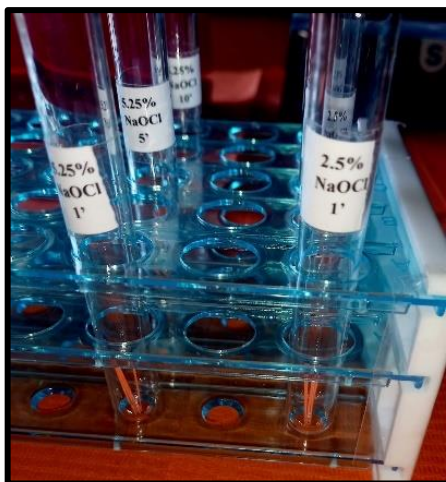


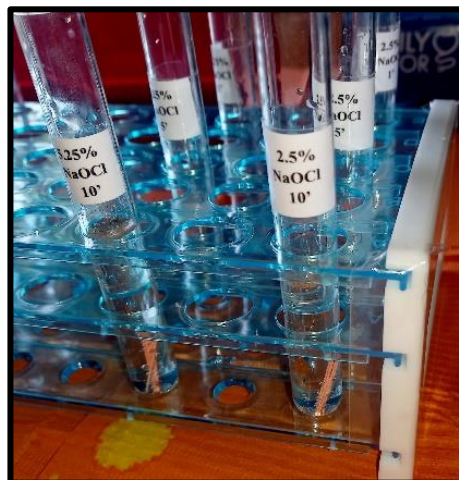


Anexo F. Rotulación de los tubos de ensayo de acuerdo con la concentración y tiempo

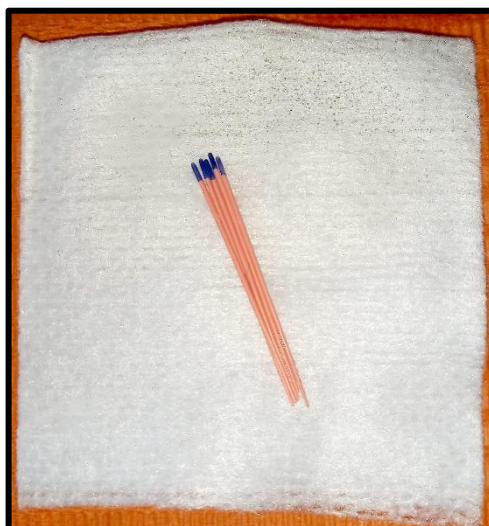
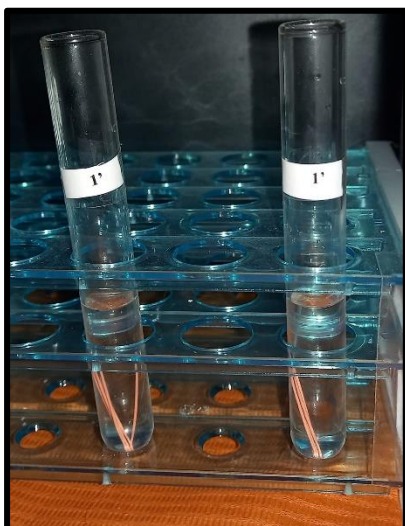


Anexo G. Inmersión de los conos de gutapercha de acuerdo con los grupos





Anexo H. Inmersión en agua destilada y secado con gasa estéril



Anexo I. Medición del diámetro del cono de gutapercha



Anexo J. Carta de presentación al laboratorio



Universidad Nacional
Federico Villarreal

**FACULTAD DE
ODONTOLÓGIA**

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO

Pueblo Libre, 15 de febrero de 2022

**Ingeniero
ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN
GERENTE - LABORATORIO HIGH TECHNOLOGY LABORATORY - HTL
Presente.-**

De mi especial consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, con la finalidad de presentarle al Bachiller Rolando Emmanuel Bellido Guzmán, quien se encuentra realizando su trabajo de tesis titulada:

**« RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LOS CONOS DE
GUTAPERCHA DESINFECTADOS CON HIPOCLORITO DE SODIO A DIFERENTES TIEMPOS
DE INMERSIÓN »**

En tal virtud, mucho agradeceré le brinde las facilidades del caso al Sr. Bellido para la recopilación de datos que le permitirá desarrollar su trabajo de investigación.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para renovarle los sentimientos de mi especial consideración.

Atentamente



DR. FRANCO RAUL MAURICIO VALENTIN
DECANO



Dr. AMÉRICO A. MUNAYCO MAGALLANES
JEFE
OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO
FACULTAD DE ODONTOLÓGIA

Se adjunta: Protocolo de Tesis

004-2022

NT: 007379 - 2022

AAMM/Laz V.




ROBERT NICK
EUSEBIO TEHERAN
Ingeniero Mecánico
CIP N° 193364



Calle San Marcos N°351 – Pueblo Libre
e-mail: ogt.fo@unfv.edu.pe

Telef.:7480888 - 8335

Anexo K. Ejecución del estudio en laboratorio




HTL

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIAL
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 1 de 3

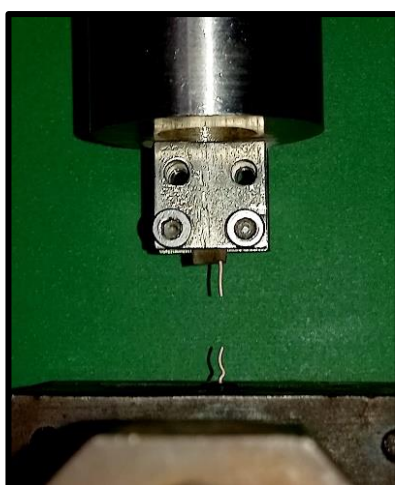
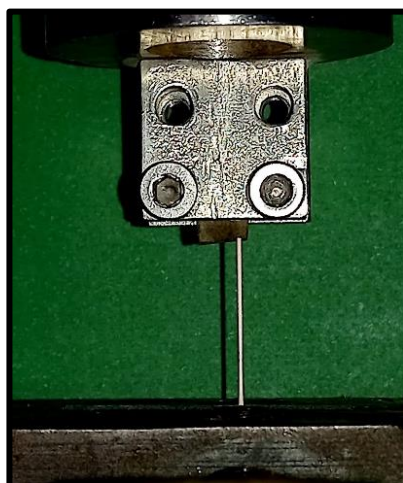
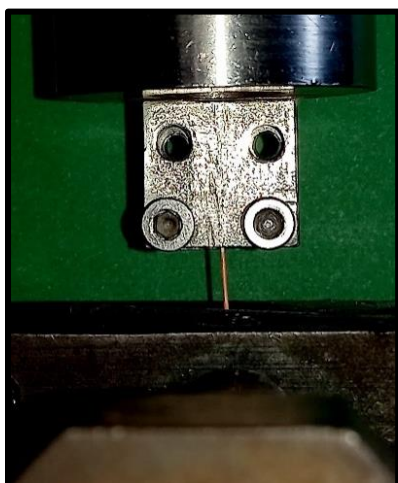
INFORME DE ENSAYO N°	IE-063-2022	EDICION N° 3	Fecha de emisión:	24-02-2022
ENSAYO DE TRACCIÓN EN MUESTRAS DE CONOS DE GUTAPERCHA				
1. DATOS DE LOS TESISTAS				
Nombre de tesis	: "Resistencia a la tracción y módulo de elasticidad de los conos de gutapercha desinfectados con hipoclorito de sodio a diferentes tiempos de inmersión"			
Nombres y Apellidos	: Rolando Emmanuel Bellido Guzmán			
Dni	: 73123675			
Dirección	: Urbanización honor y lealtad, pasaje Manuel Rivera Mz "Y" Lt2 - Santiago de Surco			
2. EQUIPOS UTILIZADOS				
Instrumento	Marca	Aproximación	Los resultados del informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.	
Maquina de Ensayos Mecánicos	LG CMT- 5L	0.001N		
Vernier Digital	Mitutoyo - 200 mm	0.01mm		
3. IDENTIFICACION DE LA MUESTRA				
Muestras de conos de gutapercha	Cantidad	: Cuareta y cinco (45) muestras		HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este documento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados del informe aquí declarados.
	Material	: conos de gutapercha		
	Grupo 1	: grupo control		
	Grupo 2	: conos de gutapercha desinfectados con 2.5%naocl		
	Grupo 3	: conos de gutapercha desinfectados con 5.25%naocl		
4. RECEPCION DE MUESTRAS				
Fecha de Ensayo	23 de Febrero del 2022			El informe de ensayo sin firma y sello carece de validez.
Lugar de Ensayo	Jr. Los Mirables Mz K Lote 70 Urb Los Jardines - San Juan de Lurigancho			
5. REFERENCIA DE PROCEDIMIENTO				
El ensayo se realizó bajo el siguiente procedimiento:				
PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	CAPITULO/NUMERAL		
DIN EN ISO 527-1:2019-12	Plastics - Determination of tensile properties - Part 1: General principles	9.0 Procedure tensil		
6. CONDICIONES DE ENSAYO				
	Inicial	Final		
Temperatura	22.3 °C	22.7 °C		
Humedad Relativa	71 %HR	72 %HR		



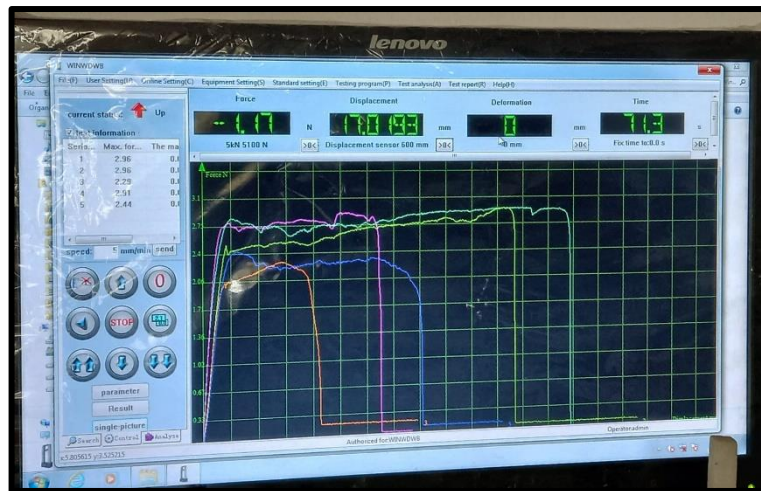
Jr. Los Mirables Mz K Lote 70 Urb Los Jardines San Juan de Lurigancho - Lima +51 997 123 584 // 949 059 602
 ventas@htperu.com // calidad@htperu.com www.htperu.com

Anexo L. Ejecución del cono de gutapercha en la máquina de ensayo universal CMT –

5L



Anexo M. Diagrama de tensión/deformación del cono de gutapercha



Anexo N. Ficha de recolección de datos

GRUPO	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)			
	Especimen	Área (mm ²)	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)
NaOCl 2.5% 1 minuto	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
NaOCl 2.5% 5 minutos	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
NaOCl 2.5% 10 minutos	1			
	2			
	3			
	4			
	5			

GRUPO	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)			
	Especimen	Área (mm ²)	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)
NaOCl 5.25% 1 minuto	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
NaOCl 5.25% 5 minutos	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
NaOCl 5.25% 10 minutos	1			
	2			
	3			
	4			
	5			

GRUPO	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)			
	Especimen	Área (mm ²)	Fuerza (N)	Esfuerzo (MPa)
Control 1 minuto	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
Control 5 minutos	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
Control 10 minutos	11			
	12			
	13			
	14			
	15			

GRUPO	MODULO DE ELASTICIDAD (MPa)			
	Especimen	Esfuerzo	Deformación	Módulo de Young (MPa)
NaOCl 2.5% 1 minuto	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
NaOCl 2.5% 5 minutos	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
NaOCl 2.5% 10 minutos	1			
	2			
	3			
	4			
	5			

GRUPO	MODULO DE ELASTICIDAD (MPa)			
	Especimen	Esfuerzo	Deformación	Módulo de Young (MPa)
NaOCl 5.25% 1 minuto	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
NaOCl 5.25% 5 minutos	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
NaOCl 5.25% 10 minutos	1			
	2			
	3			
	4			
	5			

GRUPO	MODULO DE ELASTICIDAD (MPa)			
	Especimen	Esfuerzo	Deformación	Módulo de Young (MPa)
Control 1 minuto	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
Control 5 minutos	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
Control 10 minutos	11			
	12			
	13			
	14			
	15			

Anexo O. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk

Grupos		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Módulo de Elasticidad	Control - 1min	0.879	5	0.305
	Control - 5min	0.868	5	0.259
	Control - 10min	0.793	5	0.071
	NaOCl 2.5% - 1min	0.944	5	0.691
	NaOCl 2.5% - 5min	0.837	5	0.156
	NaOCl 2.5% - 10min	0.919	5	0.522
	NaOCl 5.25% - 1min	0.846	5	0.183
	NaOCl 5.25% - 5min	0.989	5	0.977
	NaOCl 5.25% - 10min	0.964	5	0.838
Resistencia a la Tracción	Control - 1min	0.909	5	0.464
	Control - 5min	0.901	5	0.413
	Control - 10min	0.888	5	0.347
	NaOCl 2.5% - 1min	0.801	5	0.083
	NaOCl 2.5% - 5min	0.871	5	0.268
	NaOCl 2.5% - 10min	0.866	5	0.252
	NaOCl 5.25% - 1min	0.867	5	0.253
	NaOCl 5.25% - 5min	0.900	5	0.410
	NaOCl 5.25% - 10min	0.915	5	0.500

Anexo P. Homogeneidad de matriz de covarianza (M de BOX)

La prueba de cuadro de homogeneidad de matrices de covarianzas^a	
M de Box	43.445
F	1.436
df1	24
df2	3961.358
Sig.	0.078
Prueba la hipótesis nula que las matrices de covarianzas observadas de las variables dependientes son iguales entre los grupos.	
a. Diseño: Intersección + Concentración + Tiempo + Concentración * Tiempo	

Prueba de homogeneidad de varianzas				
Resistencia a la Tracción				
Concentración de NaOCl	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Control (-)	2.491	2	12	0.124
NaOCl 2.5%	0.651	2	12	0.539
NaOCl 5.25%	2.144	2	12	0.160
Prueba de homogeneidad de varianzas				
Módulo de Elasticidad				
Concentración de NaOCl	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Control (-)	0.634	2	12	0.547
NaOCl 2.5%	11.040	2	12	0.002
NaOCl 5.25%	5.450	2	12	0.021

Anexo Q. Matriz de consistencia

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Operacionalización de variables					Materiales y Métodos
			Variables	Definición	Indicadores	Escala	Valor	
¿Cuáles serán las diferencias en la resistencia a la tracción y módulo de elasticidad de los conos de gutapercha en su desinfección con hipoclorito de sodio a diferentes tiempos de inmersión?	<p>Objetivo general</p> <p>Comparar la resistencia a la tracción y módulo de elasticidad de los conos de gutapercha en su desinfección con hipoclorito de sodio al 2.5% y 5.25% por 1, 5 y 10 minutos.</p>	Existirían diferencias significativas en la resistencia a la tracción y módulo de elasticidad de los conos de gutapercha, en su desinfección con hipoclorito de sodio al 2.5% y 5.25% por 1, 5 y 10 minutos.	Resistencia a la tracción	Máximo esfuerzo de tracción que un cuerpo puede soportar antes de romperse.	Máquina de ensayo universal CMT-5L	Razón / continua	0 - x MPa	<p>Tipo de estudio</p> <p>Prospectivo Longitudinal Experimental Comparativo Analítico</p> <p>Unidad de Análisis</p> <p>1 cono de gutapercha marca VDW.</p> <p>Criterios de selección</p> <p>Conos de gutapercha recién extraídos de su empaque,</p>
	<p>Objetivos específicos</p> <p>Identificar la resistencia a la tracción y el módulo de elasticidad de los conos de gutapercha, en su desinfección con hipoclorito de sodio al 2.5% y 5.25% por 1, 5 y 10 minutos.</p> <p>Comparar la resistencia a la tracción de los conos de gutapercha, en su desinfección con</p>		Módulo de elasticidad	Indica la relación entre los incrementos de tensión aplicados en el ensayo de tracción y los incrementos de deformación longitudinal	Máquina de ensayo universal CMT-5L	Razón / continua	0 - x MPa	

<p>hipoclorito de sodio al 2.5% y 5.25% por 1, 5 y 10 minutos.</p> <p>Comparar el módulo de elasticidad de los conos de gutapercha, en su desinfección con hipoclorito de sodio al 2.5% y 5.25% por 1, 5 y 10 minutos.</p> <p>Comparar la variación de la resistencia a la tracción de los conos de gutapercha, en su desinfección con hipoclorito de sodio al 2.5% y 5.25% por 1, 5 y 10 minutos.</p> <p>Comparar la variación del módulo de elasticidad de los conos de gutapercha, en su desinfección con hipoclorito de sodio al 2.5% y 5.25% por 1, 5 y 10 minutos.</p>			unitaria producidos.				número 30 y con taper 0.02.
		Hipoclorito de sodio	Es un desinfectante fuerte y de acción rápida, que en bajas y altas concentraciones tiene un potencial irritante.	Concentración de la solución	Nominal / dicotómica	2.5%	Muestra 45 conos de gutapercha
		Tiempo	Periodo determinado durante el que se realiza una acción o se desarrolla un acontecimiento	Cronómetro	Nominal / Politómica	1	
					5		
						10	