



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA**

**MAESTRÍA EN ESTOMATOLOGÍA CON OPCIÓN TERMINAL EN  
ENDODONCIA**

---

**TESIS**

**“EFECTO DEL ULTRASONIDO SOBRE LA TEMPERATURA DE  
LA SUPERFICIE RADICULAR EN DIENTES DE BOVINO  
DURANTE EL ACCESO ENDODÓNCICO: ESTUDIO *IN VITRO*”**

---

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

Maestra en Estomatología con Opción Terminal en Endodoncia

**PRESENTA:**

Ortiz Barrera María del Rayo

216450003

**DIRECTOR DISCIPLINARIO:**

CD. EE. Martínez Guerrero Alejandro Gerardo

100526940

**DIRECTOR METODOLÓGICO:**

M.S Carrasco Gutiérrez Rosendo

100008655

**CODIRECTORA:**

M. C. Martínez Hernández Adriana

100483611

**Puebla, Pue. Junio 2018**



**BUAP**

**OFICIO NÚM.FE/CIFE/035/2018**

**ASUNTO: Constancia de Registro  
A QUIEN CORRESPONDA.  
PRESENTE**

La Secretaria de Investigación y Estudios de Posgrado con base a lo estipulado por el Comité de Investigación de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por este medio hace **CONSTAR** que:

El Proyecto de Investigación (colectivo) presentado por la Alumna de la Maestría en Estomatología con opción terminal en Endodoncia: **María del Rayo Ortiz Barrera matrícula 216450003**, titulado: **“Efecto del ultrasonido sobre la temperatura de la superficie radicular en dientes de bovino durante el acceso endodóntico: Estudio In Vitro”**. Siendo Responsable y Director Disciplinario: C.E.E.E. Alejandro Martínez Guerrero ID 100526940, Co-Directora Disciplinaria Dra. Adriana María Martínez Guerrero ID 100483611, Director Metodológico: Rosendo Gerardo Carrasco Gutiérrez ID, ha sido aceptado y queda registrado en esta secretaría en el libro de registros 03 en la hoja 05 con No. de registro **2018070-1** de fecha 01-06-2018.

Se extiende la presente constancia, en la Heroica Puebla de Zaragoza al 1er. día del mes de junio del año dos mil dieciocho.

**Anida al Proyecto Núm. de registro 2018070**

**ATENTAMENTE  
“PENSAR BIEN, PARA VIVIR MEJOR”**

**M.C. GABRIEL MUÑOZ QUINTANA  
Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado.**



c.c.p. archivo  
MC/GMQ\*rqa



**BUAP**

**Oficio No. FESIEP/410/2018**

**L.E. María del Rayo Ortiz Barrera  
MAT. 216450003  
ALUMNO DE LA MAESTRÍA EN ESTOMATOLOGÍA  
CON OPCIÓN TERMINAL EN ENDODONCIA  
DE LA FE-B.U.A.P.  
PRESENTE.**

El que suscribe, MTRO. GABRIEL MUÑOZ QUINTANA, Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado de la F.E.B.U.A.P., por este medio me permito informar que esta Secretaría aprueba la impresión de la Tesis titulada **“EFECTO DEL ULTRASONIDO SOBRE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE RADICULAR EN DIENTES DE BOVINO DURANTE EL ACCESO ENDODÓNCICO: ESTUDIO IN VITRO”** misma que presentará para realizar su examen profesional y obtener de grado de **Maestra en Estomatología con opción terminal en Endodoncia.**

Sin más por el momento, deseándole lo mejor, le reitero mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE.  
“PENSAR BIEN PARA VIVIR MEJOR”  
H. PUEBLA DE Z., A 22 DE JUNIO DE 2018.

**M. en C. GABRIEL MUÑOZ QUINTANA**



Nota: Este documento tiene validez de 90 días posteriores a la fecha.

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA  
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA  
SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS RECEPCIONAL

Para obtener el Grado de: Maestría en Estomatología con opción Terminal en Endodoncia  
Registro 2108070

Fecha: efecto del ultrasonido sobre la temperatura de la superficie radicular en dientes de Baurno durante el acceso endodóntico: Estudio In Vitro.  
Título de la Tesis (anexarlo impreso y CD)

Nombre del alumno: Lucía del Rayo Ortiz Barrera Matrícula 216450003

Domicilio: Sierra Tarabunera 8814 Col. Maravillas

Tel: 2226061390

Fecha de ingreso a la Facultad: Enuc 2016 Firma: [Firma]

Firma: \_\_\_\_\_

Director disciplinario: Alejandro Casar de Martínez Guerrero

Grado académico: Especialidad Adscripción: Facultad de Estomatología

ID: 100 52 6940 Tel: 2223586344

Firma: \_\_\_\_\_

Director Metodológico: Rosendo Carrasco Gohierrez

Grado académico: Mtro en Salud Pública Adscripción: Facultad de Estomatología

ID: 1000 086 55 Tel: 222 505 3084

Lector: Jennifer Anón Sarabia

Firma: \_\_\_\_\_

Grado académico: Maestría en especialidad Pediatría Adscripción: Facultad de Estomatología

ID: 100398199 Tel: 2295500

Fecha de Aceptación: 22/06/2018 Firma: \_\_\_\_\_

Nombre y firma de aprobación del presidente de la academia/Coordinador de la Maestría en Estomatología Opción: Endodoncia

La Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado, autoriza la impresión de la Tesis.

M. en C. Gabriel Muñoz Quintana

Fecha: 22 Jun 2018

Sello



## ÍNDICE

1. Introducción.....	1
a) Antecedentes generales.....	3
b) Antecedentes específicos.....	7
2. Planteamiento del problema.....	13
a) Pregunta de investigación.....	13
3. Justificación.....	14
4. Hipótesis.....	15
5. Objetivos.....	16
a) Objetivo general.....	16
b) Objetivos específicos.....	16
6. Material y Método.....	17
a) Diseño del estudio.....	17
b) Ubicación espacio temporal.....	17
c) Muestreo.....	17
i) Definición de la unidad de población (o de estudio).....	17
ii) Selección de la muestra.....	17
1. Criterios de selección de las unidades de muestreo.....	18
a) Criterios de inclusión.....	18
b) Criterios de exclusión.....	18
c) Criterios de eliminación.....	18
d) Definición de variables y escalas de medición.....	19
e) Métodos de recolección de datos.....	19
7. Técnicas y procedimientos.....	20
8. Logística.....	23
a) Recursos humanos.....	23
b) Recursos materiales.....	23
c) Recursos financieros.....	23
9. Bioética.....	25
10. Análisis estadístico.....	26
11. Resultados.....	27
12. Discusión.....	37
13. Conclusión.....	39
13. Anexos.....	40
a) Anexo 1: Instructivo de Ultrasonido P5 Booster Satelec.....	40
b) Anexo 2: Instructivo de la cámara de imagen térmica.....	41
c) Anexo 3: Imágenes térmicas representativas.....	42
d) Anexo 4: Tablas de recolección de datos.....	58
14. Bibliografía.....	61

## INTRODUCCIÓN

El ultrasonido (US), se usó por primera vez en odontología para la preparación de cavidades, aunque nunca llegó a ser popular porque la pieza de alta velocidad era más eficaz. <sup>(1)</sup> Zinner lo introdujo por primera vez en procedimientos dentales y periodontales en 1955, para remover depósitos de la superficie dental. <sup>(1,2)</sup> Fue mejorado por Johnson y Wilson, convirtiéndose en una herramienta para la eliminación del cálculo y placa dental. El concepto de usar US en endodoncia, fue introducido por primera vez por Richman en 1957, sin embargo, hasta que Martin demostró la capacidad de las limas tipo K activadas por ultrasonido para cortar la dentina, fue como se estableció su uso en la preparación de los conductos radiculares. <sup>(1)</sup>

En endodoncia, sus aplicaciones más frecuentes son: para refinamiento de acceso, búsqueda de conductos calcificados, remoción de cálculos pulpares, remoción de obstrucciones intraconducto (instrumentos separados, postes, puntas de plata), incrementar la acción de soluciones irrigantes, compactación ultrasónica de gutapercha, colocación de MTA, endodoncia quirúrgica y preparación del conducto radicular. <sup>(1,3,4)</sup>

Al usar este método, hay menor potencial de pérdida estructural o daño a la raíz, y significativamente menos estrés del operador. <sup>(4-6)</sup> Uno de los retos en endodoncia es ubicar conductos que se han ocluido por dentina secundaria o dentina calcificada, y al realizar este procedimiento existe el riesgo de perforar la raíz o complicar el caso <sup>(7)</sup> aun cuando se utiliza esta herramienta, sin embargo, se mejora la seguridad y el control, manteniendo al mismo tiempo una alta eficiencia de corte junto con una excelente visibilidad. <sup>(1,3)</sup>

El ultrasonido genera calor, la mayoría de la literatura sobre remoción de postes y de instrumentos separados, concreta que al alcanzar 10°C por arriba de la temperatura corporal, se puede generar una lesión térmica o hasta daños a nivel óseo, como necrosis. <sup>(8-13)</sup> Aunque esta temperatura es más probable alcanzarla sin refrigeración, se ha reportado que a pesar de utilizar agua como refrigerante, esta no es efectiva para evitar que la temperatura suba a 50 ° C. <sup>(14-17)</sup>

El calor producido dentro del conducto radicular puede calentar la dentina y dañar los tejidos de soporte, si es suficientemente intenso o prolongado. Walters JD y cols (2006) reportaron un caso en una mujer en la cual se provocó daño por el uso de ultrasonido para remover un poste. <sup>(18)</sup> Clifford y cols (2005) también mencionaron 3 casos en diferentes pacientes, en los cuales al remover postes se provocó daño severo al periodonto, llegando a la extracción de los O.D. involucrados y contiguos. <sup>(5)</sup>

Se han realizado diferentes estudios para medir la temperatura que se alcanza y el calor que se transfiere a la superficie radicular cuando se utilizan sistemas de gutapercha termoplastificada para obturar los conductos; sistemas rotatorios para instrumentar y temperatura que generan; remoción de postes y de instrumentos fracturados con ultrasonido, la temperatura que alcanzan, el calor que

generan y que transfieren a la superficie radicular; <sup>(12, 19-21)</sup> algunos de estos se han realizado en animales demostrando que el calor generado daña a los tejidos de soporte. Los últimos 2 procedimientos mencionados (remoción de postes y de instrumentos fracturados con ultrasonido) se realizan dentro del conducto o en la porción superior del conducto y aunque son importantes para lograr la limpieza, conformación y obturación de los conductos, olvidamos que el principal paso, es realizar un adecuado acceso endodóntico que incluye desde la creación de paredes de cavidad cónica, la creación de un trayecto suave sin obstáculos para acceder a los conductos, la preservación de la estructura dental, identificación de los conductos que son primordiales y base para lograr un tratamiento exitoso. <sup>(3, 22-24)</sup>

El uso del ultrasonido se ha vuelto indispensable para lograr éste objetivo, que es crear un adecuado acceso endodóntico, sin embargo, no se ha encontrado literatura que indique y aporte información en cuanto si al conformar el acceso endodóntico con la activación del ultrasonido se alcanzan estas condiciones de temperatura o si se ha generado algún daño a los tejidos de soporte.

El propósito de este estudio es determinar el efecto del ultrasonido con y sin refrigeración sobre la temperatura de la superficie radicular en dientes de bovino durante el acceso endodóntico (eliminación de cálculos pulpares, búsqueda de conductos, desgastes compensatorios, etc.) y así establecer parámetros de seguridad, para evitar alcanzar una temperatura de 10° C por arriba de la basal, sus efectos o hasta daños en la práctica clínica.

Aunque se han realizado mediciones de temperatura in vitro en la superficie radicular (al utilizar diferentes sistemas de obturación de gutapercha caliente, al remover postes e instrumentos separados), estos estudios no toman en cuenta el contenido de agua y la alta vascularidad del ligamento periodontal, que posiblemente disipan el calor de manera eficiente <sup>(25,26)</sup> ; y no utilizan el modelo que se describe por Weller donde el diente o los dientes se incrustan en acrílico, o se dejan rodeados por aire o alginato, simulando de ésta forma al ligamento periodontal.

## ANTECEDENTES GENERALES

### Ultrasonido

Los escareadores ultrasónicos se categorizan en magnetostrictivos y piezoeléctricos, sobre la base del mecanismo utilizado para convertir la corriente eléctrica utilizada para activar las puntas. (2, 27)

#### Escareador Magnetostrictivo

El instrumento está compuesto por un generador electrónico, un conjunto de pieza de mano que contiene una bobina para energizar la punta. El generador produce una corriente eléctrica alterna de baja tensión en las piezas de mano. Esta corriente produce un campo magnético en la pieza de mano que hace que la punta se expanda y contraiga a lo largo de su longitud y, a su vez, hace que la punta vibre. La punta vibra en un movimiento elíptico a orbital a 18-42 kHz. (2, 28)

#### Escareador Piezoeléctrico

Opera dentro de un rango de 24-45 kHz. Este tipo de escalador eléctrico utiliza energía eléctrica para activar los cristales dentro de la pieza de mano para hacer vibrar la punta. El movimiento de la punta es de naturaleza lineal. Este sistema está compuesto por un generador electrónico, un conjunto de pieza de mano que contiene cristales piezoeléctricos (de cerámica) para energizar la punta. El generador produce una alta tensión en la pieza de mano. Esta tensión produce un campo eléctrico en la pieza de mano que hace que los cristales piezoeléctricos se expandan y se contraigan a lo largo de su diámetro, provocando que la punta vibre. (2, 29)

La producción de vibraciones mecánicas generadas por el ultrasonido se basa en el efecto piezoeléctrico, descubierto en 1880 por Pierre y Jacques Curie. Piezoeléctrico significa "electricidad por presión", éste término lo atribuyó Wilhelm Hankel en 1881 para describir el fenómeno de generar una carga eléctrica a partir de la aplicación de energía mecánica o de deformación sobre un material piezoeléctrico cristalino. La tecnología ultrasónica que beneficia a la odontología y a la endodoncia se produce principalmente a partir del movimiento vibratorio, no de electricidad. La aplicación de energía eléctrica a un material piezoeléctrico, resulta en energía mecánica que es utilizada por dispositivos ultrasónicos dentales. La energía mecánica se transfiere a puntas o a dispositivos de corte que producen movimientos microvibratorios en el rango de frecuencia ultrasónica. Este es un efecto piezoeléctrico inverso descrito por Gabriel Lippmann en 1881, y posteriormente verificado por los hermanos Curie. (1)

Las frecuencias ultrasónicas son ondas de presión de sonido oscilante que superan el límite máximo del rango auditivo humano, que es de aproximadamente 20 kHz. El rango de frecuencia ultrasónica que se utiliza con frecuencia en odontología es de 25-42 kHz. La mayoría de los dispositivos dentales piezoeléctricos comerciales producen oscilaciones entre 28-36 kHz. (1, 27, 30)

## **Peligros del ultrasonido**

- Quemaduras: Si el ultrasonido es usado continuamente, el exceso de calor puede acumularse en los tejidos y, finalmente, produce quemaduras. Esto sucede porque la energía ultrasónica es absorbida por los tejidos y es convertida en calor. <sup>(29)</sup>
- Cavitación: Especialmente la cavitación inestable.
- Sobredosis: Excesiva dosis puede causar una exacerbación de síntomas.
- Daño al equipo: Si la cabeza del ultrasonido es sostenida en el aire mientras está activado, se configuran ondas estacionarias que pueden dañar el sistema del ultrasonido. <sup>(31)</sup>

## **Ultrasonido en endodoncia**

La aplicación del ultrasonido en endodoncia se atribuye a Richman, quien escribió por primera vez sobre su aplicación en el tratamiento del conducto radicular y la resección radicular en 1957. En la década de 1950, la literatura se centró en el uso de ultrasonido en la preparación de la cavidad, ampliación y eliminación de cálculo. <sup>(32)</sup> Durante las dos décadas posteriores, la investigación se enfocó en desarrollar ultrasonidos en periodoncia, y en encontrar nuevas aplicaciones de éstos en odontología. En la década de 1960, se investigó su uso para la limpieza de instrumentos, la eliminación de manchas en dentaduras de resina acrílica, y en la fundición de metal de precisión para fines dentales. Durante los años setenta, además de examinar el efecto de las herramientas ultrasónicas en la superficie dental en el tratamiento periodontal, también se aplicó a la terapia de disfunción de la articulación temporomandibular. En 1976, Martin publicó un estudio sobre el uso de ultrasonidos para aumentar la eficiencia bactericida de la irrigación durante el tratamiento de conductos, utilizando un escareador ultrasónico magnetoestrictivo adaptado para producir movimientos oscilatorios en una lima endodóntica. Martin encontró que la aplicación de ultrasonido a un agente bactericida resultó en una eliminación de bacterias más eficiente. En el mismo año, se publicó un estudio sobre el primer uso de una punta ultrasónica modificada para una retropreparación durante una apicectomía. Ambos estudios abrieron camino a la era "endosónica", un término acuñado por Martin y Cunningham. <sup>(1, 16)</sup>

En la década de los ochenta, la investigación se enfocó en cómo las oscilaciones ultrasónicas eran capaces de producir conductos radiculares más limpios durante la irrigación y el efecto de usar limas activadas ultrasónicamente en la dentina para instrumentar directamente los conductos radiculares. <sup>(38)</sup>

Durante la década de 1990, el enfoque se centró en el uso y las posibles consecuencias de las preparaciones ultrasónicas de la raíz durante la apicectomía después de la introducción comercial de los primeros retrotipos diseñados por el Dr. Gary Carr. Aunque algunos estudios endodónticos tempranos han usado dispositivos ultrasónicos de potencia magnetoestrictiva, el dispositivo piezoeléctrico se ha convertido en la elección de preferencia entre los clínicos para el trabajo endodóntico. Esto es debido a que, los dispositivos magnetoestrictivos generan más calor que los piezoeléctricos, lo cual es menos deseable cuando se corta hueso y

estructuras cercanas a éste; también el movimiento elíptico que se ha atribuido a los dispositivos magnetoestrictivos no se considera ideal para el uso endodóncico. (1, 4)

### **Aplicaciones del ultrasonido en endodoncia**

**Acceso:** No en todos los casos al realizar el acceso clínico, se puede sentir la sensación de "caer al vacío", ya sea porque existen cálculos pulpares (masas nodulares calcificadas que aparecen en la pulpa coronal y se extienden a la pulpa radicular (33, 34, 35)), deposición de dentina secundaria o terciaria. La sensación de caer a través del techo de la cámara no es siempre aplicable y se puede llegar a cometer errores iatrogénicos como perforación o fisura grave de las paredes dentinarias y del piso. (1,4)

**Refinamiento de acceso:** La punta ultrasónica proporciona muchas ventajas durante la preparación del acceso endodóncico por su capacidad de cortar dentina de una forma precisa y conservadora. Si el cálculo pulpar es grande y abarca la mayoría de la cámara pulpar (un diente puede tener de 1 a 12 o más con diferentes tamaños), (17, 34, 35) el ultrasonido se puede utilizar para romper y vibrar el cálculo en pequeños fragmentos para su eliminación con movimientos de cepillado sin ranurar el piso, también es posible destechar cámaras pulpares y remover calcificaciones que interfieren con la dentina, remover ángulos de dentina, buscar conductos (MB2, MM, etc.). (1,4)

La identificación de los conductos perdidos y ocultos se ha convertido en un resultado predecible, en lugar de un descubrimiento fortuito; por ello, las cavidades de acceso refinadas y diseñadas apropiadamente proporcionan acceso en línea directa a todos los conductos radiculares, siendo clave para el éxito endodóncico. (3-4, 22-24, 29)

**Eliminación de postes:** El desplazamiento del poste puede ocurrir en tan solo 40 s, pero otros estudios han encontrado que a menudo se requieren varios minutos de uso de ultrasonido que van desde los 10 min hasta los 16 min. (1)

También, el ultrasonido se aplica para activar soluciones irrigantes, compactar gutapercha, colocar trióxido mineral agregado (MTA) y para remoción de instrumentos fracturados en el conducto. (4)

El dispositivo piezoeléctrico y los diferentes diseños de puntas disponibles desde la década de 1990 han permitido a los odontólogos realizar todos estos procedimientos de una manera más conservadora, precisa y controlada. Estas capacidades del ultrasonido han dado lugar a una amplia gama de indicaciones para su uso, y actualmente es una herramienta integral durante la mayoría de las actividades y desafíos de la terapia de conducto radicular. (4, 29)

### **Efecto de la temperatura**

Cuando un O.D sufre algún daño térmico se puede generar un proceso de resorción (Condición asociada con un proceso fisiológico o patológico que resulta en una pérdida de dentina, cemento y / o hueso mediante la acción continua de células osteoclásticas) o anquilosis (Pérdida patológica de cemento, dentina y ligamento periodontal con posterior reemplazo de dichas estructuras por hueso, lo que da como resultado la fusión de hueso y diente). <sup>(24, 36,37)</sup>

Se sabe que el ultrasonido genera calor y la mayoría de la literatura concreta que al alcanzar 10°C por arriba de la temperatura corporal se puede generar una lesión térmica, <sup>(8-13, 16, 38, 39)</sup> o hasta daños a nivel óseo, como necrosis; pero no se sabe si al conformar el acceso endodóntico se alcanza esta temperatura y se provoque un daño.

## ANTECEDENTES ESPECÍFICOS

### **Estudios sobre aumento de temperatura, generación transferencia de calor y sus efectos en los tejidos de soporte del diente:**

Atrizadeh y cols; en 1971 colocaron durante 1s una punta de electrocirugía a 2.5 y 4.5 mm apicales de la unión cemento esmalte en 1os molares superiores, 1os, 2os y 3os molares inferiores de monos araña; a los 3 días y 1 semana posterior a la maniobra observaron histológicamente un área de necrosis circunferencial que involucraba ligamento periodontal y hueso alveolar, se extendía 1/3 de la longitud radicular. 2 y 3 semanas después del daño térmico, había nuevos fibroblastos y vasos sanguíneos en la periferia de las áreas necróticas junto con disminución del área de necrosis, acompañado por resorción de hueso y cemento, la resorción tomó lugar donde el ligamento periodontal estaba necrótico. 1 mes después ya no había presencia de tejido necrótico, la cicatrización y aposición ósea fue más prominente. A los 6 meses que finalizó el estudio, la anquilosis persistió, pero un proceso de remodelado continuo tomó lugar evidenciando la reabsorción adicional y formación ósea. <sup>(36)</sup>

Zander y cols; en 1974 pusieron una punta de soldar en el conducto radicular del 1er y 3er premolar de 16 monos ardilla y a los 3 días posteriores observaron una lesión bien definida presente en el ligamento periodontal; a los 21 días áreas de reabsorción radicular y ósea; y a los 31 días anquilosis. <sup>(40)</sup>

Eriksson y Allbrektsson en 1983 colocaron un implante de titanio roscado en las tibias de 15 conejos, 10 días después, a los implantes se les aplicó calor, al grupo A: 50°C por 1 min; al grupo B: 47°C por 5 min; al grupo C: 47°C por 1 min. Se observó degeneración de células grasas y resorción ósea en los grupos A Y B. El tejido óseo lesionado se reemplazó por tejido menos diferenciado, incapaz de cumplir las características del tejido óseo. La temperatura inferior a 47°C no pareció afectar el tejido óseo a nivel microscópico, pero había lesión vascular. Por lo que concluyeron que el tejido óseo es sensible al calentamiento a un nivel de 47°C. <sup>(8)</sup>

En otro estudio realizado por Eriksson y Allbrektsson en 1984, colocaron un implante de titanio roscado en las tibias de 30 conejos, a estos implantes se les aplicó calor, al grupo A: 50°C por 1 min; al grupo B: 47°C por 1 min; al grupo C: 44°C por 1 min. Después de 4 semanas se sacrificaron a los conejos. Observaron que el calentamiento de los implantes de prueba a 47°C o 50°C durante 1 min causó una reducción significativa de la formación ósea en los implantes, mientras que en el grupo C no se observaron efectos significativos. Esta investigación muestra claramente los efectos nocivos del calor en la regeneración ósea. La capacidad de regeneración inherente del hueso se vio casi nula por la lesión térmica causada por la exposición del tejido a la temperatura de 50°C durante 1 minuto. <sup>(9)</sup>

Con ambos estudios, Eriksson y Allbrektsson revelaron que el umbral de la temperatura para la lesión ósea inducida por calor es de 47°C aplicado durante 1 minuto y origina resorción ósea, degeneración de células grasas, reemplazo de

tejido óseo por tejido menos diferenciado, que no cumple con las características del tejido óseo. <sup>(8,9)</sup>

También se han realizado estudios evaluando la elevación de temperatura y el calor generado por sistemas de obturación de gutapercha termoplastificada:

Fors y cols; en 1985 midieron la temperatura de la superficie radicular durante la obturación termo mecánica del conducto en 15 premolares y observaron una considerable elevación de la temperatura. <sup>(41)</sup>

Gutmann y cols; en 1987 evaluaron la transferencia de calor durante la obturación radicular con gutapercha termoplastificada con el Sistema obtura que genera una temperatura de 160° (el fabricante indica que el material se extruye en un rango de 65 a 67°), la temperatura se registró cada 10 s hasta un periodo de 60 s. Concluyeron que las temperaturas registradas y los niveles de calor generados por la gutapercha plastificada no parecen estar en niveles clínicamente nocivos. <sup>(19)</sup>

En 1988 Frances y cols junto con Adrew y cols; en 2000 evaluaron la temperatura superficial radicular alcanzada para System B y concluyeron que fue <10°C en comparación a los otros grupos. <sup>(25 y 38)</sup>

Zhou y cols; en 2010 evaluaron la transferencia de calor a los tejidos periodontales durante la obturación con gutapercha termoplastificada. Esto lo hicieron mediante un modelo digital FEA, todo bajo simulación digital y elementos finitos ocupando System B a 200°C y Obtura II a 180°C con tiempos de activación 3 y 4 s. Como resultado se alcanzó la temperatura de 46.914°C y 48.887°C respectivamente por lo que se debe tener cuidado de no extender el tiempo de activación más allá de los 3 s; en este estudio no se tomó en cuenta la intensidad y duración del factor térmico y la cantidad de flujo sanguíneo alrededor del diente. <sup>(12)</sup>

Zafalon y cols; en 2016 evaluaron los cambios de temperatura en superficies radiculares externas con el uso de varias técnicas de obturación de gutapercha termoplastificada en 45 premolares unirradiculares, divididos en 3 grupos (Touch'n Heat, sistema TC, técnica Tagger) y se observó que el sistema TC mostró el menor aumento de temperatura que los otros 2 sistemas <sup>(39)</sup>.

Otros estudios sobre calor generado por otros instrumentos:

Lipski y cols; en 2010 evaluaron la Influencia de la refrigeración por agua en la temperatura de la superficie radicular generada durante la preparación del espacio para poste utilizando drill universal DT #0 a 10 s, una pausa de 30 s, drill #2 por 10 s. En 15 premolares se activaron los drills con refrigeración y en los otros 15 no. Se observó que la temperatura de la superficie radicular fue significativamente menor cuando se utilizó refrigeración con agua en comparación con la preparación sin irrigación. <sup>(11)</sup>

Bramante y cols; en 2010 evaluaron la liberación de calor, tiempo requerido y capacidad de limpieza de 2 sistemas de retratamiento (Mtwo R y Protaper UR) en 60 dientes unirradiculares. Como resultado ProTaper UR causó un mayor incremento de la temperatura en la superficie radicular, pero necesitó menos tiempo para eliminar el material de obturación. MTwo R causó un menor aumento de temperatura, pero fue menos eficiente en la eliminación del material. <sup>(21)</sup>

### **Calor producido por ultrasonido**

Los dispositivos ultrasónicos piezoeléctricos producen calor cuando están en contacto con la estructura dental o los materiales dentales debido a la fricción, y son capaces de aumentar la temperatura circundante en un conducto radicular hasta 10°C. <sup>(1, 28)</sup>

Cameron y cols; en 1988 evaluaron el efecto del ultrasonido sobre la temperatura de la pared del conducto en 2 caninos (1 con ápice maduro y otro con ápice inmaduro), a cada uno se le aplicaron 3 experimentos:

1.- Irrigación continúa durante 3 min. 2.- Irrigación intermitente 30 s de ultrasonido sin agua, 10 s de descanso e irrigación con agua a 25°C X 4 veces = 120 s de ultrasonido durante un periodo de 160 s. 3.- Cambios de potencia: se dejó flujo de agua a 30 ml por minuto y se redujo la potencia a 1 en una escala de 5. Se activó la unidad de ultrasonido y se recolectó el agua de la punta en una pequeña taza de plástico. Este experimento se realizó para las configuraciones de potencia de 4 y 5. Se observó que al utilizar una irrigación continua la temperatura máxima que se alcanzó fue de 32°, con una técnica intermitente se alcanzó 40°. <sup>(20)</sup>

Nicoli y cols; en 1998 evaluaron la generación de calor en 60 molares humanos durante la instrumentación ultrasónica con métodos distintos de irrigación: 1.- Irrigación del ultrasonido con agua de la unidad. 2.- Sin irrigación. Y 3.- Goteo con solución salina estéril. Se midió la temperatura cada 5 s durante un periodo de 30 s. Se observó que solo el tratamiento sin irrigación dio como resultado un aumento de temperatura superior a 10°C, la cual se ha reportado como nociva para la pulpa y los tejidos periodontales. Entre la irrigación por el mismo ultrasonido o por goteo no hubo diferencias estadísticamente significativas. <sup>(28)</sup>

Budd y cols; en 2005 evaluaron el incremento de temperatura en el poste y en la superficie radicular durante la remoción ultrasónica de postes comparando 2 dispositivos ultrasónicos, un piezoeléctrico y un magnetoestrictivo. 4 métodos: 1.- Sin refrigerante de agua o aire. 2.- Aire fresco solo con evacuación de alta velocidad, 3.- Refrigeración con agua 15 ml/ 1min de agua y 4.- Refrigeración con agua 30 ml/1min. El aumento de temperatura se midió a intervalos de 30, 60, 90 y 120 s usando termografía infrarroja calibrada. Se observó mayor aumento de temperatura con el dispositivo piezoeléctrico que con el magnetoestrictivo, mayor temperatura en el poste que en la superficie radicular, mayor aumento de temperatura cuando no se ocupó algún refrigerante y también se presentó aumento de temperatura mayor a 10°C cuando se irrigaba con 15ml/min que con 30 ml/min de agua. <sup>(14)</sup>

Dominici y cols; en 2005 evaluaron la generación de calor usando vibración ultrasónica para la remoción de poste en 10 incisivos superiores sin usar algún refrigerante como agua o aire, con una aplicación ultrasónica de 15, 30, 45, 60 s. Como principal resultado se observó un mayor aumento de temperatura en el poste, y la aplicación ultrasónica al poste por más de 15 s genera una temperatura alta en la superficie radicular. <sup>(15)</sup>

Gluskin, Clifford y cols; en 2005 publicaron 3 diferentes casos de lesión térmica por transferencia de calor intraradicular con dispositivos ultrasónicos. En los 3 casos el daño se provocó en dientes anteriores al remover postes que se sobrecalentaron de manera significativa, causando una destrucción grave de tejido y hueso, así como la pérdida los O.D. y no se sabe si se ocupó o no refrigeración y cuánto tiempo se usó el ultrasonido <sup>(5)</sup>.

Hutula y cols; en 2006 evaluaron la generación de calor en la superficie radicular al remover con ultrasonido postes en 26 premolares unirradiculares en 2 grupos: 1 con refrigeración y otro sin refrigeración, con activación ultrasónica de 4 min y potencia 11 para remover el poste. Se observó que los cambios de temperatura generados al vibrar postes sin refrigeración superaron los 10°C durante períodos superiores a 1 min en todas las muestras. El uso de refrigeración durante la instrumentación mantuvo los cambios de temperatura de la superficie radicular externa por debajo de 10°C en todas las muestras <sup>(42)</sup>.

Walters y Rawal en 2007 reportaron un caso de daño periodontal severo en una mujer de 42 años, al remover con ultrasonido el material endurecido para cementación de poste del O.D 11; la lesión térmica también afectó al O.D 12 y se extrajeron ambos O.D. En estos casos no se lograron definir las condiciones específicas bajo las cuales se produjo el daño, ya que el contacto inicial con el paciente ocurrió 5 semanas después del incidente <sup>(18)</sup>.

Hashem y cols; en 2007 evaluaron incremento de la temperatura en la superficie radicular externa durante la remoción de un instrumento fracturado mediante vibración ultrasónica en 30 incisivos centrales superiores, se ocupó alginato para simulación del ligamento periodontal. Grupo 1: se utilizó punta ultrasónica ET 40 a la potencia más baja (potencia 1). Grupo 2: la punta ultrasónica se utilizó a la potencia recomendada por el fabricante (potencia 5). Grupo 3: punta ultrasónica CPR 5 a la potencia más baja (potencia 1). La temperatura en la superficie radicular externa se monitoreó y registró a 0, 60 y 120 s durante la aplicación continua de vibración ultrasónica. Se observó que todos los grupos mostraron un aumento significativo en la temperatura de 60 a 120 segundos, lo que denota que el aumento de la temperatura es una función del tiempo, además, a los 60 segundos, CPR 5 mostró el menor aumento de temperatura promedio que ET40 tanto a baja como a alta potencia <sup>(26)</sup>.

Ettrich y cols; en 2007 evaluaron el calor inducido durante la remoción ultrasónica de postes en 37 dientes divididos en 3 grupos: 1 (sin refrigeración), 2 (aire de jeringa triple) y 3 (agua de jeringa triple). Los resultados indicaron que la tasa de calor

promedio fue menor para el grupo refrigerado por agua cuando se usa una configuración de potencia media. No hubo una diferencia significativa en las tasas máximas de calor para ninguna de las potencias. Una comparación de aire vs agua no mostró diferencias en la potencia 9 de 14. Sin embargo, con la potencia 13, se determinó una diferencia significativa. Cuando el nivel de potencia se ajustó desde un ajuste medio a uno alto, la tasa de calor promedio aumentó significativamente por grupo, independientemente del uso de un refrigerante. A pesar de que el agua como refrigerante demostró ser mejor para reducir las tasas de calor promedio y máxima, no fue efectiva para evitar que la temperatura subiera a 50 ° C. No se pudo establecer una asociación entre el grosor de la dentina y la tasa de aumento de la temperatura. <sup>(16)</sup>

Brooks y cols; en 2008 evaluaron el efecto del grosor de la dentina en la temperatura de la superficie radicular de los 24 dientes sometidos a la remoción ultrasónica de postes, se dividieron en 2 grupos: raíces delgadas y raíces gruesas, el ultrasonido se activó a una potencia 11: con y sin refrigeración durante 4 min. Se concluyó que no se encontraron diferencias significativas en el cambio de temperatura entre los grupos de raíz con irrigación; que las muestras en las que no se ocupó irrigación, la temperatura se acercó y sobrepasó los 10°C. <sup>(10)</sup>

Madarati y cols; en 2009 evaluaron en 60 incisivos inferiores la eficiencia de 2 puntas ultrasónicas para la disminución de la temperatura de la superficie radicular al remover instrumentos fracturados F2 (Protaper U), 2 tipos de puntas ultrasónicas se utilizaron CPR5 y ETD40 se activaron a baja potencia (1.5) para trefilar un canal de dentina alrededor de la corona parte del segmento fracturado durante 120 segundos. 6 Grupos: CPR5 / sin aire y ET40D / sin aire en el que se usaron puntas sin flujo de aire, grupos CPR5 / 15 psi y ET40D / 15 psi (puntas utilizadas con la función de flujo de aire a 15 psi de presión), y grupos CPR5 / 10 psi y ET40D / 10 psi (función de flujo de aire a una presión de 10 psi). Se concluyó que la punta ET40D fue más efectiva en reducción de temperatura que la punta CPR5. Sin embargo, ambas puntas se pueden activar de forma segura hasta 120 segundos. <sup>(43)</sup>

Lipski y cols; en 2010 evaluaron el efecto de diferentes flujos de agua en la temperatura de la superficie radicular durante la remoción ultrasónica de postes en 30 dientes unirradiculares. La activación de cada muestra fue realizada durante 2 minutos sin refrigeración por agua o con una refrigeración constante con agua de 20 ml / min o 40 ml / min, las temperaturas se midieron cada 10 segundos. Se concluyó que la refrigeración con agua durante la remoción ultrasónica del poste redujo significativamente los aumentos de temperatura en la superficie radicular externa; sin embargo, el volumen del refrigerante también fue importante porque 20 ml / min, permitió una temperatura mayor a 10°C en todos los grupos de dientes estudiados. <sup>(17)</sup>

Gluskin y cols; en 2010 analizaron el aumento de la temperatura y el uso de refrigerantes en la disipación de la acumulación de calor durante la remoción ultrasónica del poste en un modelo bilógico simulado con 10 premolares, cada

muestra fue instrumentada en seco sin ningún agente de enfriamiento, cuando el aumento de la temperatura alcanzó un umbral de 10°C inmediatamente se suministró 1 de los 5 métodos siguientes de enfriamiento: (1) aire de una jeringa triple ; (2) rocío de agua de jeringa triple; (3) pequeño pellet de algodón #3 (4 mm de diámetro) rociado durante 2 segundos con Endo-Ice, aplicado al poste; (4) pellet de algodón # 0 (9 mm de diámetro) rociado durante 2 segundos con Endo-Ice aplicado al piso ; (5) enfriamiento por aire ambiental. Como resultado, se demostró que la transferencia de calor perjudicial ocurre en menos de 1 min durante la remoción ultrasónica seca de postes metálicos. Con tan solo 20 segundos de remoción ultrasónica seca continua, las consecuencias de la acumulación térmica en un diente pueden contribuir a un resultado clínico perjudicial y los 4 refrigerantes utilizados fueron igualmente eficaces en la reducción de la temperatura. <sup>(44)</sup>

Thennukonda y Natarajaneb en 2015 analizaron los eventos adversos asociados con los escaladores ultrasónicos mediante la base de datos MAUDE (Food and Drug Administration manufacturer and user facility device experience) que enumera todos los dispositivos aprobados por la FDA. Se recolectó un total de 667 casos de efectos adversos con ultrasonido (US) recopilados de la base de datos MAUDE. De los 667 casos, el ultrasonido fue aplicado en endodoncia en el 76.6%. En algunos casos, causó daño a los tejidos gingivales y / o pérdida permanente del diente. El siguiente efecto adverso fue el sobrecalentamiento que se observó más con el escalador. Solo 19 casos de lesión térmica resultaron serios, en algunos, el tamaño de la lesión fue de 6 cm, y al menos en dos casos, se requirió intervención en cirugía plástica, ya que la quemadura se asoció con el borde del bermellón y parte de la piel del labio inferior. <sup>(32)</sup>

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La literatura reporta que si el aumento de temperatura (a partir de 10°C arriba de la temperatura basal) se mantiene durante un tiempo excesivo, se pueden provocar cambios y daño en los tejidos de sostén del diente.

La mayoría de los estudios no ocupan un modelo simulado del ligamento periodontal o de las estructuras de soporte, ni describen si la vibración ultrasónica que ocupan es continua o intermitente o si se usó o no refrigerante. Aunque la instrumentación ultrasónica es un método comúnmente utilizado para la eliminación de postes, instrumentos fracturados, cálculos y búsqueda de conductos calcificados, en endodoncia, no se sabe si al usar el ultrasonido se alcancen temperaturas altas o si es inocuo a los tejidos circundantes al conformar el acceso endodóntico, aún si se usará con refrigeración, ya que realmente no evita que la temperatura aumente. <sup>(13, 16, 17, 19, 26, 33,44)</sup> Hasta la fecha no hay suficiente bibliografía que indique si hay cambios en la temperatura de la superficie radicular por el uso de ultrasonido con o sin refrigeración cuando se usa para la conformación de un adecuado acceso endodóntico que es la base para la realización de un tratamiento exitoso, por lo anterior se formula la siguiente pregunta de investigación:

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Existen cambios sobre la temperatura de la superficie radicular en dientes de bovino por el uso de ultrasonido con y sin refrigeración durante el acceso endodóntico?

## JUSTIFICACIÓN

Al conformar el acceso endodóntico es indispensable el uso de ultrasonido, al accionarlo con la punta sobre la superficie dental, se generará calor que incrementará la temperatura.

El uso del ultrasonido para remoción de cálculos pulpares y búsqueda de conductos calcificados ha llegado a ser una herramienta indispensable en el campo de la endodoncia. Otros autores, ya han evaluado los efectos sobre la temperatura de la superficie radicular en la remoción de postes e instrumentos separados, ya sea tomando o no en cuenta un modelo simulado del ligamento periodontal; sin embargo, no hay información precisa en cuanto a los efectos y temperaturas alcanzadas a ciertos tiempos para la conformación del acceso endodóntico que incluya la remoción de cálculos, búsqueda de conductos, desgastes compensatorios, utilizando o no algún refrigerante.

Se ha recomendado utilizar el ultrasonido con algún refrigerante, sin embargo, la mayoría de los clínicos pasan por alto esta recomendación, porque no favorece la visibilidad, la comodidad y el ahorro de tiempo.

Por lo que el impacto de este estudio, fue definir e informar al clínico de forma objetiva sobre la temperatura que se puede alcanzar al realizar estos procedimientos, a partir de que tiempo se alcanza la temperatura de 10°C por arriba de la temperatura corporal, lo perjudicial que puede ser en la práctica clínica, para evitar efectos negativos y daños a los pacientes que se atienden en un procedimiento endodóntico con el uso de ultrasonido.

Cabe mencionar que no existe suficiente bibliografía actualizada sobre el uso del ultrasonido y sus efectos sobre la temperatura de la superficie radicular durante el acceso endodóntico, la mayoría de los estudios que evalúan la temperatura al remover postes, al obturar el conducto con gutapercha termoplastificada o al remover un instrumento separado, no toman en cuenta el contenido de agua ni la alta vascularidad del ligamento periodontal, que posiblemente disipan el calor de manera eficiente, <sup>(17)</sup> y no simula este tejido.

## **HIPÓTESIS**

**Hi:** La aplicación de ultrasonido con y sin refrigeración a diferentes tiempos durante el acceso endodóntico produce cambios sobre la temperatura de la superficie radicular en dientes de bovino.

**Ho:** La aplicación de ultrasonido con y sin refrigeración a diferentes tiempos durante el acceso endodóntico no produce cambios sobre la temperatura de la superficie radicular en dientes de bovino.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Cuantificar y evaluar los cambios sobre la temperatura de la superficie radicular con el uso de ultrasonido con y sin refrigeración durante el acceso endodóntico a diferentes tiempos.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Cuantificar en las muestras con y sin alginato la temperatura que se alcanza a 2 min, y 4 min con una cámara de imagen térmica digital infrarroja al accionar el ultrasonido con refrigeración.
2. Cuantificar en las muestras con y sin alginato la temperatura que se alcanza a 2 min, y 4 min con una cámara de imagen térmica digital infrarroja al accionar el ultrasonido sin refrigeración.
3. Comparar los cambios sobre la temperatura de la superficie radicular en los diferentes grupos de estudio.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### DISEÑO DEL ESTUDIO

Observacional analítico

Longitudinal (Temperatura inicial, y medir cada 20 s la temperatura que se alcanza hasta cumplir el tiempo de 2 min o 4 min)

Prospectivo

*Ex vivo e In vitro*

### POBLACIÓN

Muestreo no probabilístico por conveniencia de dientes bovinos que cumplieron los criterios de inclusión.

Se decidió utilizar dientes de bovino porque actualmente existe escasez de dientes humanos extraídos y no cariados, razón por la cual es complicado obtenerlos, también se enfrenta con el aspecto ético de usarlos en el trabajo científico, porque tal uso favorece la extracción post mortem y el comercio de órganos dentales, en violación de la ley que prohíbe este tipo de procedimiento;<sup>(45-48)</sup> la alternativa fue usar dientes bovinos porque se obtienen fácilmente, presentan un bajo índice de caries, y por lo tanto han sido de gran utilidad en innumerables investigaciones en los últimos tiempos.<sup>(49-55)</sup> Muchos estudios han demostrado que existen pocas diferencias entre los dientes humanos y bovinos, tanto a nivel macro como microscópico.<sup>(45-48)</sup>

80 incisivos inferiores de bovinos sacrificados por razones comerciales.

8 grupos de estudio (c/u con 10 O.D)

- 2 grupos de estudio con refrigeración y con alginato
- 2 grupos de estudio con refrigeración y sin alginato
- 2 grupos de estudio sin refrigeración y con alginato
- 2 grupos de estudio sin refrigeración y sin alginato

Los dientes de los grupos serán asignados aleatoriamente

Grupo 1	Con refrigeración y con alginato durante 2 min
Grupo 2	Con refrigeración y sin alginato durante 2 min
Grupo 3	Con refrigeración y con alginato durante 4 min
Grupo 4	Con refrigeración y sin alginato durante 4 min
Grupo 5	Sin refrigeración y con alginato durante 2 min
Grupo 6	Sin refrigeración y sin alginato durante 2 min
Grupo 7	Sin refrigeración y con alginato durante 4 min
Grupo 8	Sin refrigeración y sin alginato durante 4 min

10 O.D por grupo

## **CRITERIOS DE SELECCIÓN**

### **Criterios de inclusión**

- Incisivos inferiores permanentes de bovino con raíz formada completamente.
- Incisivos inferiores de bovino con corona y ápices íntegros.

### **Criterios de exclusión**

- Incisivos inferiores temporales de bovino.
- Incisivos inferiores de bovino que presenten alguna anomalía (Geminación, fusión, etc.).
- Incisivos inferiores que presenten caries radicular
- Incisivos inferiores de bovino que presenten alguna fractura.
- Incisivos inferiores de bovino con ápice abierto.

### **Criterios de eliminación**

- Incisivos inferiores de bovino en los que no se pueda acceder a dentina.

## TABLA DE VARIABLES

Variables		Definición conceptual	Definición operacional	Escala y categorías
<b>Dependiente</b>	Temperatura	Magnitud que mide el nivel térmico o el calor que un cuerpo posee	Medir la temperatura alcanzada en los lapsos de tiempo.	Cuantitativa, por razón continua. (Grados Celsius)
<b>Independientes</b>	Tiempo	Magnitud física con la que medimos la duración o separación de acontecimientos	Medir el tiempo en el que suceden cambios	Cuantitativa por razón continua (segundos)
	Refrigeración	Proceso mediante el cual se busca bajar o reducir la temperatura del ambiente, de un objeto o de un espacio a partir del enfriamiento de las partículas.	Activación del ultrasonido con o sin refrigeración (Agua)	Cualitativa nominal dicotómica  (Con refrigeración, sin refrigeración)
	Alginato	Sustancia química elaborada a partir de algas pardas que por sus características de gel tiene diversas aplicaciones industriales y se utiliza en odontología para obtener impresiones dentales.	Colocación del material como simulación de los tejidos periodontales del O.D	Cualitativa nominal dicotómica  (Con alginato, sin alginato)

### VARIABLES INDEPENDIENTES

Tiempo Refrigeración Alginato

### VARIABLE DEPENDIENTE

Temperatura

### **CONCORDANCIA Y FIABILIDAD**

Se realizó una prueba piloto con un experto y basados en la bibliografía revisada para estandarizar al investigador involucrado en el desgaste dental con ultrasonido y medición con una cámara de imagen térmica digital infrarroja.

### **UBICACIÓN ESPACIO-TEMPORAL**

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla – Facultad de estomatología, División de estudios de posgrado  
Laboratorio de biomateriales de la FEBUAP

### **FUENTES DE INFORMACIÓN**

PRIMARIAS: Artículos de revistas indexadas con factor de impacto (Journals), libros y observación.

SECUNDARIAS: Diccionario e imágenes obtenidas.

## PROCEDIMIENTOS

**Prueba Piloto:** Se realizó una prueba piloto con un experto y basados en la bibliografía revisada, se estandarizó al investigador involucrado en el desgaste dental con ultrasonido aplicando una fuerza de 500 g y medición con una cámara de imagen térmica digital infrarroja, la precisión de la cámara se verificó dentro de  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  usando agua caliente a  $51^{\circ}\text{C}$  y agua fría a  $19^{\circ}\text{C}$ .

**Preparación de los dientes de bovino y almacenamiento:** Los dientes anteriores inferiores se extrajeron inmediatamente de las porciones anteriores de las mandíbulas obtenidas y se colocaron en NaClO al 2.5% para inicio de eliminación de tejido orgánico. Posteriormente se terminó de eliminar todo el tejido con mango y hoja de bisturí, se pulió con piedra pómez de grano fino la superficie radicular de cada O.D con una copa de hule insertada en una pieza de baja velocidad. Se almacenaron los O.D en contenedores con agua destilada purificada, realizando cada día el cambio de agua, evitando así que se perdieran sus propiedades biológicas hasta el momento de ocuparlos en un lapso no mayor a 2 semanas.

**Realización de cavidades:** Se realizaron las cavidades de acceso (bajo lupas de 3.5 X y fuente de luz) con fresas de carburo # 4 insertadas en una pieza de alta velocidad con refrigeración, llegando a cámara pulpar, se secaron las cavidades con torundas de algodón. La mitad de los O.D se sumergieron de la porción cervical a apical en un molde con alginato, simulando el ligamento periodontal.

### **Preparación de muestras para medición de temperatura**

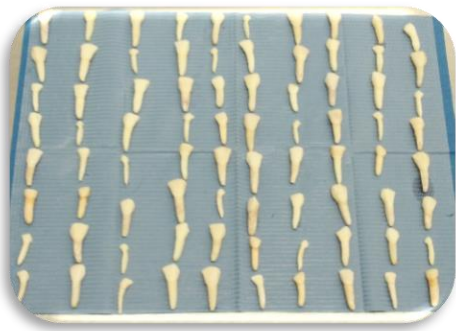
Preparación de alginato conforme a las instrucciones del fabricante y colocación en molde para sumergir una por una la mitad del total de las muestras.

Se procedió a colocar y estabilizar cada O.D en una gradilla para tubos de ensayo. El alginato colocado a la mitad de las muestras, ayudó para fijación y estabilidad dentro del orificio de la gradilla. Los O.D a los cuales no se les colocó alginato, se fijaron y estabilizaron con cinta masking.

Ya colocado y estabilizado el O.D en la gradilla, con la cámara de imagen térmica digital infrarroja HT-02D se midió su temperatura segundos antes de la aplicación de ultrasonido.

**Aplicación de puntas de ultrasonido y medición de temperatura:** Con lupas de 3.5 X y fuente de luz, se colocó la punta ultrasónica CT4 Sybron cerca de la entrada del conducto, a una potencia 5 de 14, sin refrigeración y refrigeración con agua (30 ml/min) a 2 min y 4 min, ejerciendo ligera presión (500 g). La temperatura se midió cada 20 s con una cámara de imagen térmica digital infrarroja HT-02D hasta alcanzar los tiempos finales (2 min y 4 min) y 1 min posterior a la finalización de la maniobra, nuevamente se midió la temperatura. Las cavidades se secaron con torundas de algodón estériles y se sellaron con provisit.

Al finalizar el proyecto, los O.D de bovino pasaron por el proceso de recolección en bolsas de plástico amarillas, transportación, acopio, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos biológico-infecciosos, porque no se almacenaron en formol.



## LOGÍSTICA

### RECURSOS HUMANOS

- Una tesista: Alumna de la Maestría en Estomatología con opción terminal en Endodoncia
- Un director metodológico
- Un director disciplinario
- Un codirector
- 2 auxiliares

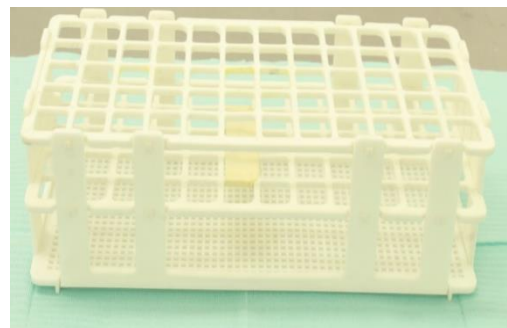
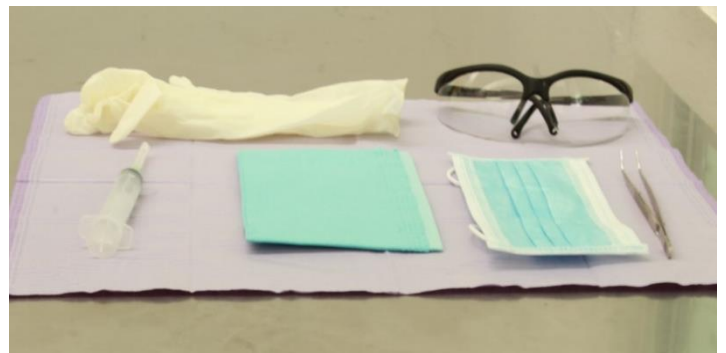
### RECURSOS MATERIALES

- Porción anterior de mandíbulas de bovinos
- Elevador recto delgado
- Fórceps para extracción de O.D anteriores
- Mango de bisturí
- Bisturí
- Tijeras
- Campos desechables
- Bolsas amarillas para residuos sólidos biológicos
- 80 Incisivos inferiores de bovinos
- Laboratorio de Biomateriales de la FEBUAP
- Gorro
- Guantes
- Cubre bocas
- Gafas de protección
- Lupas con magnificación de 3.5 X, con fuente de luz
- NaClO al 2.5%
- Agua destilada
- Pieza KAVO de alta velocidad con bota fresas
- Jeringa de 10 ml con aguja
- Jeringa de 60 ml
- Pieza de baja velocidad
- Cucharita medidora para alginato
- Vasito medidor de agua para alginato

- Tazas para alginato
- Espátulas para mezclar alginato
- Ultrasonido SATELEC P5 Booster
- Bomba para fumigación con adaptador para conexión con ultrasonido
- Bascula para cocina (1 kg)
- Godete de vidrio
- Tierra pómez de grano fino
- Copas de hule
- Fresas de carburo redondas #4
- Puntas para ultrasonido CT4 Sybron
- Alginato Tropicalgin
- Molde (godete de vidrio) para sumergir muestras
- Cinta masking
- Cutter
- Gradilla cuadrada de plástico para tubos de ensayo
- Charola de plástico
- Puntas de ultrasonido CT4 Sybron
- Cámara de imagen térmica digital infrarroja HT-02D
- Pilas AA recargables marca SONY y ESTEREN
- Micro SD de 4 GB
- Computadora

### RECURSOS FINANCIEROS

- Fueron aportados por el investigador



## **BIOÉTICA**

Los dientes de bovino utilizados para este estudio serán manejados de acuerdo a las normas: NOM-113-SSA-2006 (en su apartado sobre medidas básicas de prevención de riesgos y manejo de desechos) Oficial Mexicana NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, NOM-087-ECOL-SSAI-2002 (Protección ambiental-Salud ambiental-residuos peligrosos biológico–infecciosos-Clasificación y especificaciones de manejo) y al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, en su título cuarto de la bioseguridad de las investigaciones, capítulo I.

El proyecto fue realizado conforme a los principios éticos del Consejo de Organizaciones Internacionales de Ciencias Médicas en colaboración con la Organización mundial de la salud: CIOMS/OMS (2002), y a parámetros de investigación médica manifestados por la Asociación Médica Mundial (World Medical Association: WMA por sus siglas en ingles), así como también se apega a la Ley General de Salud y a las normas oficiales mexicanas ya mencionadas anteriormente.

El presente proyecto fue sometido al Comité de Investigación de la Facultad de Estomatología.

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

En la estadística descriptiva los valores de simetría de la curtosis, no se encontraron en distribución normal (-2 a +2), por lo tanto, para determinar la asociación y diferencia entre los grupos, se utilizaron las pruebas:

U de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis. Ambas pruebas con su respectiva significancia estadística, esto es:  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS

Tanto en el grupo con irrigación a los 2 y 4 min con y sin alginato, no hubo diferencia estadísticamente significativa en cuanto al aumento de temperatura.

En los grupos sin irrigación a los 2 y 4 min con y sin alginato, si hubo diferencia estadísticamente significativa al aumento de temperatura, ésta fue más marcada en el grupo de 4 min sin alginato.

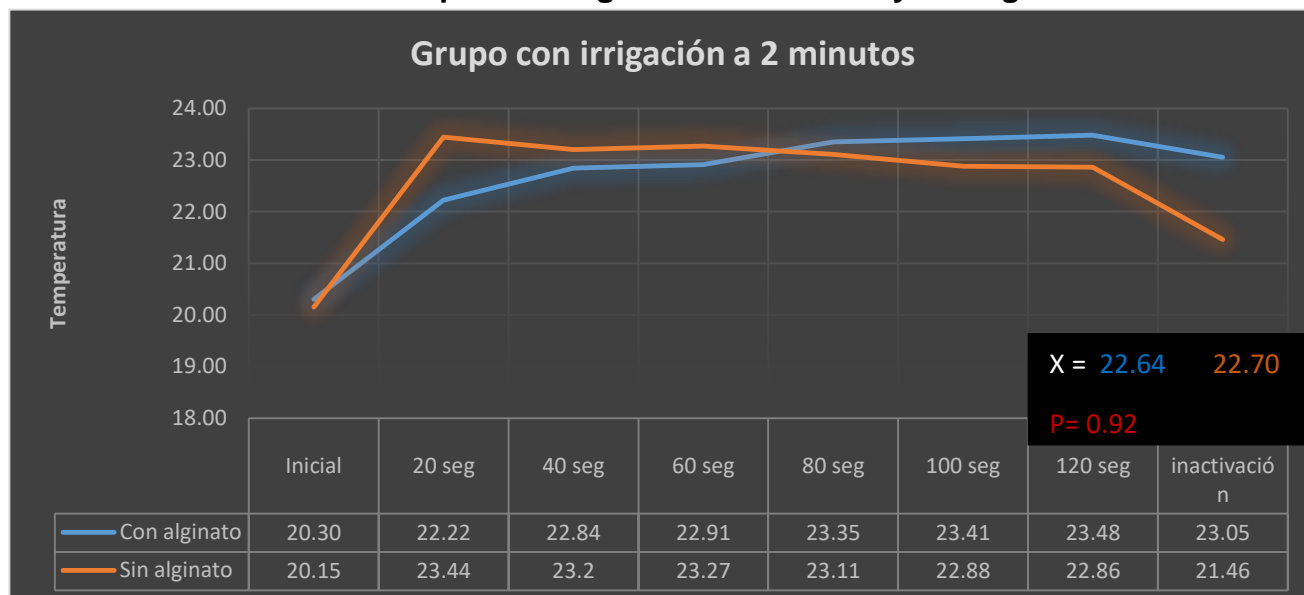
**Tabla 1. Comparación de grupos con irrigación-sin irrigación/ con-sin alginato**

GRUPO CON Y SIN IRRIGACIÓN						
GRUPOS	Con alginato n=40		Sin alginato n=40		diferencia	p valor
	X	de	X	de		
Con irrigación 2 mins	22.64	1.12	22.70	1.14	-0.06	*0.92
Sin irrigación 2 mins	22.38	0.59	25.09	1.64	-2.71	*0.0005
Con irrigación 4 mins	23.23	0.94	22.96	0.81	0.27	*0.21
Sin irrigación 4 mins	22.68	0.82	28.23	3.019	-5.55	*0.0001

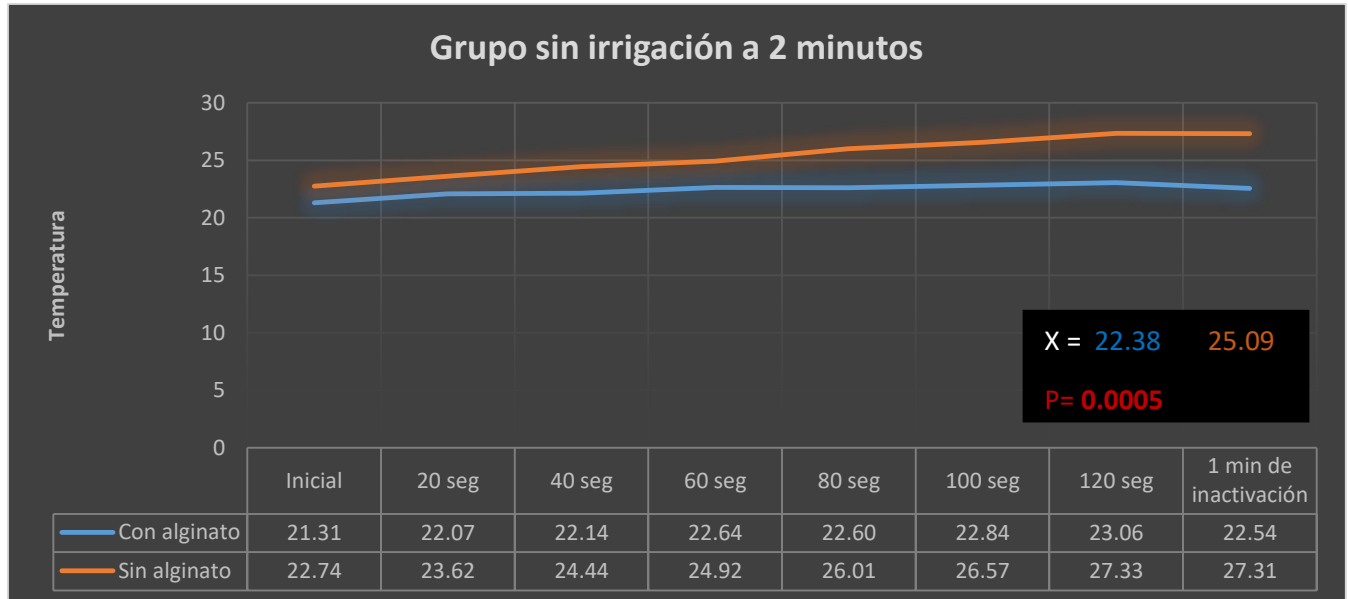
Prueba estadística\* U de Man Withney.

Fuente Propia

**Grafica 1. Grupo con irrigación a 2 min con y sin alginato.**



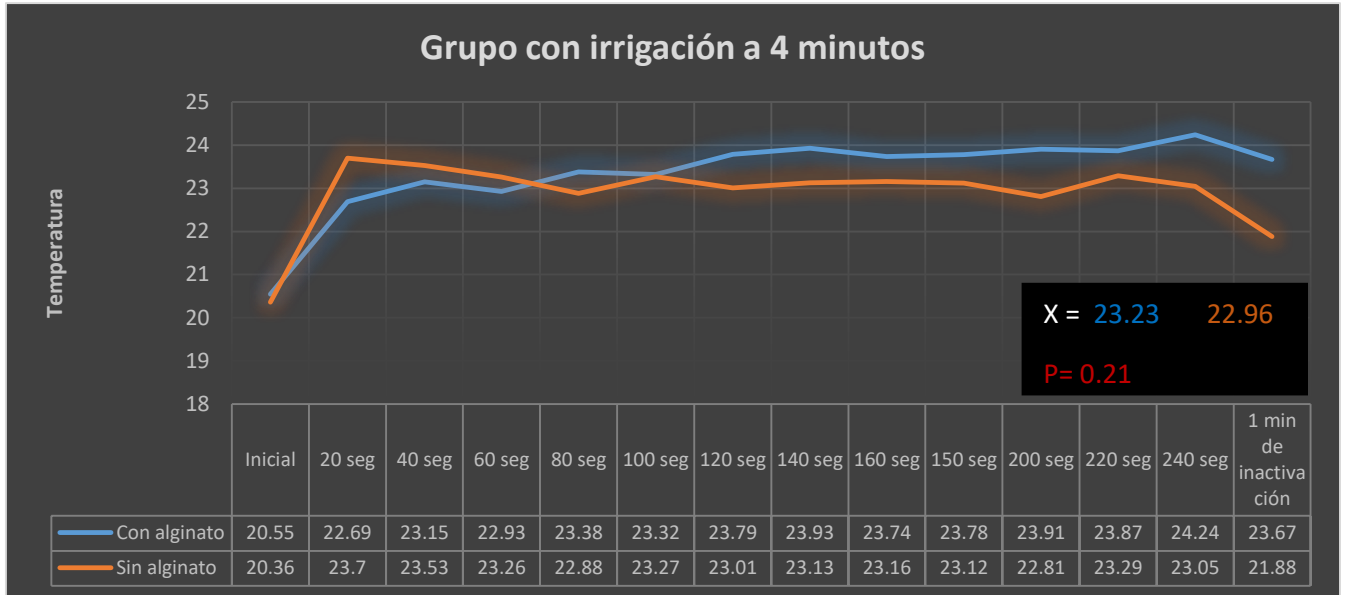
**Grafica 2. Grupo sin irrigación a 2 min con y sin alginato.**



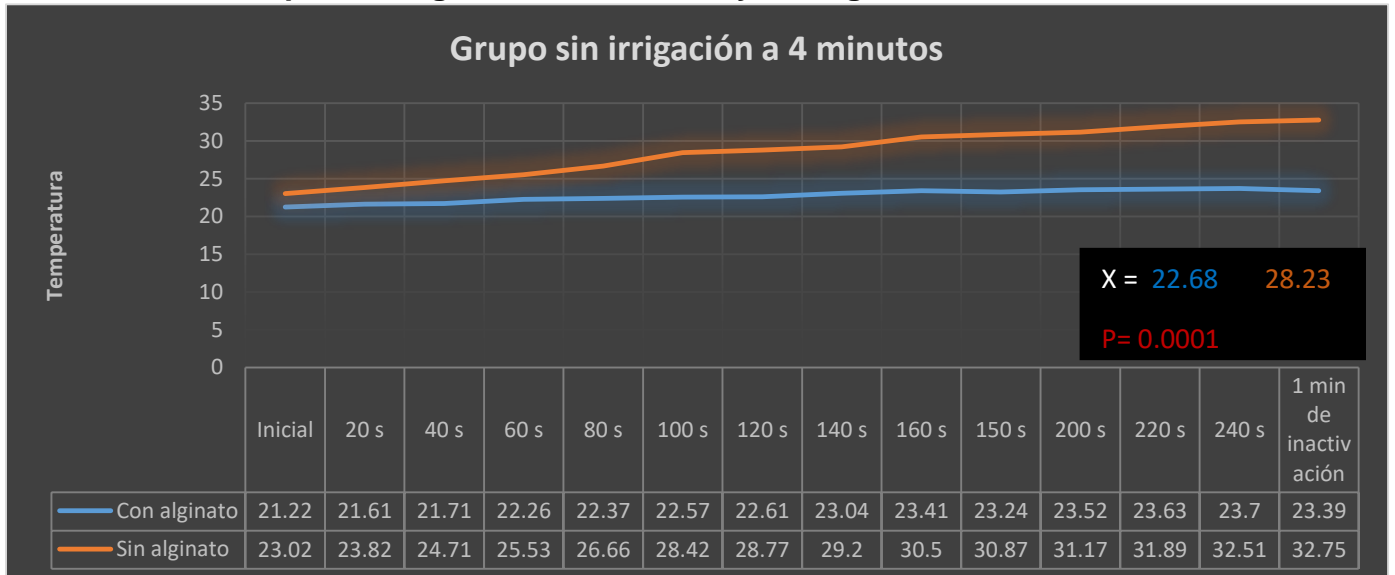
**Grafica 3. Grupo con y sin/ con y sin alginato a 2 min.**



**Gráfica 4. Grupo con irrigación a 4 min, con y sin alginato.**



**Gráfica 5. Grupo sin irrigación a 4 min, con y sin alginato.**



Gráfica 6. Grupos con y sin irrigación/ con y sin alginato a 4 min.



En el grupo con alginato a 2 y 4 mins con y sin irrigación, no hubo diferencia estadísticamente significativa en cuanto al aumento de temperatura.

En el grupo sin alginato a 2 y 4 mins se encontró diferencia estadísticamente significativa en los grupos sin irrigación al compararlos con los grupos con irrigación. La diferencia más notable se encuentra en el grupo sin alginato a 4 mins sin irrigación.

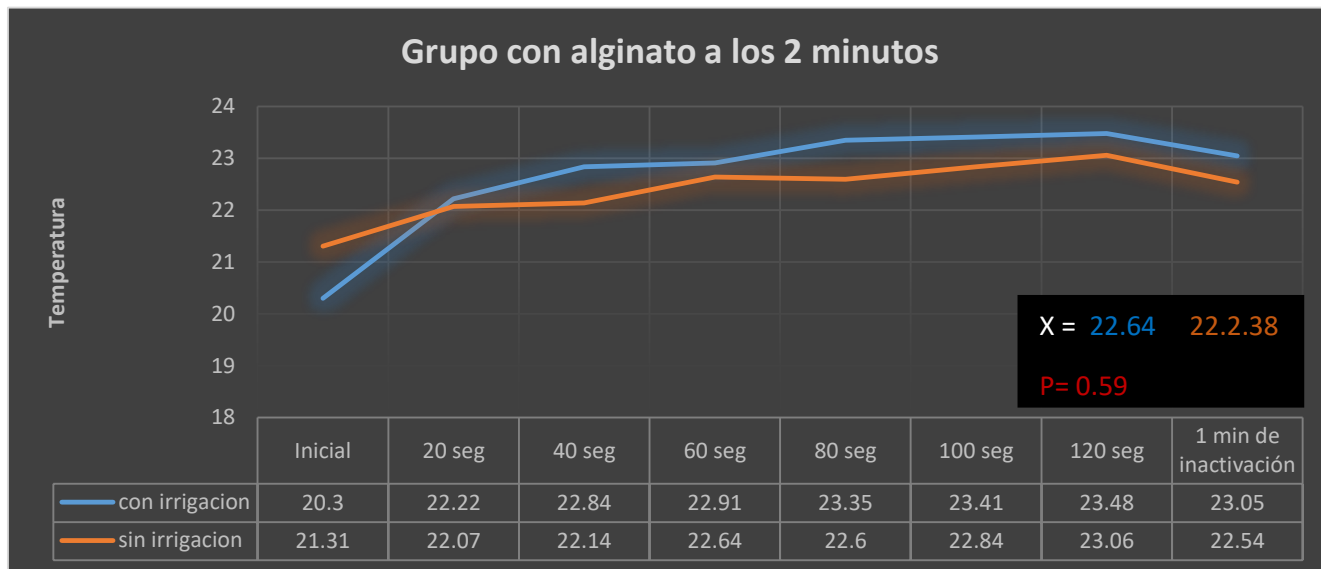
Tabla 2. Comparación de grupos con alginato-sin alginato / con-sin irrigación

GRUPO CON Y SIN ALGINATO						
GRUPOS	Con Irrigación n=40		Sin irrigación n=40		diferencia	p valor
	X	des	X	des		
Con alginato a dos minutos	22.64	1.52	22.38	0.20	0.26	*0.59
Sin alginato a dos minutos	22.70	1.63	25.09	1.20	-2.39	*0.008
Con alginato a cuatro minutos	23.39	1.16	22.69	0.95	0.64	*0.75
Sin alginato a cuatro minutos	22.96	0.80	28.23	0.67	-5.27	*0.0001

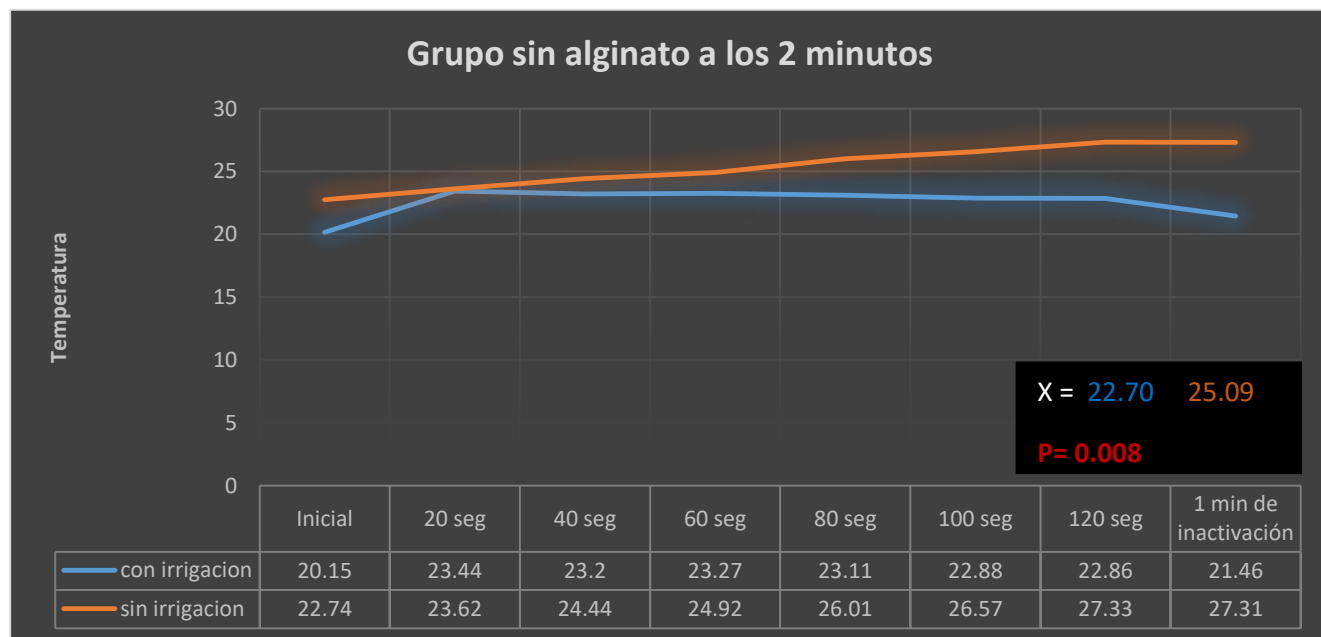
Prueba estadística\* U de Man Withney.

Fuente Propia

**Gráfica 7. Grupo con alginato a los 2 min, con y sin irrigación.**

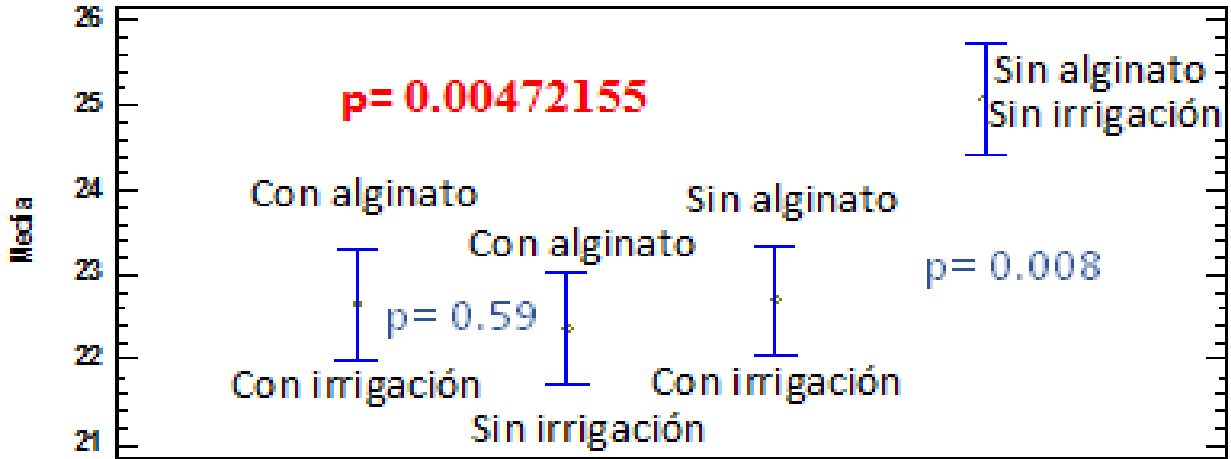


**Gráfica 8. Grupo sin alginato a los 2 min, con y sin irrigación.**



Gráfica 9. Grupo con y sin alginato a 2 min, con y sin irrigación.

### Grupo con y sin alginato a 2 minutos



\*U de Mann de Withney

\* **Kruskal - Wallis**

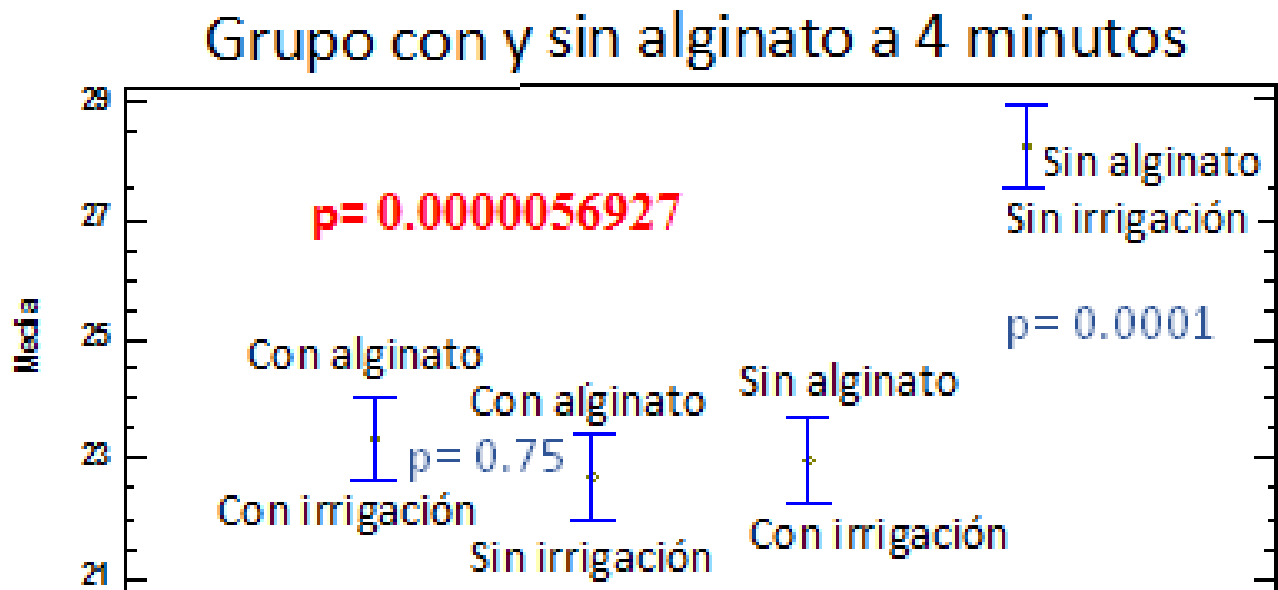
Gráfica 10. Grupo con alginato a los 4 min, con y sin irrigación.



Gráfica 11. Grupo sin alginato a los 4 min, con y sin irrigación



Gráfica 12. Grupo con y sin alginato a 4 min, con y sin irrigación.



\*U de Mann de Withney

\* Kruskal - Wallis

**Tabla 3. Comparación de grupos con-sin irrigación/ con alginato-sin alginato a 2 y 4 min**

Tabla comparativa Con/sin irrigación, con/sin alginato a 2 y 4 minutos						
GRUPOS	2 min n=40		4 min n=40		diferencia	p valor
	X	des	X	des		
Con irrigación con alginato	22.64	1.12	23.33	0.94	-0.69	*0.164
Con irrigación sin alginato	22.70	0.94	22.97	0.81	-0.27	*0.554
Sin irrigación con alginato	22.38	0.59	22.68	1.64	-0.3	*0.401
Sin irrigación sin alginato	<b>25.09</b>	1.64	<b>28.24</b>	3.019	-3.15	<b>*0.026</b>

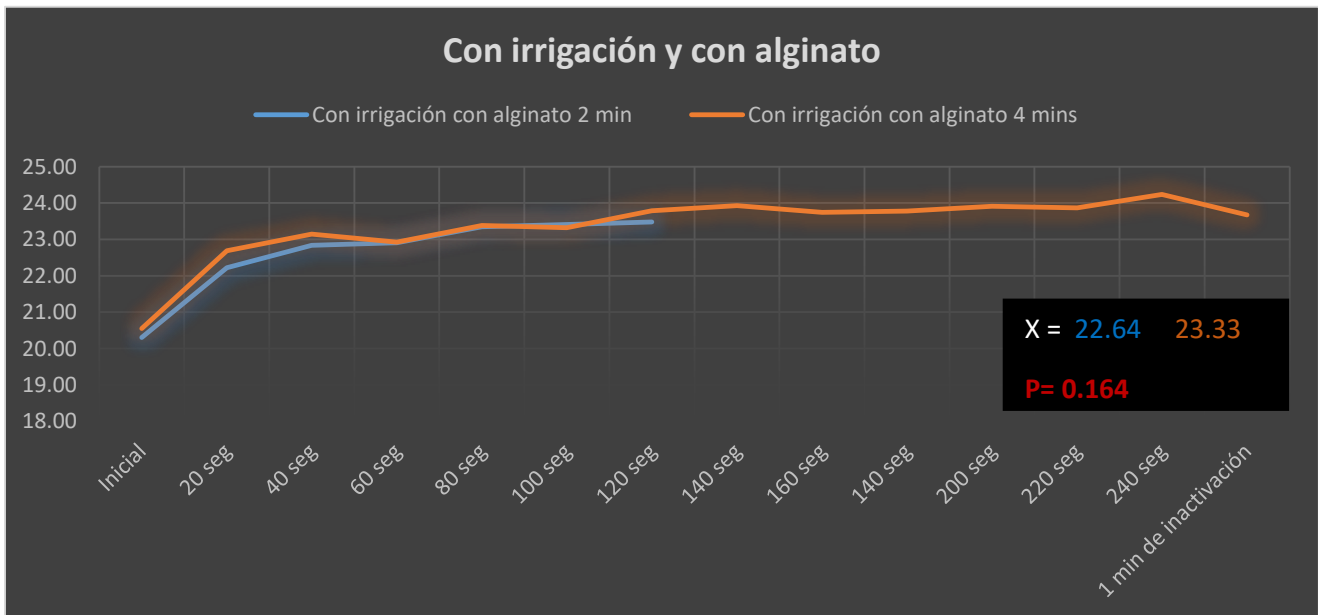
Prueba estadística\* U de Man Withney.

Fuente Propia

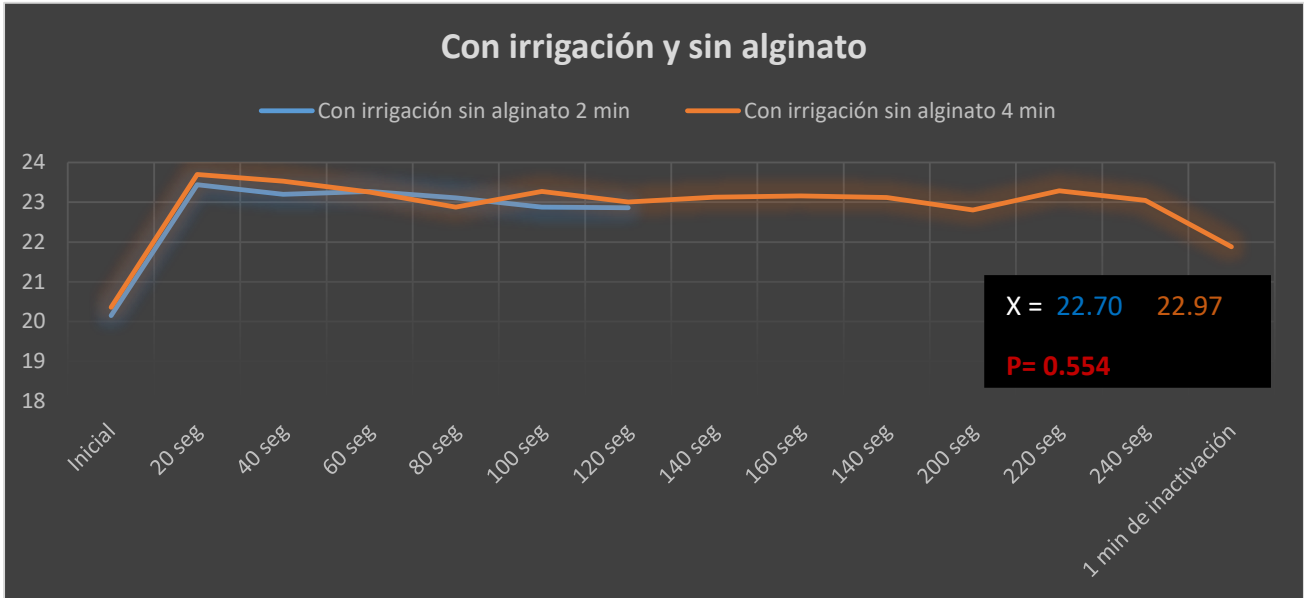
En cuanto a los grupos con irrigación con alginato, con irrigación sin alginato y sin irrigación con alginato, al compararlos a los 2 y 4 min no se encontró diferencia estadísticamente significativa en cuanto al aumento de temperatura.

Al comparar los grupos sin irrigación sin alginato a los 2 y 4 min, se pudo apreciar una diferencia estadísticamente significativa en el aumento de temperatura

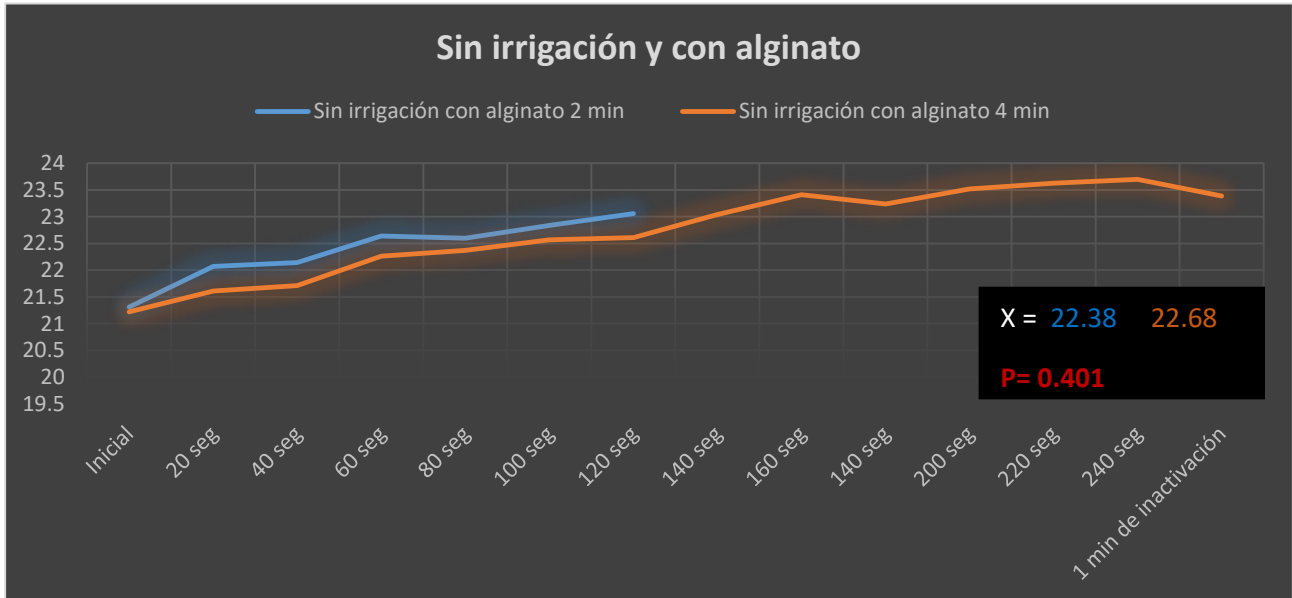
**Gráfica 13. Grupo con irrigación y con alginato a los 2 y 4 min.**



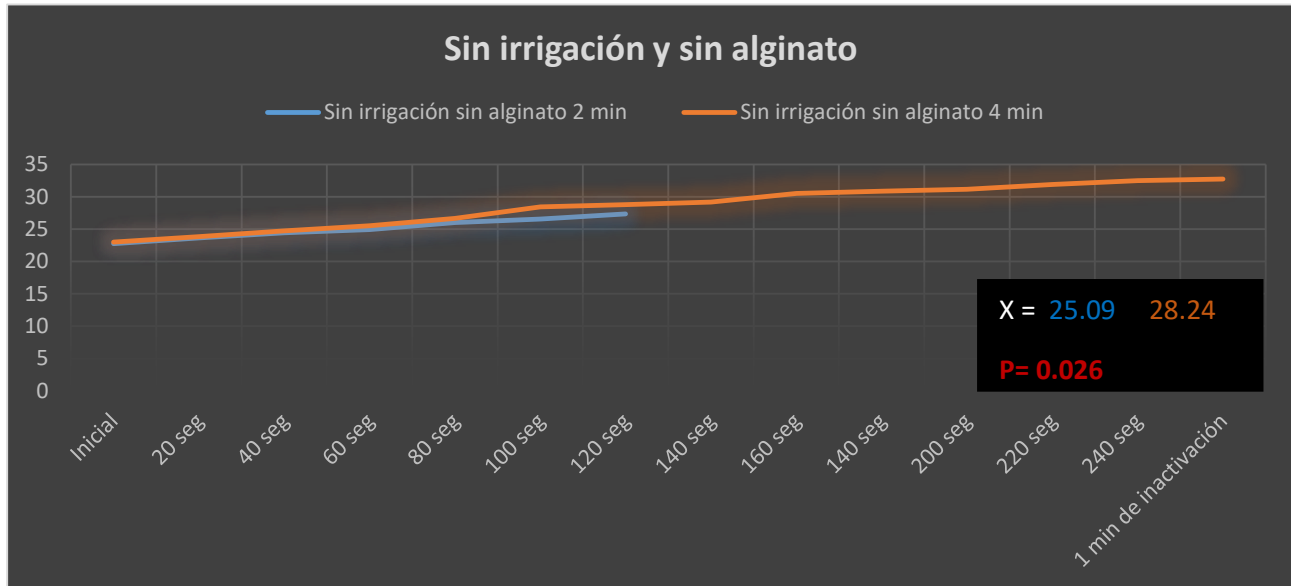
**Gráfica 14. Grupo con irrigación y sin alginato a los 2 y 4 min.**



**Gráfica 15. Grupo sin irrigación y con alginato a los 2 y 4 min.**

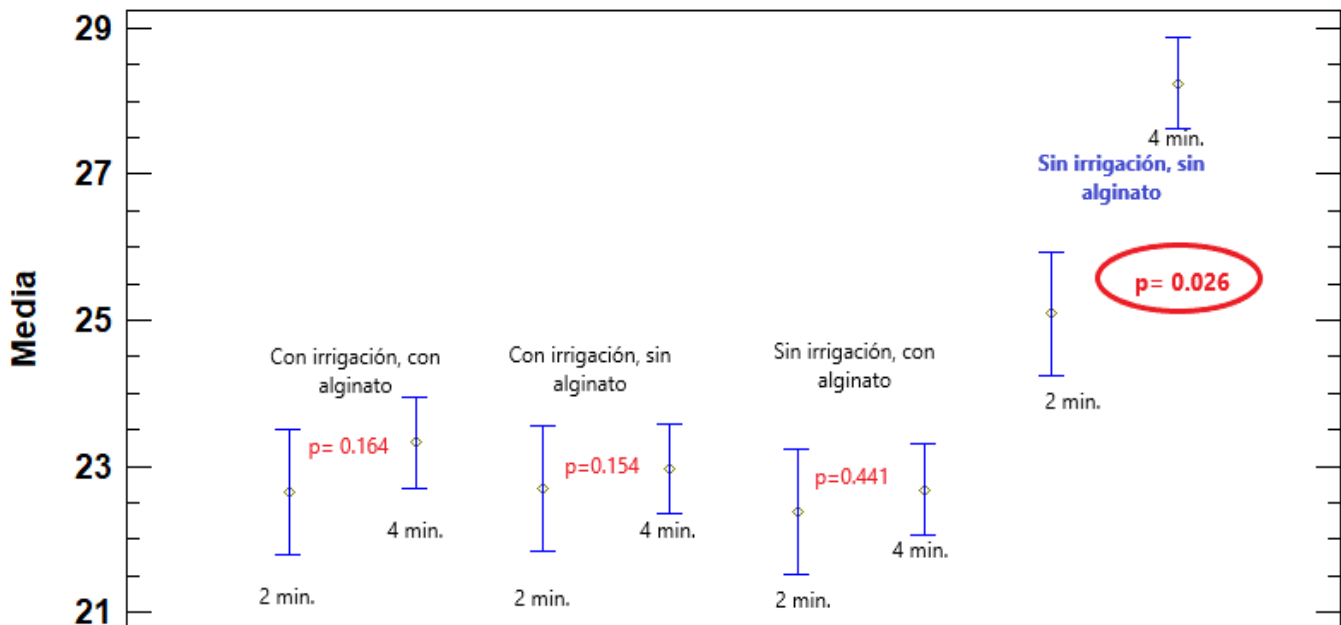


**Gráfica 16. Grupo sin irrigación y sin alginato a los 2 y 4 min.**



**Gráfica 17. Grupo con y sin irrigación / con y sin alginato a los 2 y 4 min.**

**Gráfico comparativo con/sin irrigación, con/sin alginato, a los dos y cuatro minutos.**



## DISCUSIÓN

La elevación de la temperatura en los tejidos dentarios durante procedimientos requeridos durante el tratamiento de conductos, como: obturación con gutapercha termoplastificada, remoción de postes, remoción de instrumentos separados o activación de soluciones irrigantes, <sup>(3-4)</sup> logran dañar los tejidos periodontales. Diversos autores reportan, que si el calor producido es suficientemente intenso o prolongado, puede calentar la dentina, elevar la temperatura a 10°C por arriba de la temperatura corporal y ocasionar una lesión térmica o hasta daños a nivel óseo, como necrosis. <sup>(8-13)</sup> Aunque es más probable alcanzar esta temperatura sin usar algún refrigerante, se ha reportado que a pesar de utilizar agua, no se logra evitar que la temperatura suba hasta 50 ° C. <sup>(14-17)</sup>

En la presente investigación se cuantificaron y se evaluaron los cambios sobre la temperatura de la superficie radicular con el uso de ultrasonido con y sin refrigeración (30 ml/min) / con y sin alginato, durante el acceso endodóntico con una punta CT4 Sybron, activando el ultrasonido a una potencia 5, durante 2 y 4 min. Los resultados denotaron que en el grupo con irrigación/ con y sin alginato, hubo un aumento de temperatura no significativo, en cuanto a los grupos sin irrigación y sin alginato tanto a los 2 como a los 4 min fueron significativos, sin embargo, en el grupo de 4 min sin irrigación y sin alginato se observó el mayor aumento.

Cameron y cols; en 1988, observaron en sus grupos con irrigación continua, una disminución de la temperatura de la raíz (de 37°C a 32°C) durante los primeros 60 s y se mantuvo en este nivel. <sup>(20)</sup> Nuestros resultados no concuerdan con este estudio ya que en los grupos con irrigación (continua) a los 2 y 4 min ya sea con o sin alginato, no hubo una disminución de la temperatura inicial, si no que existió un pequeño aumento en ésta, aunque no significativo, pero muy similar al experimento que realizó con irrigación intermitente, en el cual observaron un aumento de temperatura de 3° a los 120 s, similar a la temperatura que aumentó en los grupos con irrigación a 2 min con alginato (3.18°) y sin alginato (2.73°) y a los 4 min con alginato (2.69°C) y sin alginato (3.69° C), resultados que también concuerdan con los de Huttula y cols en 2006, en sus muestras con irrigación, el incremento de temperatura fue 3.2°±3.9°C. <sup>(42)</sup>

Por otro lado, al activar el ultrasonido sin irrigación y sin alginato a los 4 min, alrededor de la entrada del conducto, no dentro de este, se observó un aumento de temperatura de 9.49°C similar al estudio de Nicoli y cols en 1998, junto con Huttula y cols en el 2006, encontraron que en el grupo sin irrigación, la temperatura aumentó 10°C, temperatura por arriba de la basal reportada como nociva para los tejidos periodontales; <sup>(28,42)</sup> en el 2005 Budd y cols obtuvieron los mismos resultados que los autores anteriores, además observaron que aunque se irrigara con 15ml/min de agua, también se alcanzaba una temperatura mayor a 10°C y que con 30 ml/min no sucedía esto; <sup>(14)</sup> en nuestro grupos, el aumento de temperatura nunca alcanzó el

umbral de 10°C utilizando 30 ml/ min de refrigeración con agua, porque no hubo remoción de postes (procedimiento en cual se genera mayor fricción y aumento de calor) y el mayor aumento de temperatura observado fue en los grupos dónde no se ocupó irrigación ni alginato.

En un entorno clínico, se esperaría que las temperaturas fueran más bajas por la disipación de calor que proporciona el flujo sanguíneo de los tejidos circundantes, es probable que estos factores tengan un impacto en la reducción de la cantidad de calor que realmente absorben los tejidos periodontales, condición que Romero y cols junto con Hashem y cols; han reproducido al utilizar alginato, ya que lo usaron como un sustituto del ligamento periodontal debido a su contenido de agua (70%), que es casi similar al cuerpo humano (75%).<sup>(26, 44)</sup>

Budd y cols; también observaron que al desactivar el ultrasonido continuó aumentando la temperatura hasta 90 s posteriores <sup>(14)</sup>, al igual que Gluskin y cols en 2010 observaron que 9 s posteriores al finalizar la activación, la temperatura siguió incrementando;<sup>(44)</sup> fenómeno que también se observó en la presente investigación en el grupo sin irrigación y sin alginato a 4 min.

Hashem y cols en el 2007, encontraron en todos sus grupos con alginato, encontraron un incremento significativo en la temperatura de 60-120 s en la remoción de instrumentos separados, denotando que la temperatura es una función del tiempo.<sup>(26)</sup> Esto es contrario a nuestros resultados, los cuales no mostraron un aumento significativo de temperatura en los grupos con alginato, con y sin irrigación, a una potencia 5 de 14, esto podría explicarse porque no se activó el ultrasonido dentro del conducto, la activación fue alrededor de este y algo muy importante es que la dentina es un pobre conductor térmico, concordando con Ettrich y cols en el 2007, quienes observaron que la tasa de calor promedio al remover postes, también fue menor para el grupo con refrigeración con una potencia media; sin embargo cuando el nivel de potencia se ajustó de una potencia medio a una alta, la tasa de calor promedio aumentó significativamente por grupo, independientemente del uso de un refrigerante.<sup>(16)</sup> De acuerdo a los resultados que obtuvimos, se observó que aun utilizando refrigeración, no se evita que haya un pequeño aumento de temperatura, no es estadísticamente significativo y tampoco llega a 10°C por arriba de la temperatura inicial, sin embargo no se logra llegar a una temperatura menor que la inicial.

En el presente estudio no se evaluó el efecto del grosor de la dentina en la temperatura de la superficie radicular, el ultrasonido se evaluó a una potencia 5 (media) y al igual que Brooks y cols; en 2008,<sup>(10)</sup> concordamos que las muestras en las que no se ocupó irrigación (y sin alginato) a los 4 min; la temperatura se acercó a los 10°C, en su estudio sobrepasó esta temperatura, sin embargo en el nuestro, no sobrepasó los 10°C, debido a que el procedimiento no se realizó dentro del conducto.

## CONCLUSIÓN

La irrigación durante los procedimientos endodónticos es importante, a pesar de que este estudio midió la generación de calor durante el acceso endodóntico, se encontró que aun en un procedimiento inicial como este, la temperatura alcanzó 9.49°C en el grupo de activación con ultrasonido sin irrigación, a una potencia media, durante 4 min. Por lo tanto, durante la práctica se debe concientizar y promover el uso de irrigantes durante este tipo de procedimientos y no subestimarlos por parecer no tan invasivos.

Después de este estudio, consideramos que, para apreciar si la generación de calor y aumento de temperatura demostrada sin irrigación, realmente tiene efectos en los tejidos periodontales, como inflamación, se pueda realizar otro estudio, aumentando la muestra y realizándolo *in vivo*, aunado a cortes histológicos.

## ANEXOS

### ANEXO 1

### Instructivo de ultrasonido P5 BOOSTER SATELEC

#### Suprasson® P5 Booster

#### PRESENTACIÓN

El Suprasson P5 BOOSTER de SATELEC es un generador de ultrasonidos para las principales aplicaciones dentales: detartraje y tratamientos endodóncicos.

#### DESCRIPCIÓN TÉCNICA

**a) Parte frontal:** Interruptor de Puesta en Marcha/Parada y de regulación de potencia por zonas de colores: 1 a 3: verde: potencia baja; 4 a 6: amarillo: potencia media; 7 a 10: azul: potencia alta; 10 a 14: naranja: potencia muy alta. Indicador de conexión. Regulador de spray. Soporte de pieza de mano. Cable de pieza de mano

**b) Parte posterior:** Manguera de agua. Filtro de agua. Cable pedal. Cable red + tierra funcional (según modelo). Grifo de regulación del caudal del agua

**c) Características técnicas:** Alimentación: 110V~ - o 220/230V~ - 50/60 Hz Equipo de clase II, Tipo BF. Servicio intermitente 5 min / 10 min. Potencia máxima consumida: 40 VA. Frecuencia de las vibraciones: 27 a 33 KHz. Presión de agua: 1 a 5 bars (14,5 a 73 PSI). Filtro de agua: del orden de 60 µm.

Dimensiones exteriores: Largo: 150 mm Ancho: 155 mm. Alto: 60 mm Peso: 1,2 Kg  
Fabricado en conformidad con los reglamentos y las normas vigentes (dispositivos médicos CE 93/42/CEE).

**Mantenimiento del aparato:** La caja del Suprasson P5 Booster así como el cordón de la pieza de mano deben ser limpiados y desinfectados (alcohol y/o toallitas desinfectantes).

**Eliminación y recuperación:** La eliminación del aparato y de sus accesorios debe ser efectuada por un centro de recogida de aparatos electrónicos o reenviándolos al Servicio Post-venta de SATELEC. En ningún caso, el aparato y sus accesorios deberán ser eliminados por el usuario. Al final de su vida, los insertos deberán ser tirados en unos contenedores de seguridad previstos a estos efectos.

**La responsabilidad del fabricante no se compromete en caso:** De no respetar las recomendaciones del fabricante durante la instalación (presión de agua, tensión red). Cuando intervienen o reparan el aparato, personas no autorizadas por el fabricante. Utilización en una instalación eléctrica no conforme con las normas en vigor, Otros usos diferentes a las que se especifican en las instrucciones de este manual. El fabricante se reserva el derecho de modificar el aparato y/o el manual de instrucciones sin previo aviso.

**Contraindicaciones:** Suprasson P5 BOOSTER no debe ser utilizado en presencia de pacientes o practicantes que lleven estimulador cardiaco. Suprasson P5 BOOSTER no debe ser utilizado con accesorios distintos a los que son suministrados por SATELEC. El usuario no debe efectuar reparaciones o modificaciones del aparato sin una autorización previa de SATELEC.

**Introducción:** HT-02D es una cámara termográfica que combina las funciones de medición de temperatura de superficie e imagen térmica en tiempo real. La cámara tradicional medirá cada componente uno por uno, pero este instrumento no necesita hacerlo. HT-02D es fácil de operar. Después de unos segundos puede ser probado.

**Seguridad:** Siga estrictamente este manual para operar nuestro producto. No use nuestro producto bajo la atmósfera explosiva, húmeda o corrosiva.

**Índices de rendimiento:** Pantalla en color de alta resolución y ángulo completo de 2.4". Resolución de imagen infrarroja: 32x32 (1024 píxeles). Resolución de imagen visible: 0.3 megapíxeles. Ángulo de campo / distancia focal más corta: 33x33 /0.5m. Sensibilidad térmica: 0.3°C. Rango de medición de la temperatura: -20°C a +300°C. Precisión de la medición de la temperatura: + - 2° + - 2°C (+ - 2% o + - 4°F). Emisividad: ajustable 0.1-1.0. Frecuencia de captura de imágenes: 6Hz. Rango de longitud de onda: 8-11.5 um. Distancia focal: distancia focal fija. Paleta de colores: rojo hierro, arco iris, arco iris de alto contraste, escala de grises (brillo negro) y escala de grises (brillo blanco). Opción de visión: infrarrojo de 25% paso a imagen visual a infrarrojo y visual. Tarjeta de memoria: tarjeta Micro SD de 4 GB. Formato de archivo: bmp. Fuente de alimentación: batería AA x 4. Duración de la batería: 6 horas. Tiempo de apagado automático: 12 minutos. Autenticación: CE (EN61326-1: 2006). Dimensión del producto (L \* W \* H): 212 mm \* 95 mm \* 62 mm. Peso: 320g. Período de garantía: 1 año. Temperatura de funcionamiento: -5°C a + - 40°C. Temperatura de almacenamiento: -20°C a + - 50°C. Humedad relativa: 10% de humedad relativa a 80% de humedad relativa

**Estructura:** pantalla a color de alta definición TFT. Tecla de inicio / menú. Tapa de la batería. Seleccionar / ingresar la clave. Tarjeta Micro SD. Sensor de imágenes. Cámara de luz Visual. LED. Clave de captura de imagen. Interfaz para la instalación del trípode.

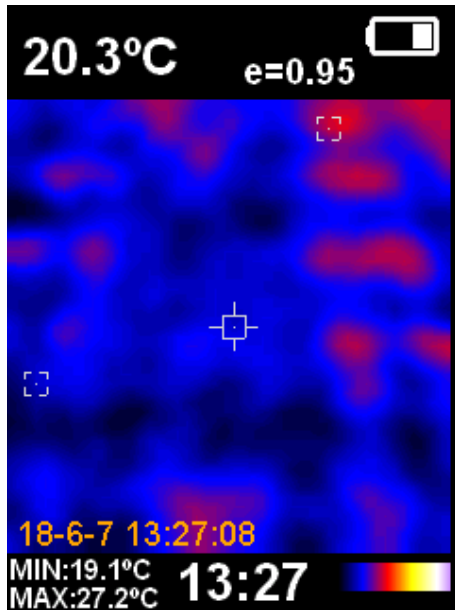
**Medición:** La temperatura medida del centro de píxeles se muestra en la esquina superior izquierda de la pantalla de visualización. La configuración del coeficiente de radiación también se muestra en la esquina superior derecha de la pantalla de visualización. Mueva el producto hasta que el punto caliente o el punto frío coincidan con el centro del píxel. Dirija el producto al objeto cuya temperatura es más alta o más baja que la temperatura circundante para obtener los resultados medidos óptimos.

**Distancia focal:** Este producto es la cámara termográfica focal fija. Esta distancia aplicable es de 50 cm (20 in).

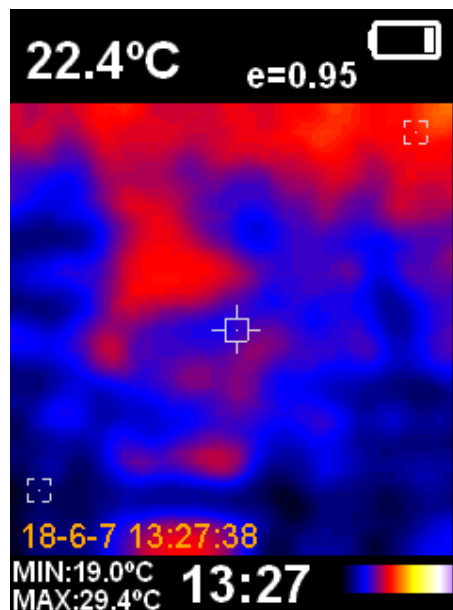
**ANEXO 3**

**Imágenes representativas de cada grupo capturadas por la cámara de imagen térmica infrarroja**

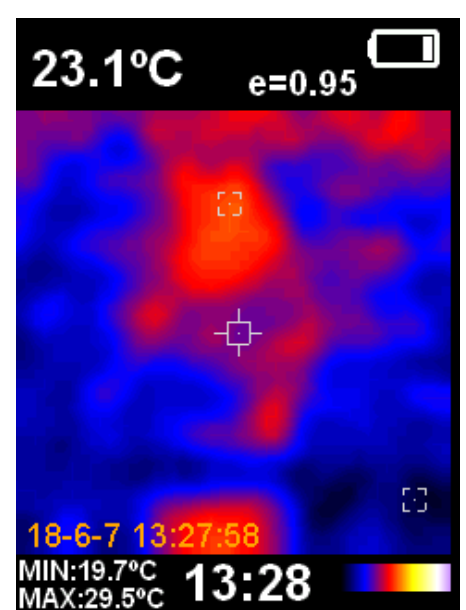
Muestra # 2 del grupo con irrigación y con alginato a los 2 min.



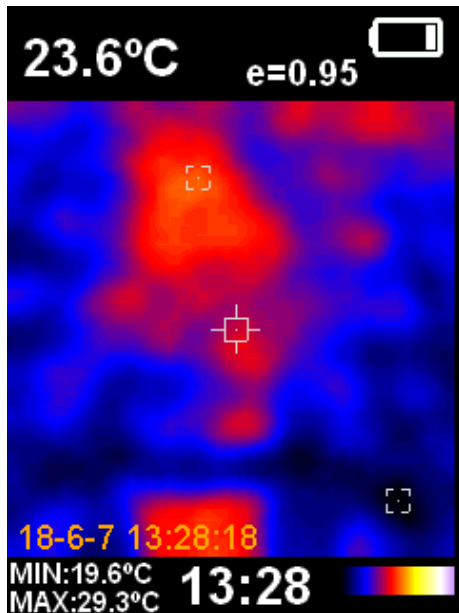
Inicial- segundos antes de la activación



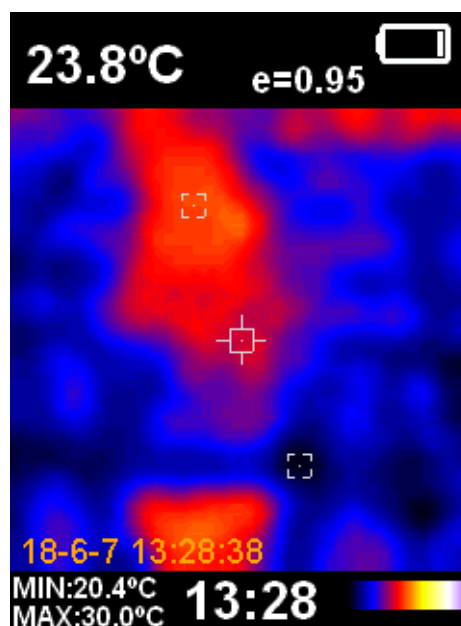
20 s después de la activación



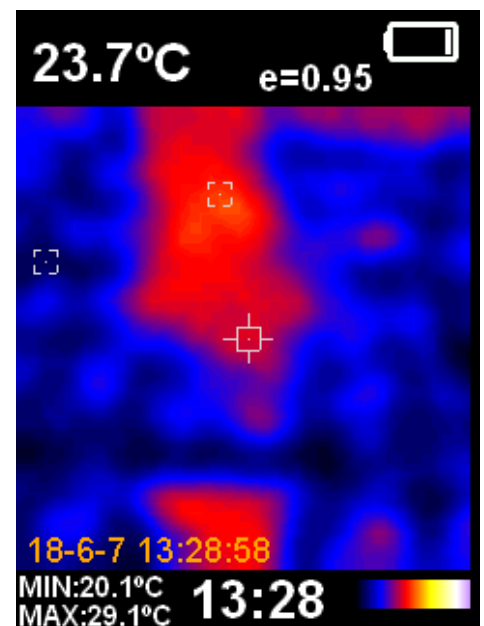
40 s después de la activación



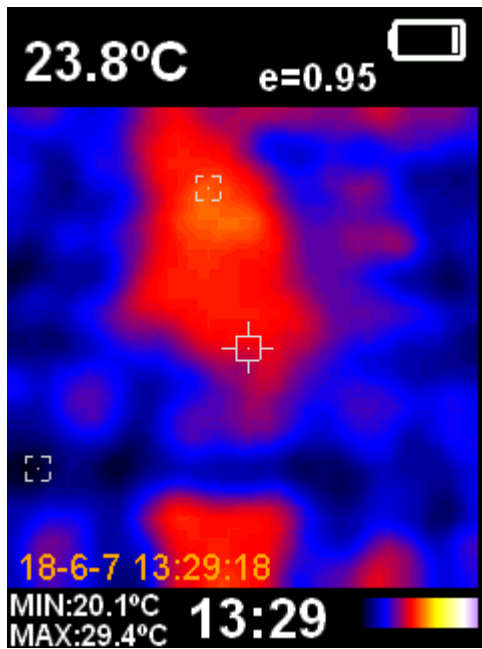
60 s después de la activación



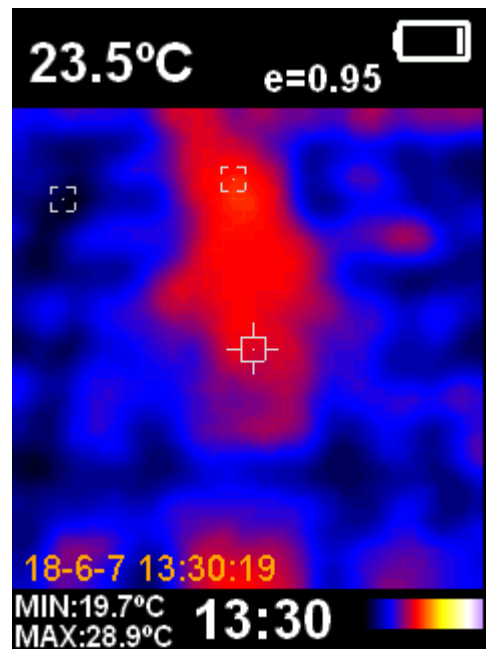
80 s después de la activación



100 s después de la activación

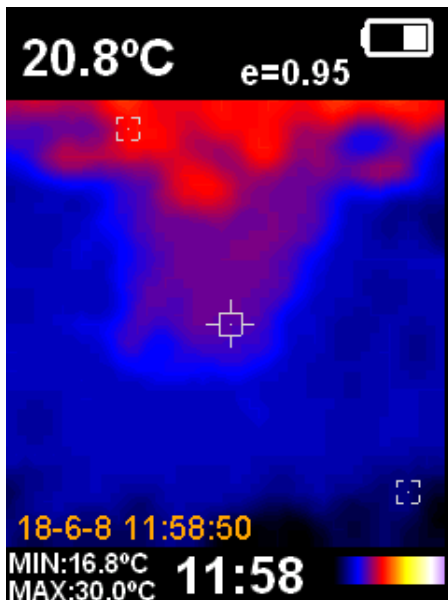


120 s después de la activación

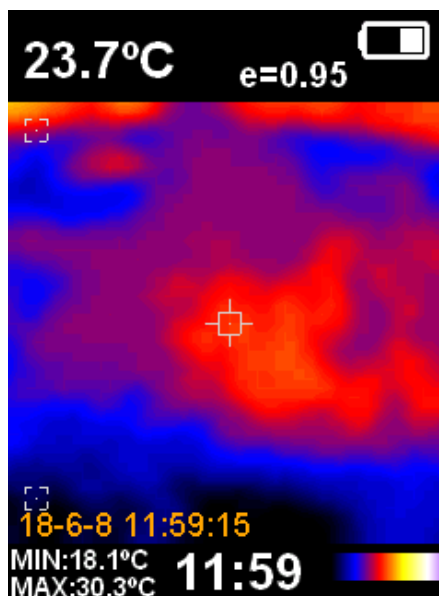


A un min de inactivación

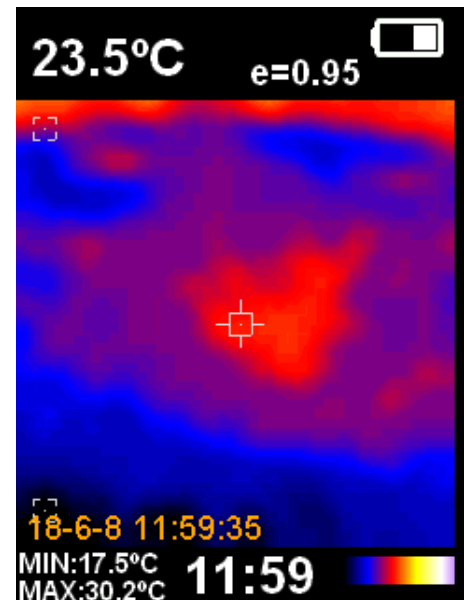
Muestra # 5 del grupo con irrigación y sin alginato a los 2 min.



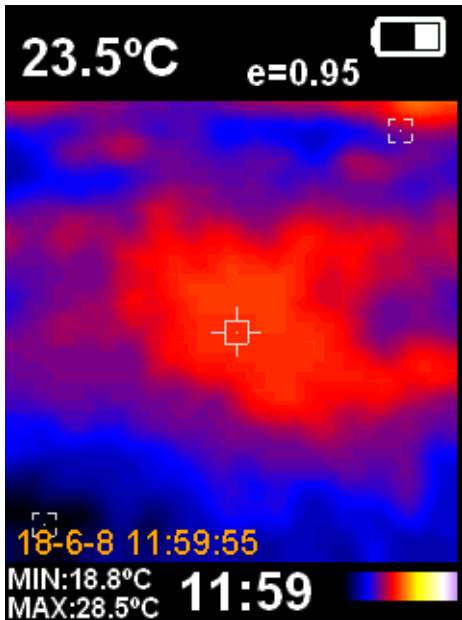
Inicial- segundos antes de la activación



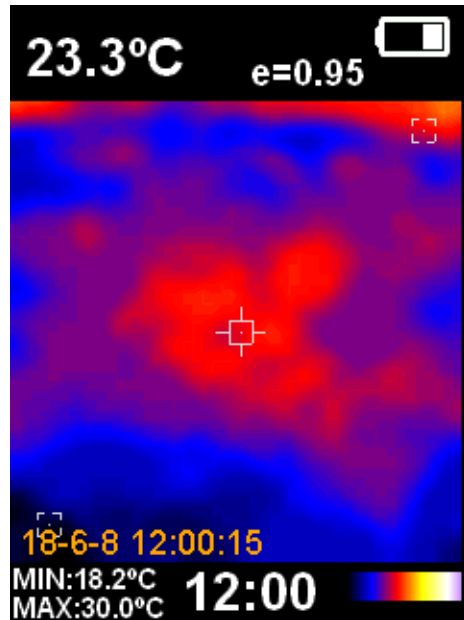
20 s después de la activación



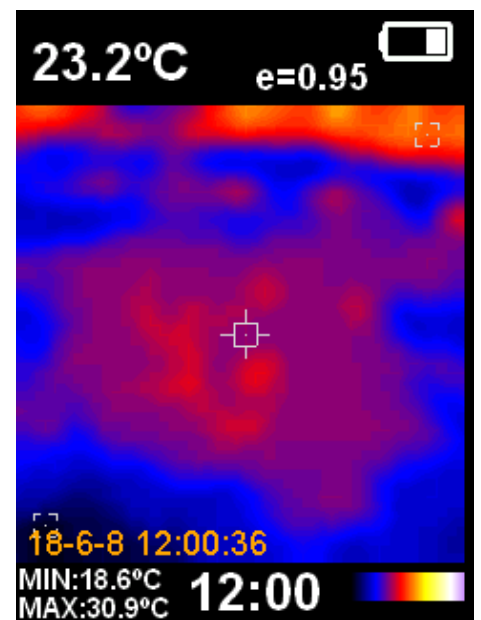
40 s después de la activación



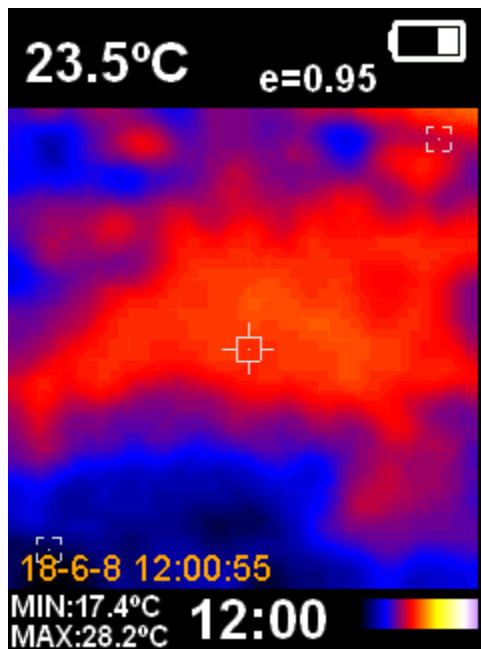
60 s después de la activación



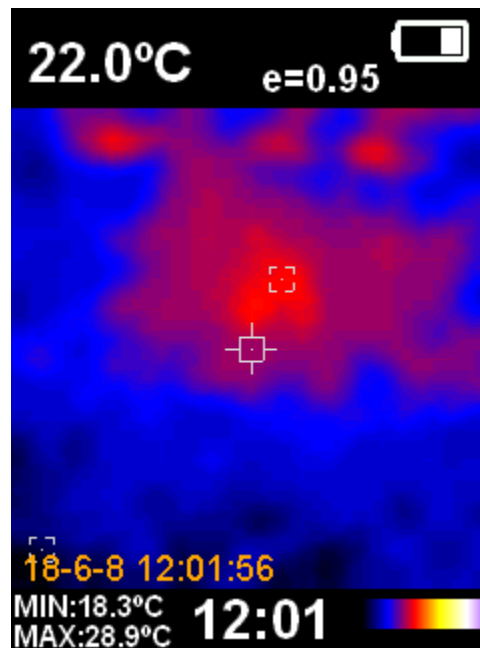
80 s después de la activación



100 s después de la activación

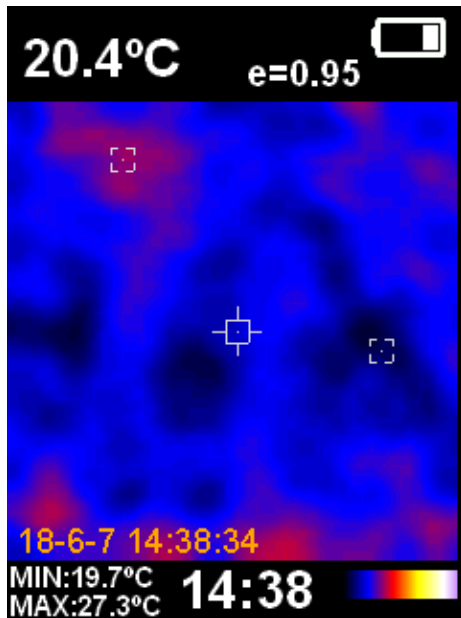


120 s después de la activación

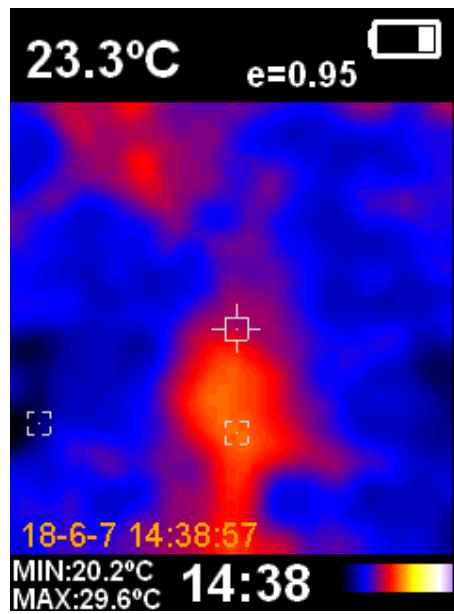


A un min de inactivación

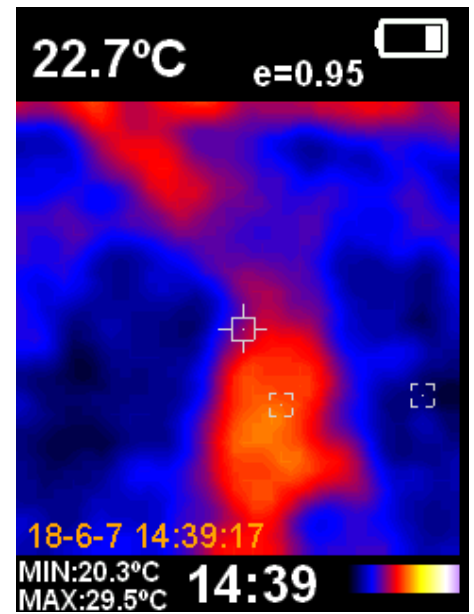
Muestra # 5 del grupo con irrigación y con alginato a los 4 min.



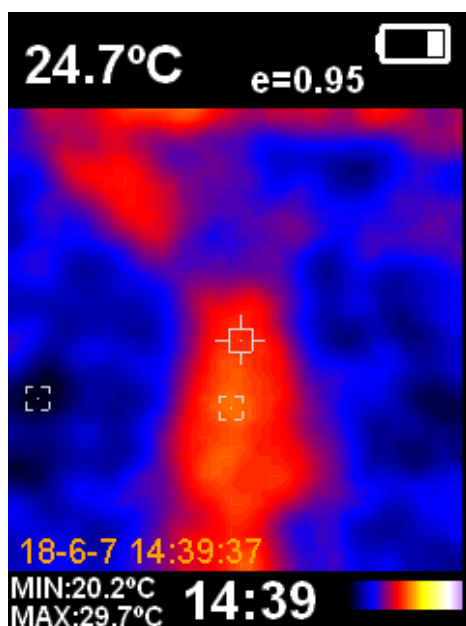
Inicial- segundos antes de la activación



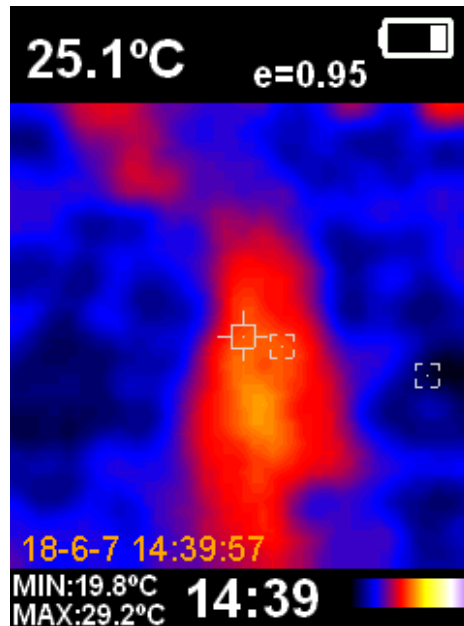
20 s después de la activación



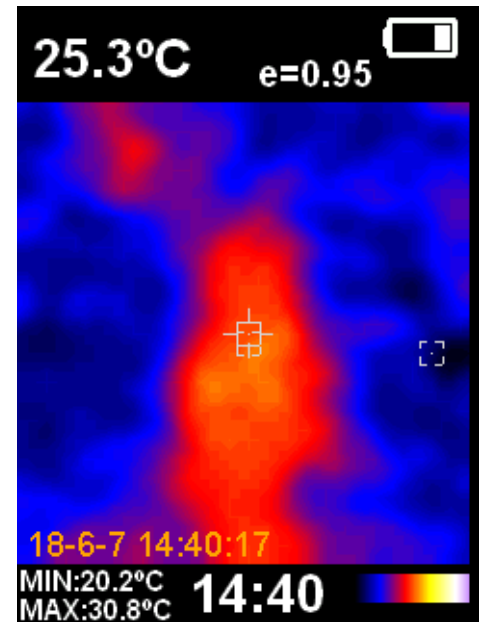
40 s después de la activación



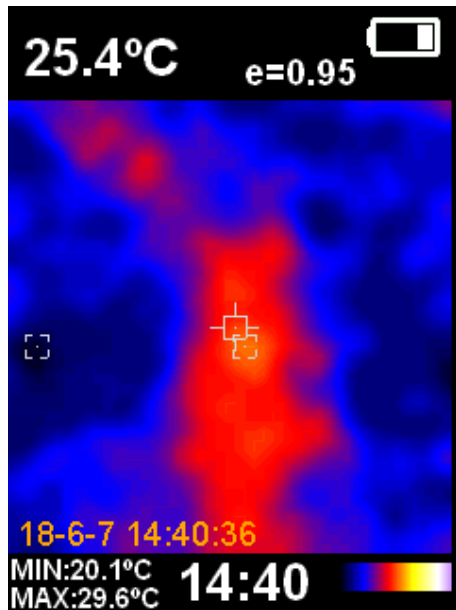
60 s después de la activación



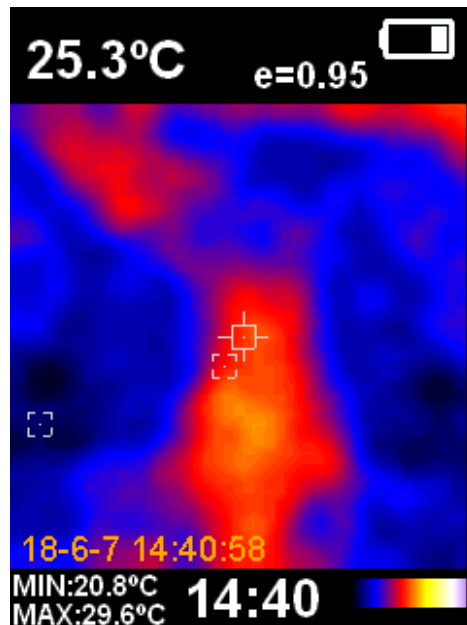
80 s después de la activación



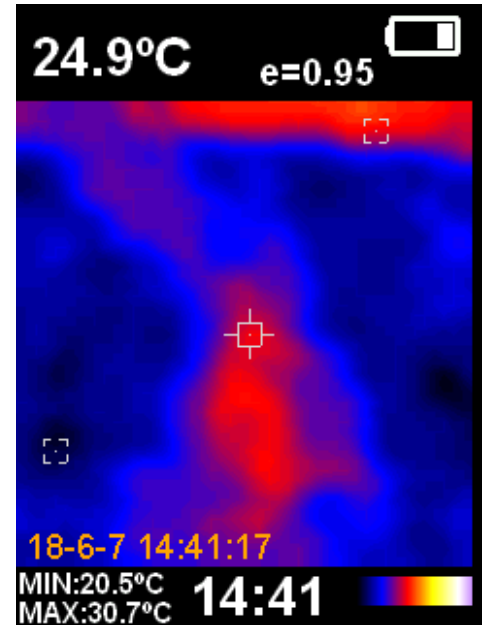
100 s después de la activación



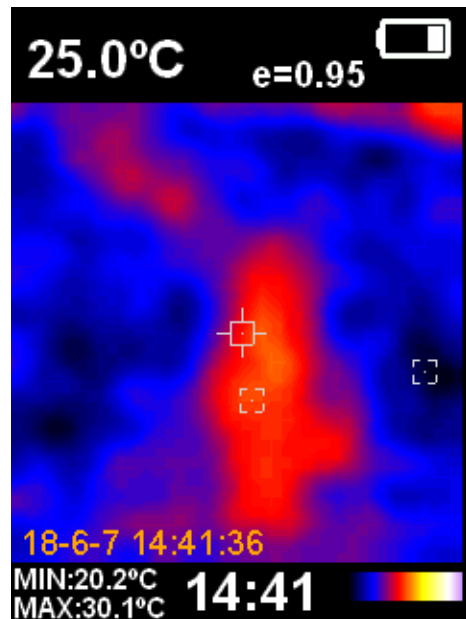
120 s después de la activación



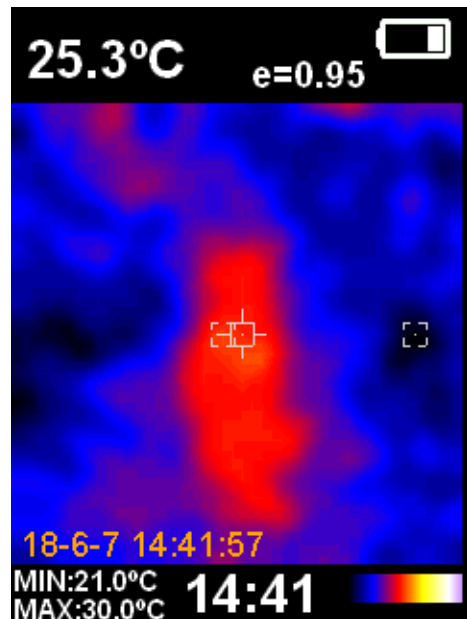
140 s después de la activación



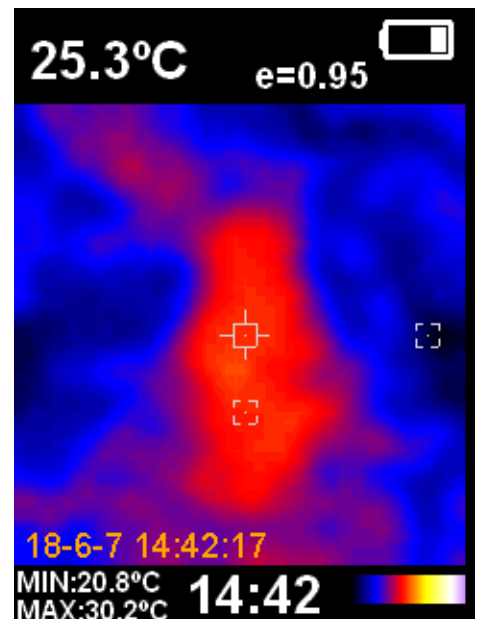
160 s después de la activación



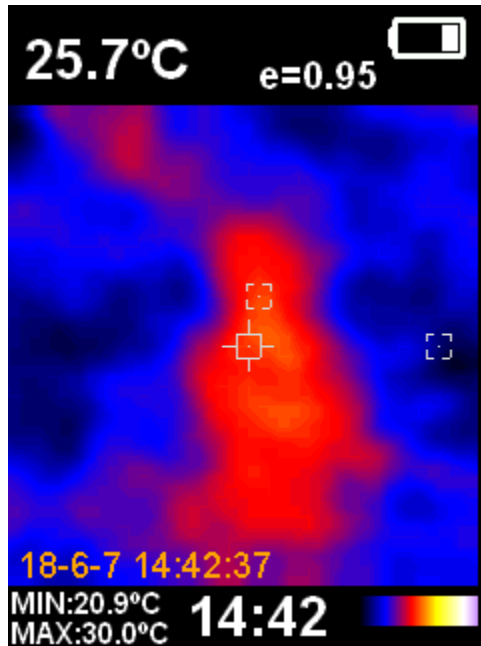
180 s después de la activación



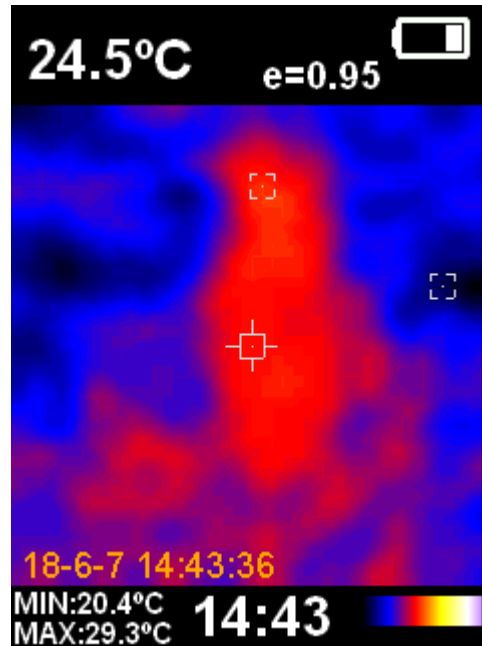
200 s después de la activación



120 s después de la activación

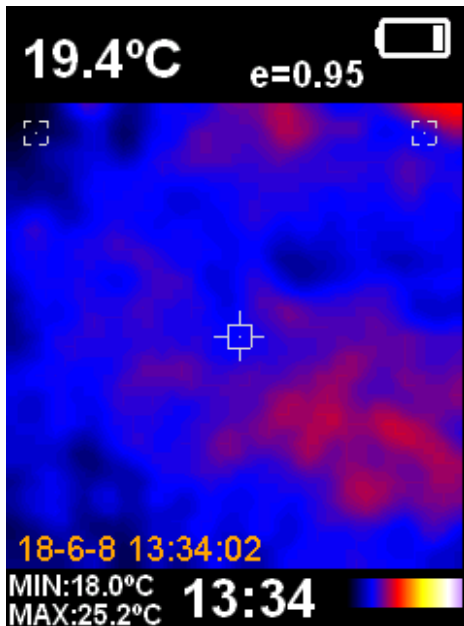


240 s después de la activación

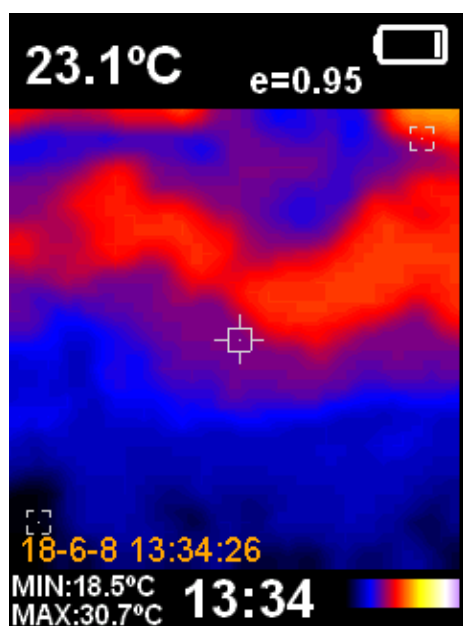


A un min de inactivación

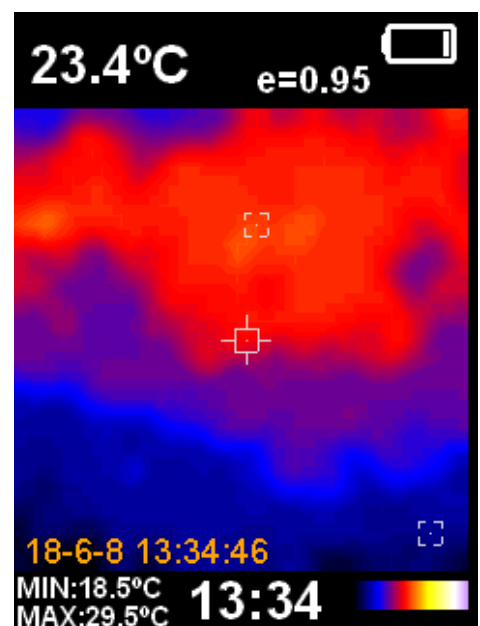
Muestra # 4 del grupo con irrigación y sin alginato a los 4 min.



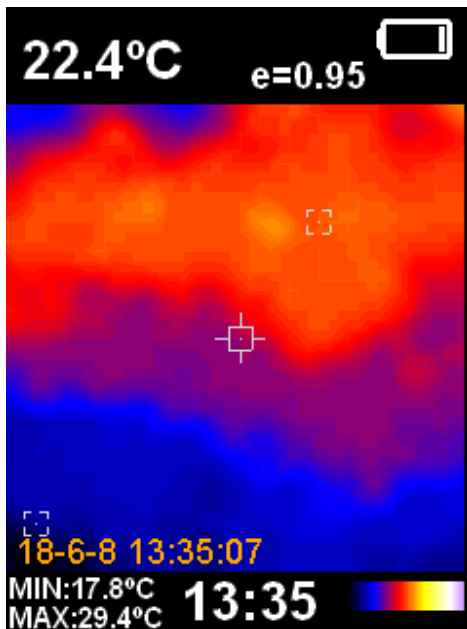
Inicial- segundos antes de la activación



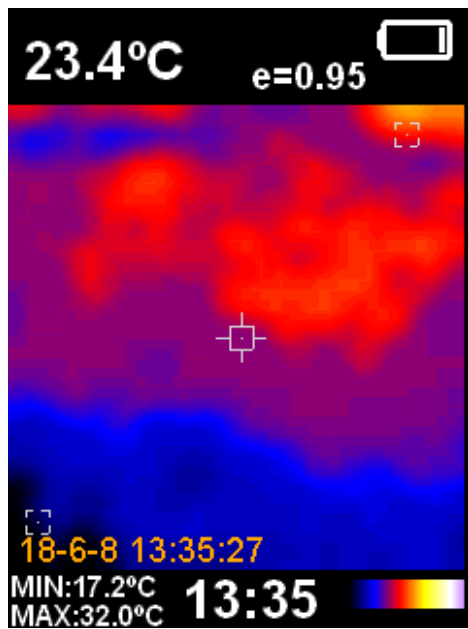
20 s después de la activación



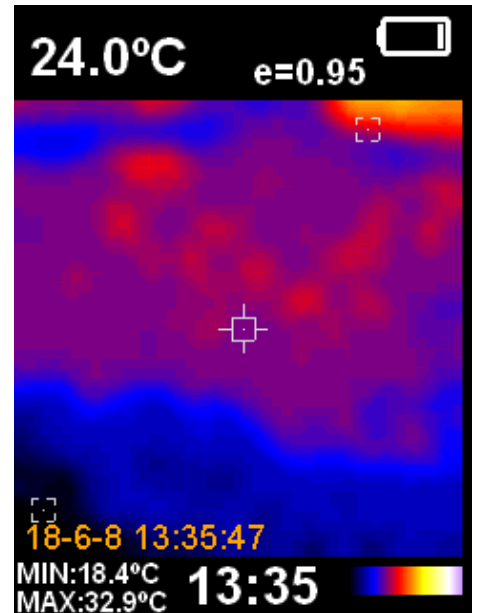
40 s después de la activación



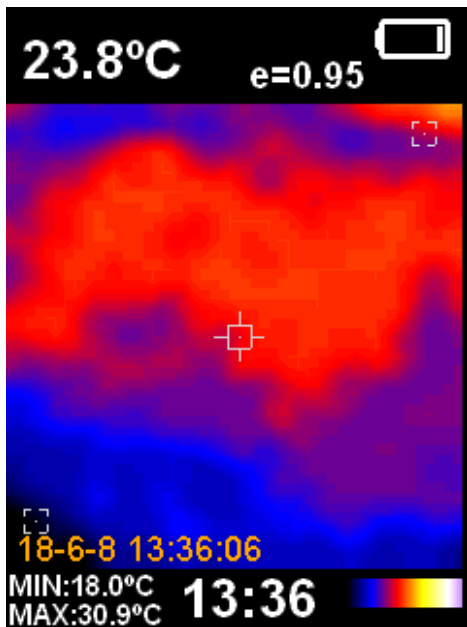
60 s después de la activación



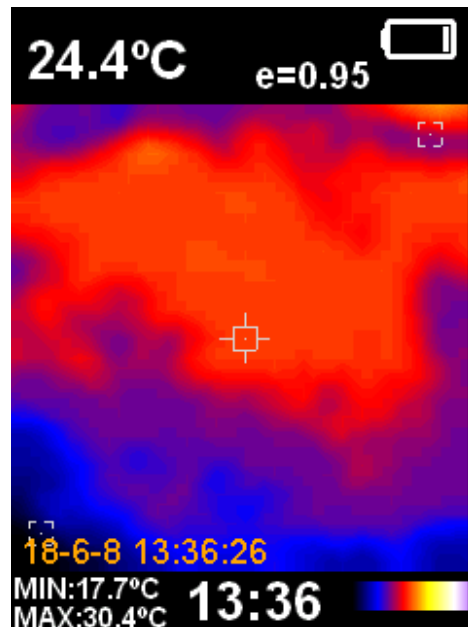
80 s después de la activación



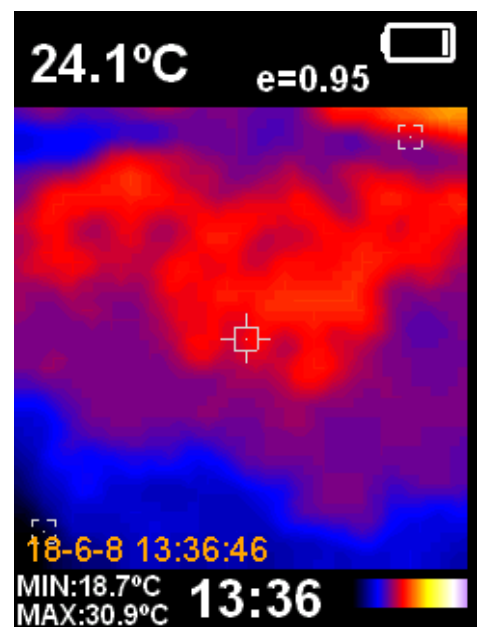
100 s después de la activación



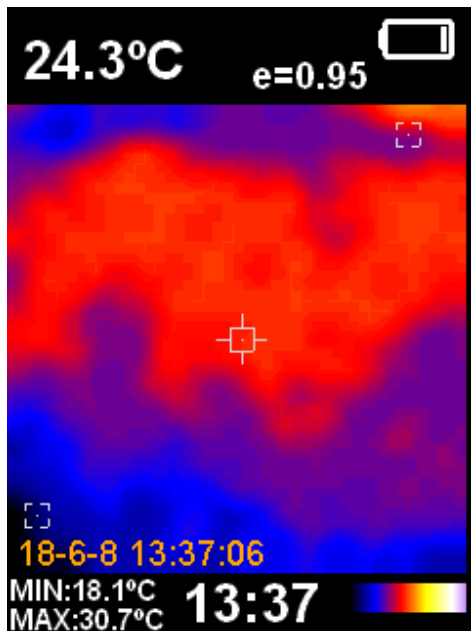
120 s después de la activación



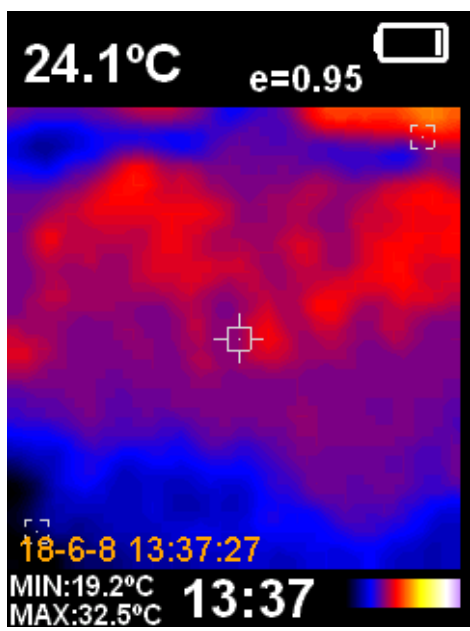
140 s después de la activación



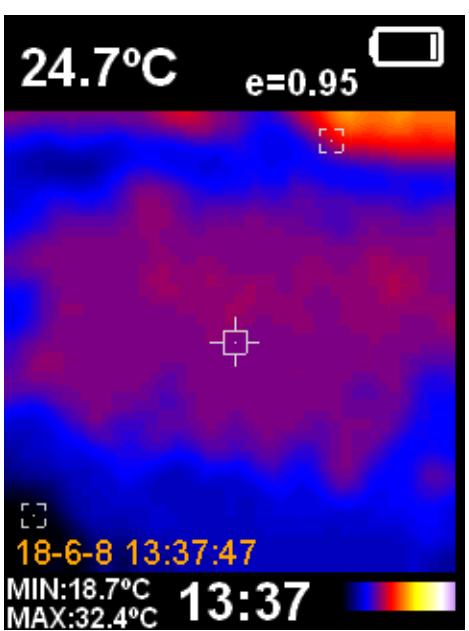
160 s después de la activación



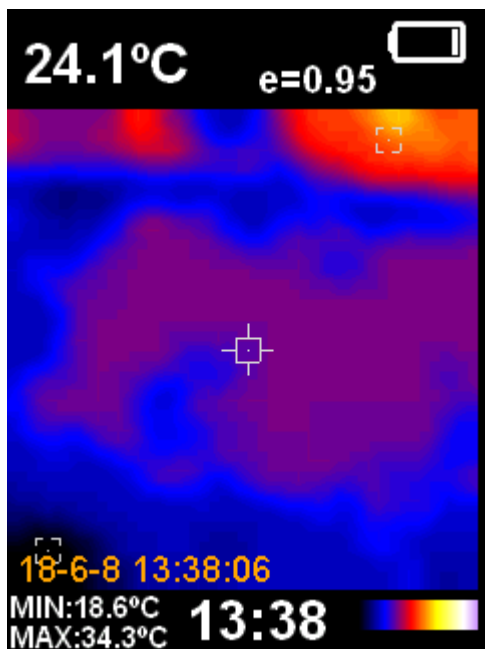
180 s después de la activación



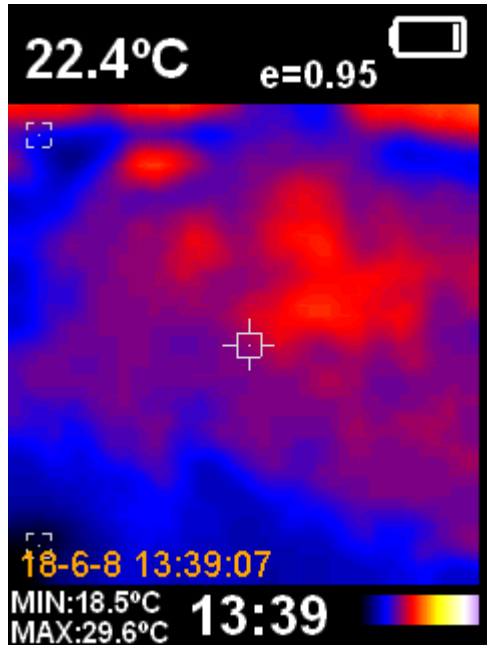
200 s después de la activación



220 s después de la activación

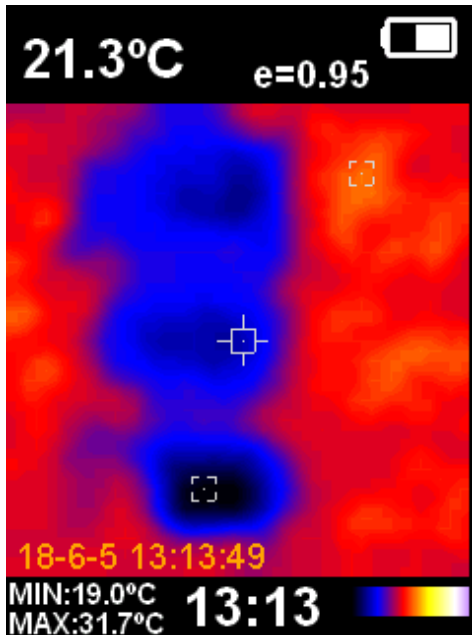


240 s después de la activación

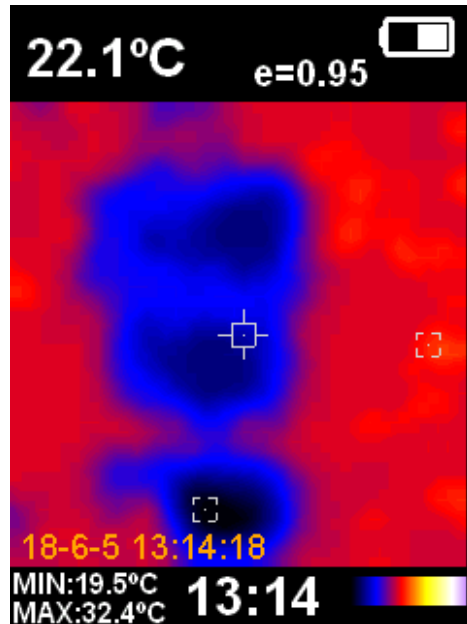


A un min de inactivación

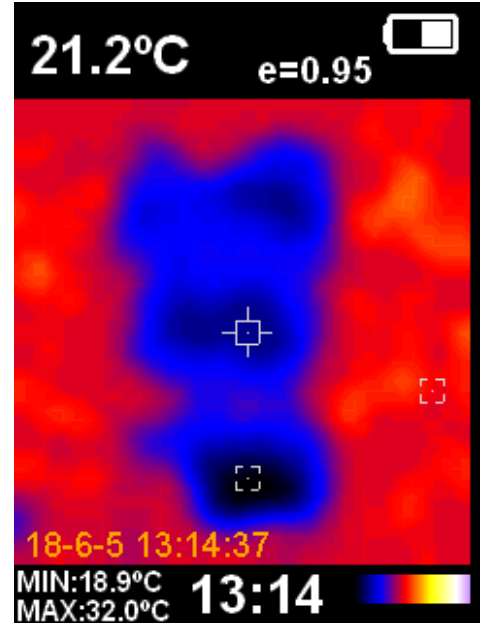
Muestra # 8 del grupo sin irrigación y con alginato a los 2 min.



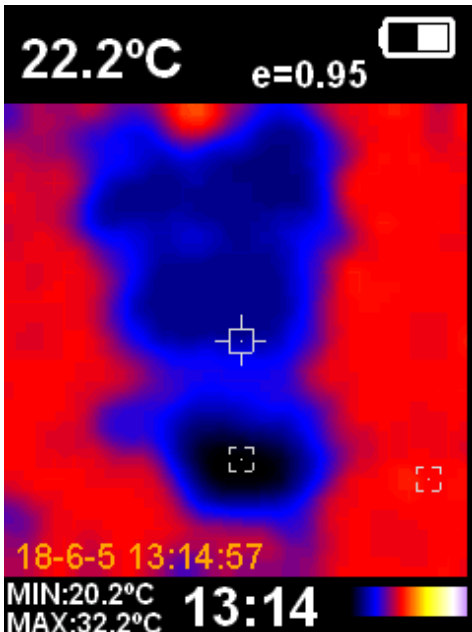
Inicial- segundos antes de la activación



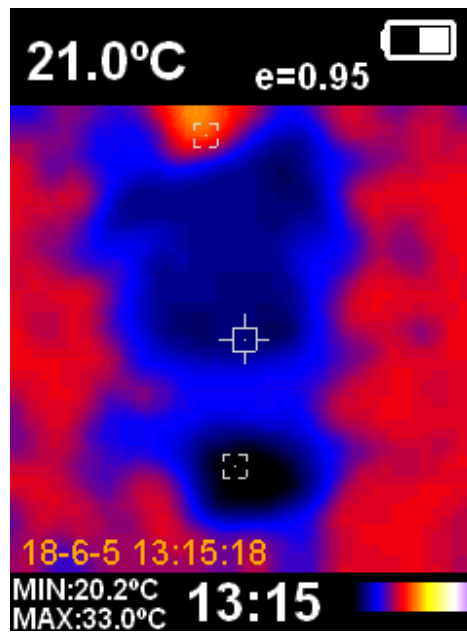
20 s después de la activación



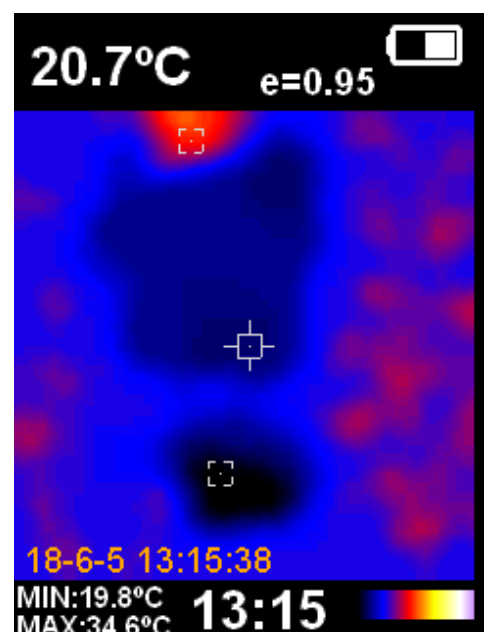
40 s después de la activación



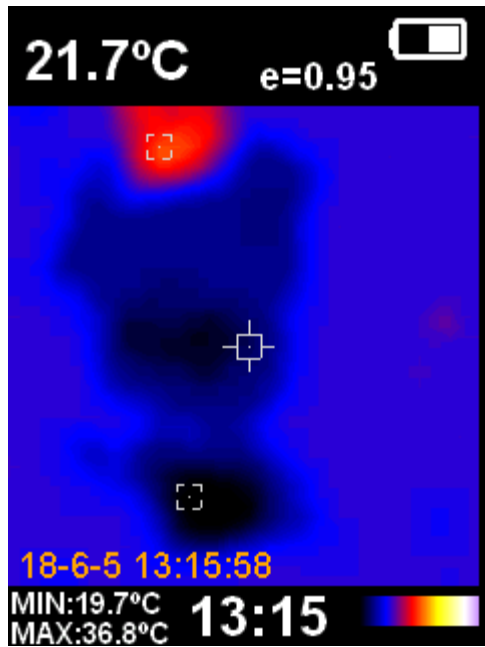
60 s después de la activación



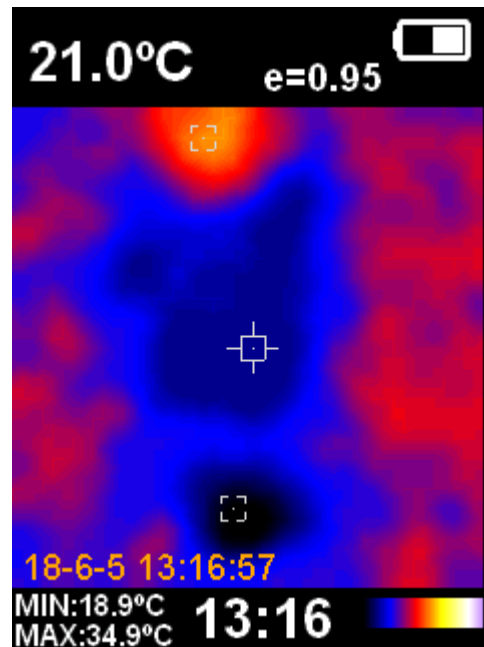
80 s después de la activación



100 s después de la activación

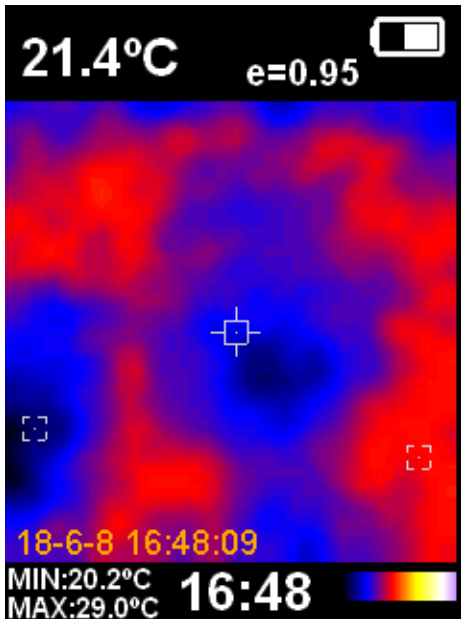


120 s después de la activación

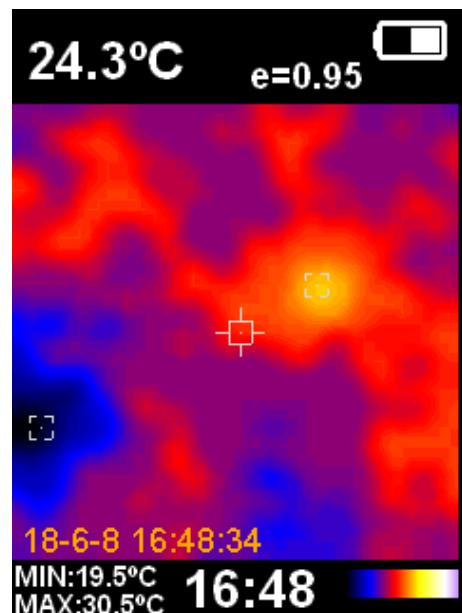


A un min de inactivación

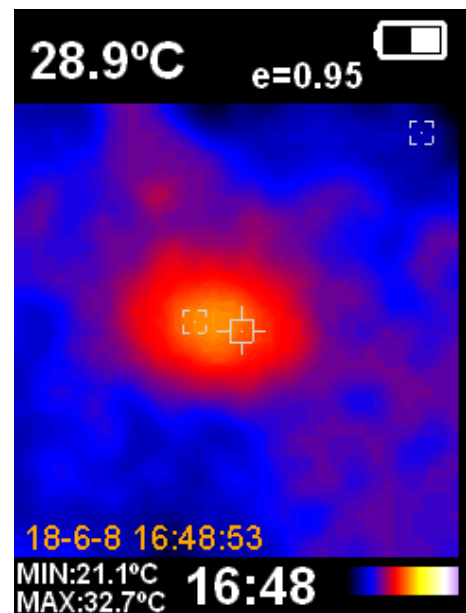
Muestra # 9 del grupo sin irrigación y sin alginato a los 2 min.



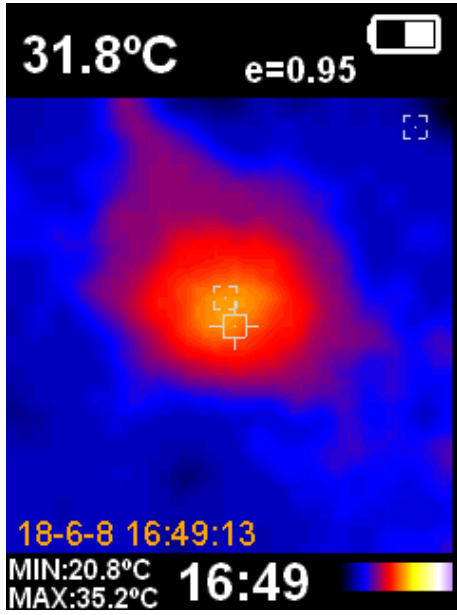
Inicial- segundos antes de la activación



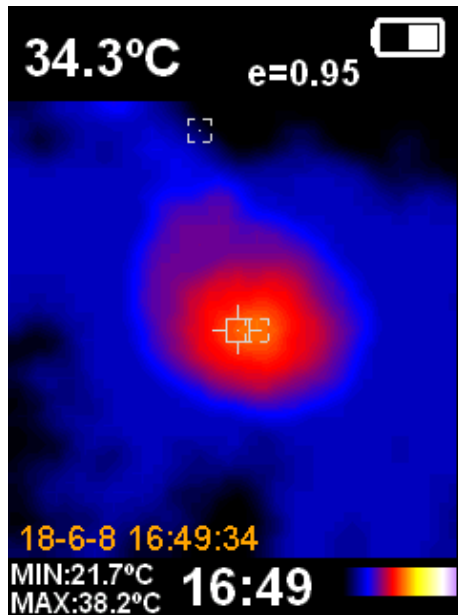
20 s después de la activación



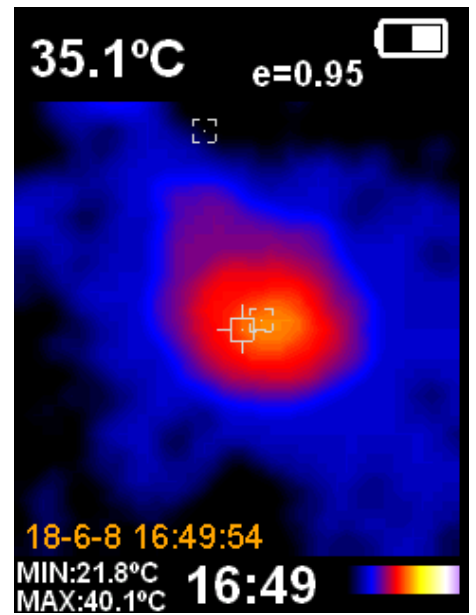
40 s después de la activación



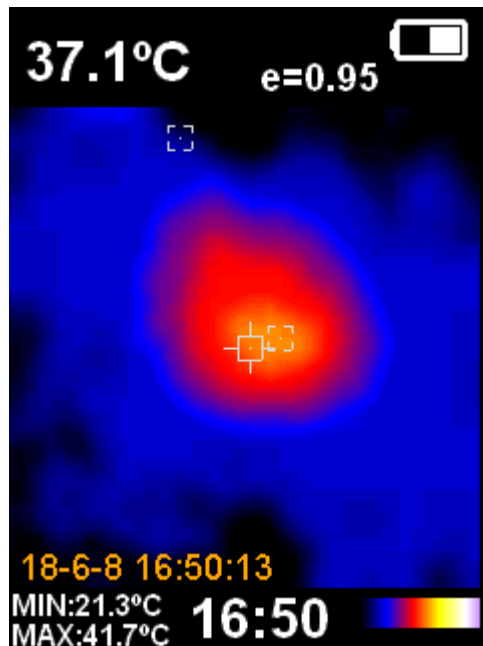
60 s después de la activación



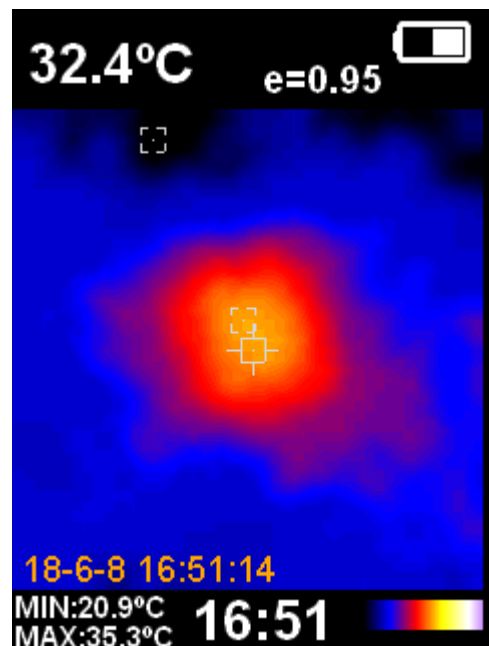
80 s después de la activación



100 s después de la activación

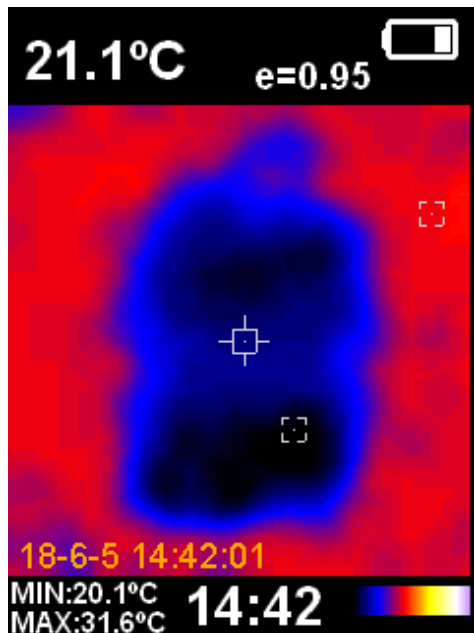


120 s después de la activación

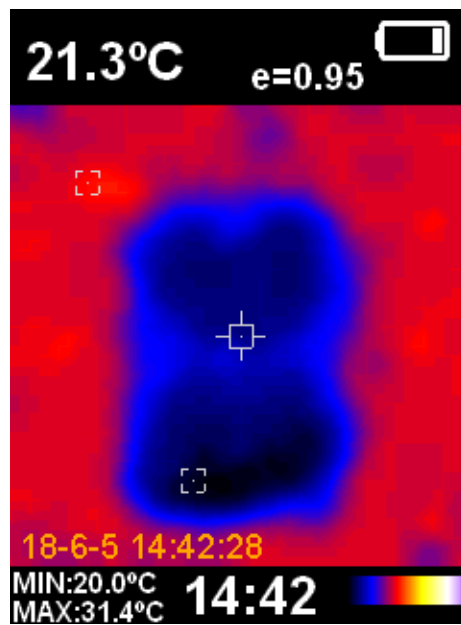


A un min de inactivación

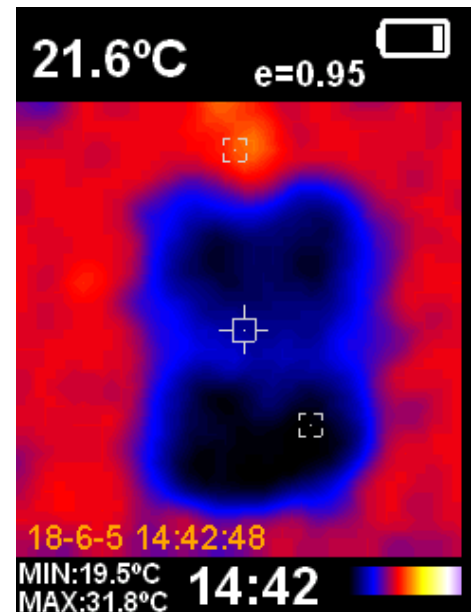
Muestra # 7 del grupo sin irrigación y con alginato a los 4 min.



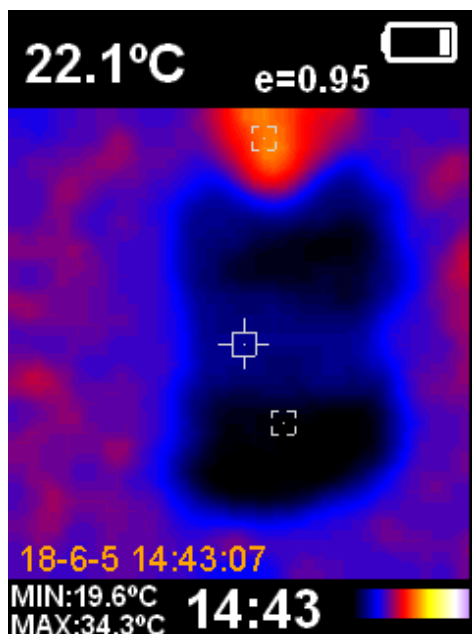
Inicial- segundos antes de la activación



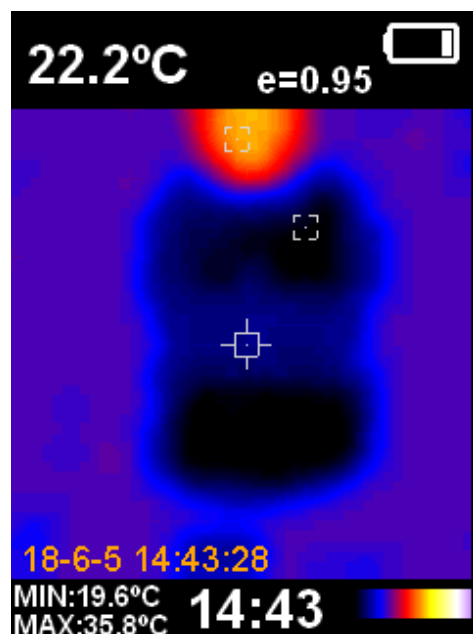
20 s después de la activación



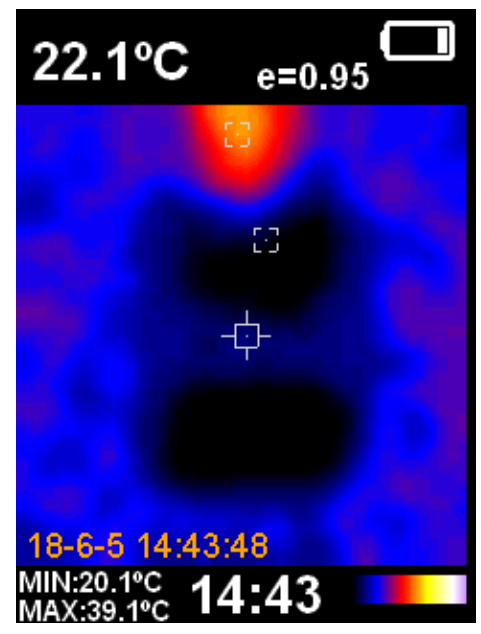
40 s después de la activación



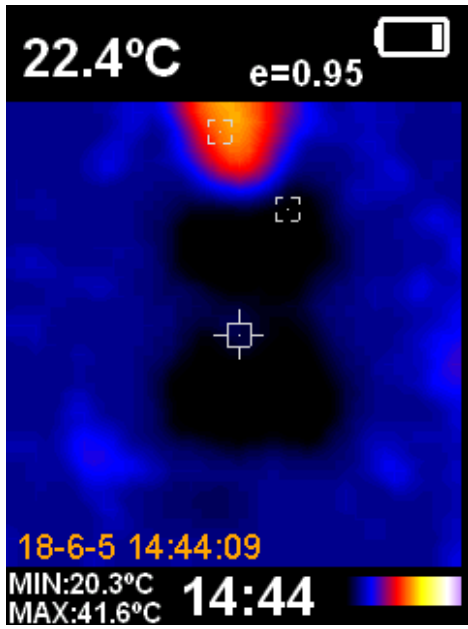
60 s después de la activación



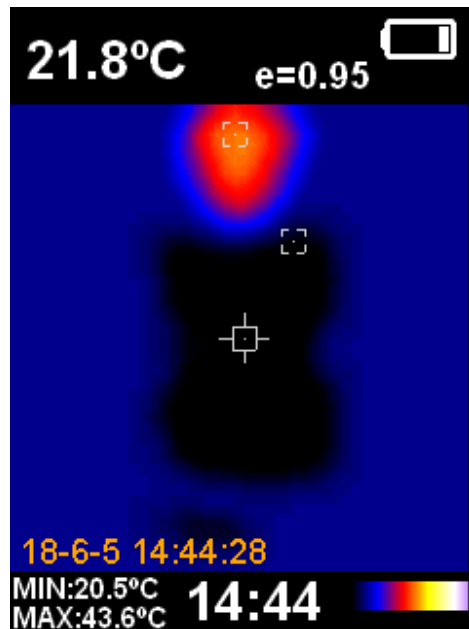
80 s después de la activación



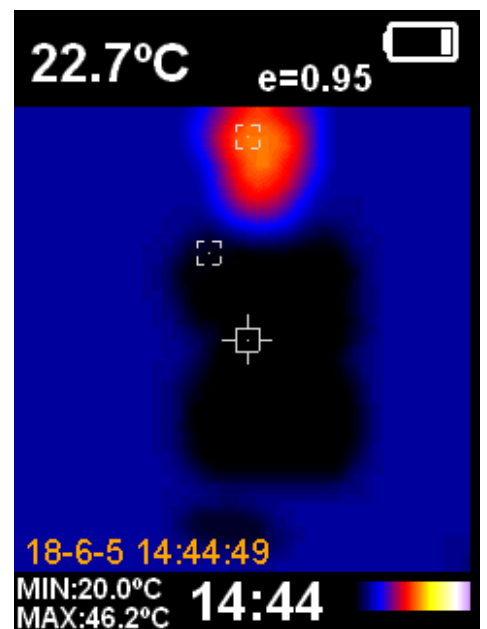
100 s después de la activación



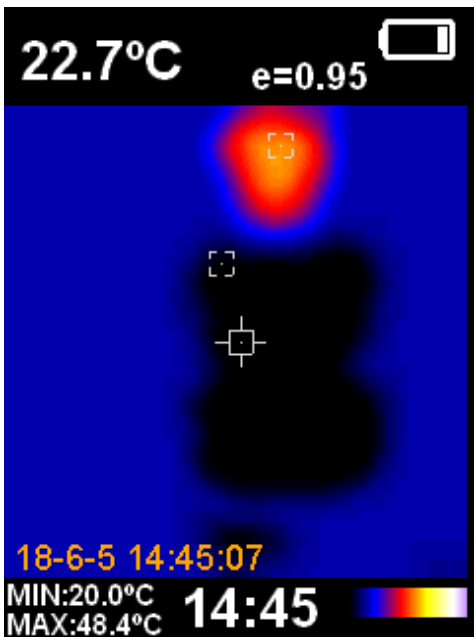
120 s después de la activación



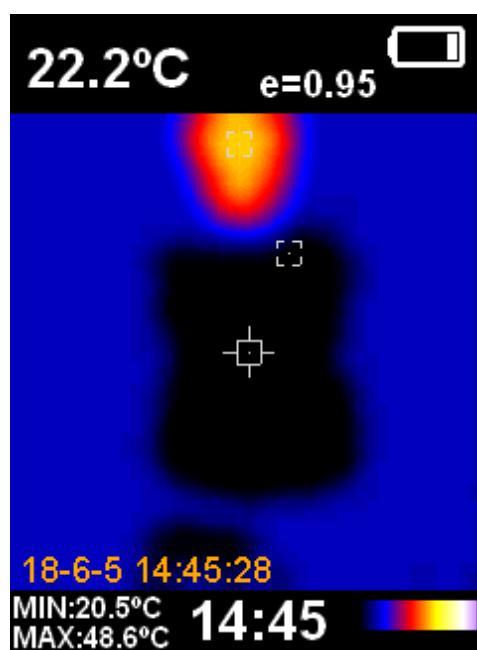
140 s después de la activación



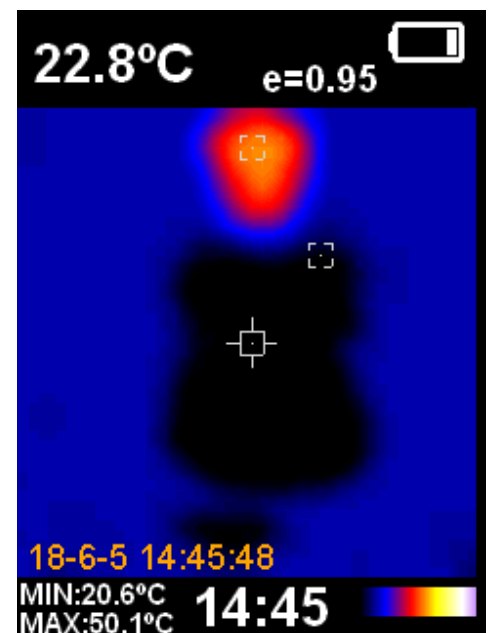
160 s después de la activación



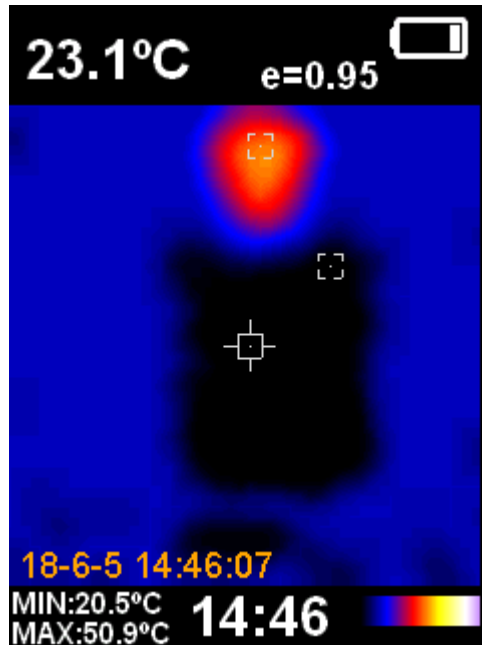
180 s después de la activación



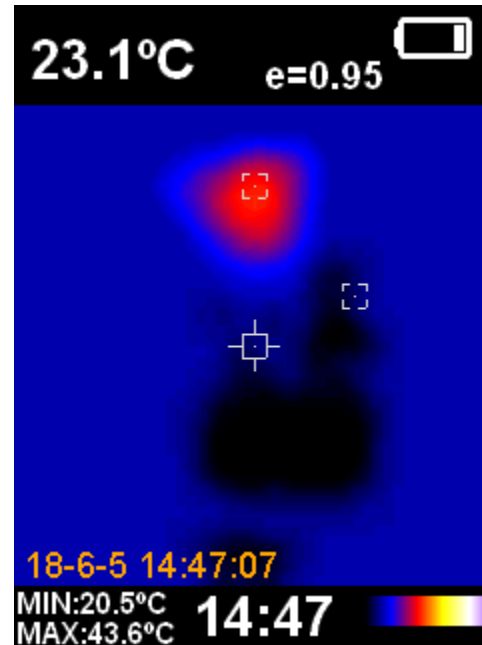
200 s después de la activación



220 s después de la activación

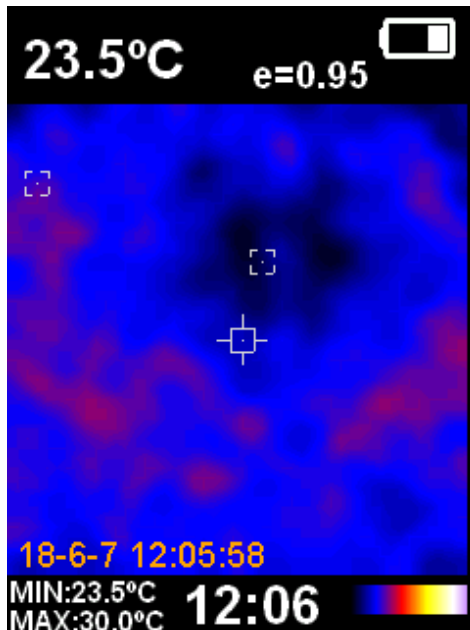


240 s después de la activación

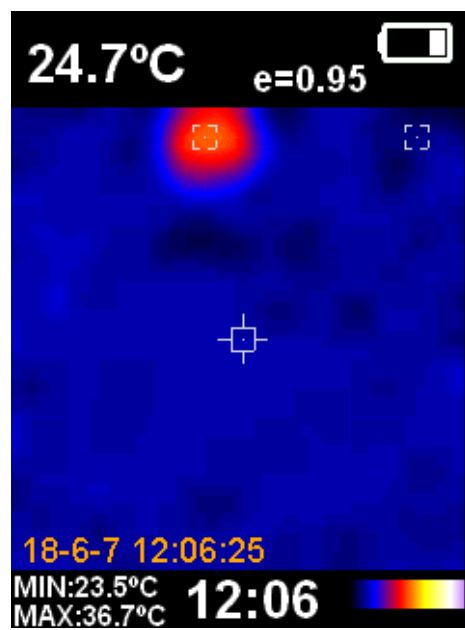


A un min de inactivación

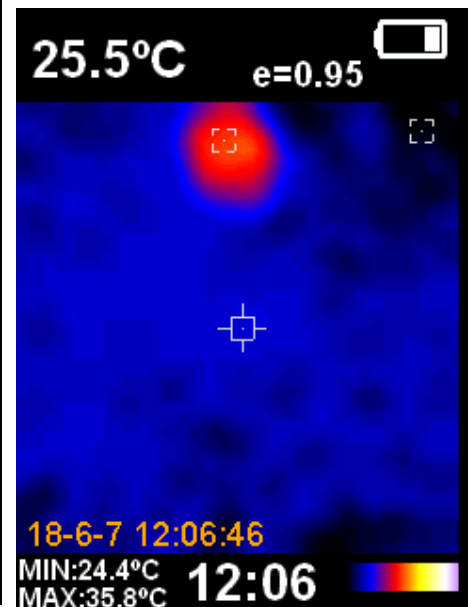
Muestra # 8 del grupo sin irrigación y sin alginato a los 4 min.



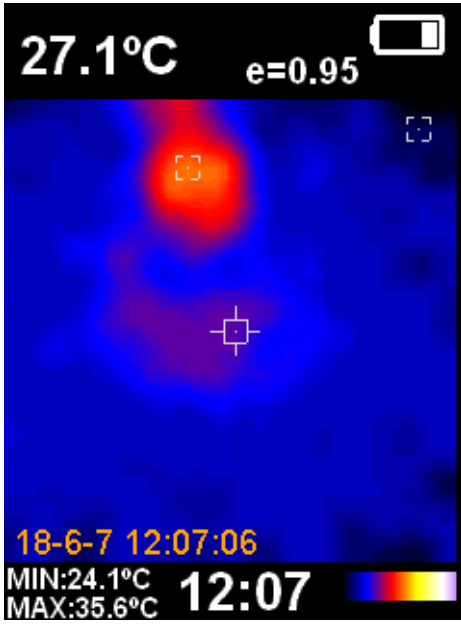
Inicial- segundos antes de la activación



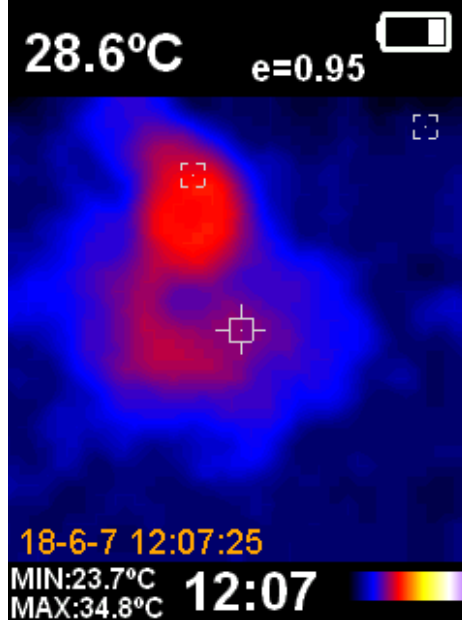
20 s después de la activación



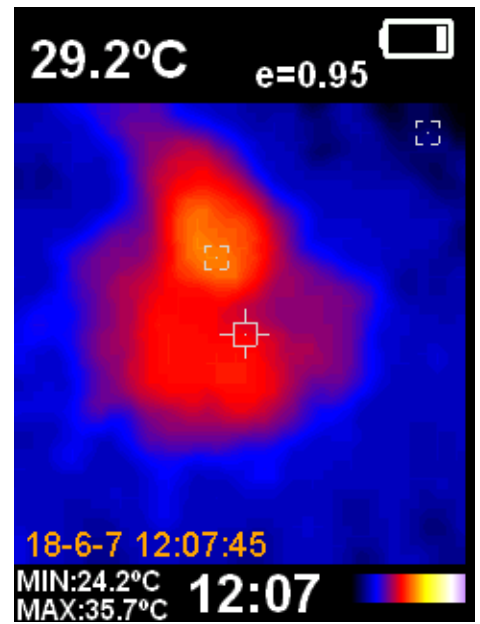
40 s después de la activación



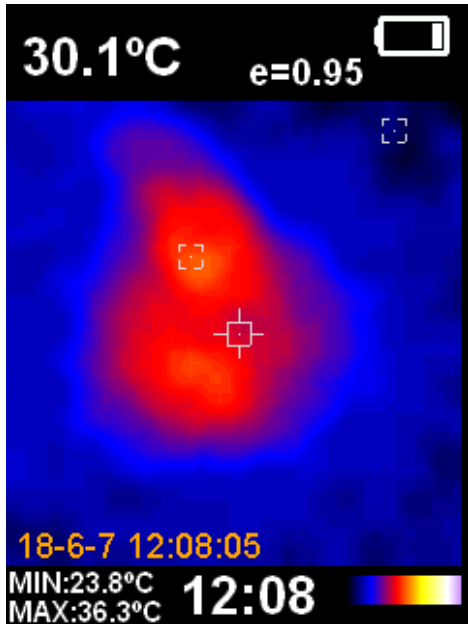
60 s después de la activación



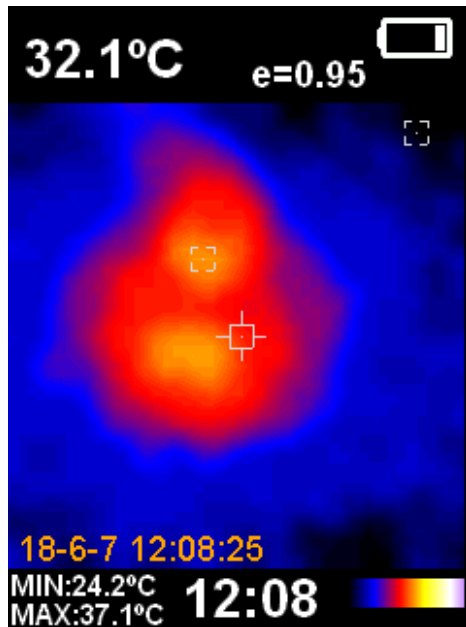
80 s después de la activación



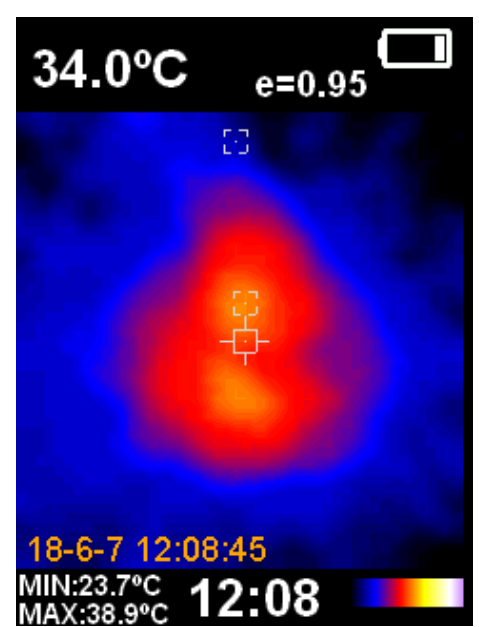
100 s después de la activación



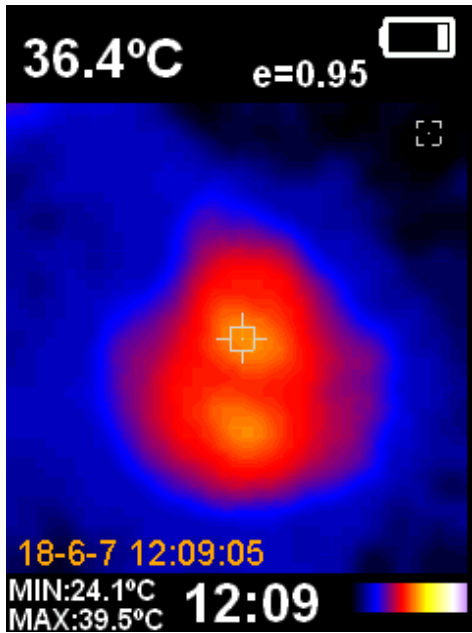
120 s después de la activación



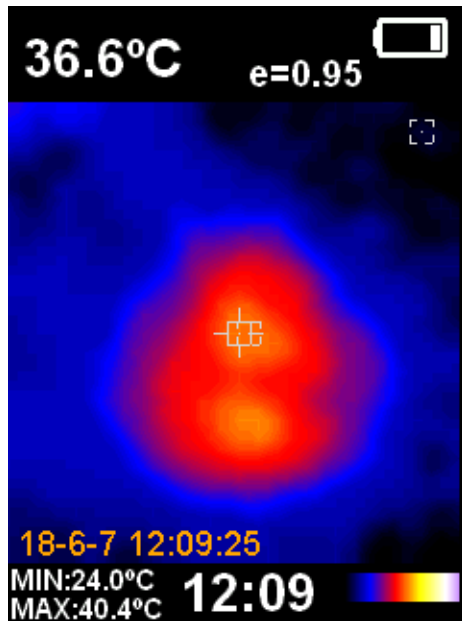
140 s después de la activación



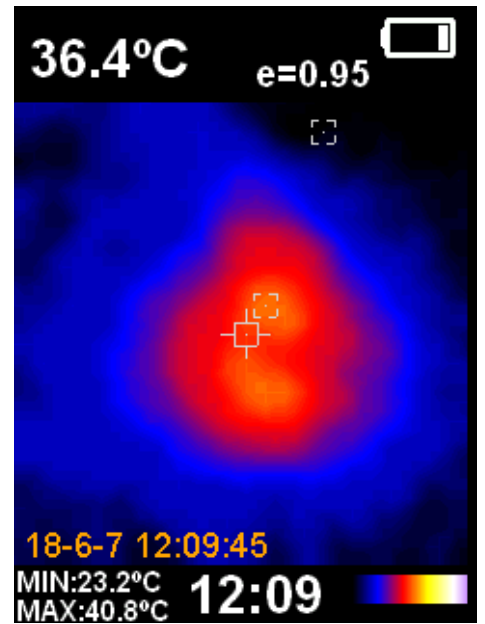
160 s después de la activación



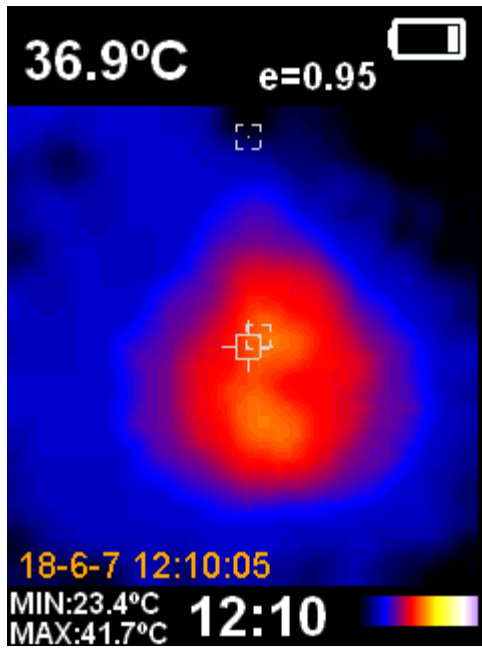
180 s después de la activación



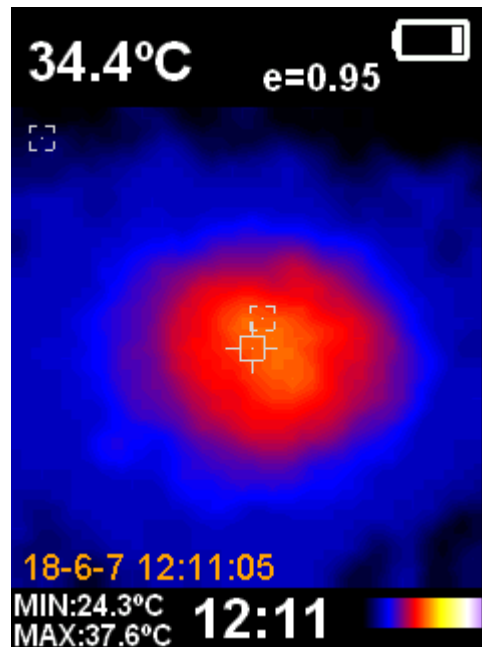
200 s después de la activación



220 s después de la activación



240 s después de la activación



A un min de inactivación

**ANEXO 4****Tablas de recolección de datos**

GRUPO CON IRRIGACIÓN 2 MINS Y CON ALGINATO									
Diente	Temp inicial	20 s	40 s	60 s	80 s	100 s	120 s ( 2min)	Temp a 1 min de inactivación	
1	21.5	22.8	22.8	21.8	22.7	23.5	22.3	22.3	
2	20.3	22.4	23.1	23.6	23.8	23.7	23.8	23.5	
3	21.2	22.00	22.00	22.2	22.8	22.6	22.9	22.5	
4	19.7	20.7	23.8	23.8	24.5	24.6	24.7	23.4	
5	20	22.7	23.7	23.8	24.00	23.8	24.7	23.3	
6	20.3	20.8	20.9	21.4	22.00	21.7	22.3	22.7	
7	19.8	21.4	21.8	22.00	22.5	23	23.1	23.2	
8	20	20.5	21.5	21.3	21.5	22.2	22.2	22.5	
9	19.8	24.1	24.1	24.5	24.4	24.8	24.3	23.3	
10	20.4	24.8	24.7	24.7	24.3	24.2	24.5	23.8	
Temperatura promedio	20.3	22.22	22.84	22.91	23.25	23.41	23.48	23.05	

GRUPO CON IRRIGACIÓN 2 MINS Y SIN ALGINATO									
Diente	Temp inicial	20 s	40 s	60 s	80 s	100 s	120 s ( 2min)	Temp a 1 min de inactivación	
1	20.5	23.6	23.2	23.4	23.6	23.5	23.4	22.1	
2	20.8	22.9	24.1	23.5	23.2	23.3	23.4	21.7	
3	18.3	22.1	23.1	23.1	23	22.7	22.7	20.8	
4	20.3	24.9	23.8	24.3	24.1	24.1	24.1	22.1	
5	20.8	23.7	23.5	23.5	23.3	23.2	23.5	22	
6	20.9	24.1	23.4	23.8	23.3	23	22.7	20.9	
7	19.8	21.3	21.8	22.3	23.1	22.6	22.5	20.7	
8	19.7	24	22.7	23.3	22.5	22.3	22.2	20.8	
9	20.1	23.7	23.2	22.3	22	21.4	22	22.3	
10	20.3	24.1	23.2	23.2	23	22.7	22.1	21.2	
Temperatura promedio	20.15	23.44	23.20	23.27	23.11	22.88	22.86	21.46	

GRUPO SIN IRRIGACIÓN 2 MINS Y CON ALGINATO									
Diente	Temp inicial	20 s	40 s	60 s	80 s	100 s	120 s ( 2min)	Temp a 1 min de inactivación	
1	20	20.9	21.4	20.8	21.4	21	21	21.1	
2	22.8	22.6	22.4	22.8	22.4	21.3	21.4	21.2	
3	22.3	22.8	21.4	22.7	22.4	22.9	22.1	20.8	
4	20.9	21.7	21.8	21.5	21.4	22.1	21	21	
5	21.1	21	20.7	20.7	20.8	22.6	20.2	21.8	
6	22.2	22	22.1	21.7	22.5	22.2	22.2	22.2	
7	21	22.6	22.7	21.5	20.8	20.5	20.8	20.1	
8	21.3	22.1	21.2	22.2	21	20.7	21.7	21	
9	20.7	22.7	24.7	27.7	28.4	27.4	31.1	29.4	
10	20.8	22.3	23	24.8	24.9	27.7	29.1	26.8	
Temperatura promedio	21.31	22.07	22.14	22.64	22.6	22.84	23.06	22.54	

GRUPO SIN IRRIGACIÓN 2 MINS Y SIN ALGINATO									
Diente	Temp inicial	20 s	40 s	60 s	80 s	100 s	120 s ( 2min)	Temp a 1 min de inactivación	
1	23.7	23.5	24	23.8	23.7	24	24.5	24.3	
2	21.4	24.3	24.2	24.2	25.1	25.2	26	25.2	
3	23.8	24.9	25.4	25.5	26.5	27.3	27.5	28.4	
4	23	23.6	24.6	25.4	27.4	27.4	28.3	29	
5	22.7	23.3	23.3	23.7	24.1	25.1	26.1	27.6	
6	23.5	23.4	23.7	23.3	24.4	25.1	26	25.5	
7	23.2	23.7	24.3	24.8	25.8	26.2	26.9	28	
8	23.8	23.7	24.3	24.6	25.8	26.1	25.8	26.3	
9	21.4	24.3	28.9	31.8	34.3	35.1	37.1	32.4	
10	20.9	21.5	21.7	22.1	23	24.2	25.1	26.4	
Temperatura promedio	22.74	23.62	24.44	24.92	26.01	26.57	27.33	27.31	

GRUPO CON IRRIGACIÓN 4 MINS Y CON ALGINATO														
Diente	Temp inicial	20 s	40 s	60 s	80 s	100 s	120 s ( 2min)	140 s	160 s	180 s	200 s	220 s	240 s	Temp a 1 min de inactivación
1	21	21.8	21.5	22.7	24	23	23	23.2	22.6	23.4	23.1	23.4	23.4	24.1
2	20.4	22.3	22.1	22.2	23.2	23.4	23.4	23.4	24	23.8	23.7	24.3	24.1	24.1
3	20.1	20.5	22.4	23.2	20.6	21.5	24.2	24.4	23.4	23.4	23.2	23	25.3	23.7
4	20.6	21.2	22.4	21.1	21.7	21.5	22	23	22.4	22.8	23.4	22.6	23.6	23.5
5	20.4	23.3	22.7	24.7	25.1	25.3	25.4	25.3	24.9	25	25.3	25.3	25.7	24.5
6	20.5	22.1	23.5	23.1	23.8	24	24	24	24.2	24	24.1	24.1	24.3	23.1
7	20.8	25.1	25.3	22.7	25.1	25.3	24.7	25	24.5	25.1	25.2	25	24.8	23.8
8	20.6	25	25.3	24.1	24.7	24.8	25.1	25.1	25.4	25.1	25.3	25	25.3	24.2
9	20	23.2	24.3	23.1	22.9	23	22.9	23.2	23.2	22.8	23.2	23.7	23.7	23.5
10	21.1	22.4	22	22.4	22.7	21.4	23.2	22.7	22.8	22.4	22.6	22.3	22.2	22.2
Temperatura promedio	20.55	22.69	23.15	22.93	23.38	23.32	23.79	23.93	23.74	23.78	23.91	23.87	24.24	23.67

GRUPO CON IRRIGACIÓN 4 MINS Y SIN ALGINATO														
Diente	Temp inicial	20 s	40 s	60 s	80 s	100 s	120 s ( 2min)	140 s	160 s	180 s	200 s	220 s	240 s	Temp a 1 min de inactivación
1	20.2	24.4	24.9	24	23.4	23	23.4	23.3	24	23.7	23.5	23	23.7	20.6
2	20.2	22.7	23.1	23.3	22.7	23	23.1	22.7	22.9	23.3	22.9	22.4	22.9	22.4
3	21.1	22	24	21.8	21	22.9	22	23.3	23	22.3	22.1	22.5	21.7	21.4
4	19.4	23.1	23.4	22.4	23.4	24	23.8	24.4	24.1	24.3	24.1	24.7	24.1	22.4
5	20.7	22.1	22.3	22.5	22.6	23.4	23.7	23.4	23.8	23.1	23.4	24.1	23.8	22.7
6	20.1	24.5	24.4	23.8	23.7	23.4	23.5	23.7	24.1	23.5	23.8	23.1	23.8	23.1
7	20.1	24	22.9	23.1	21.7	22.1	22	21.7	22.6	22.1	19.5	23	22.7	21.4
8	20.8	24.9	24.8	24	22.9	23.4	22.7	21.8	21.4	23	23.3	23.6	22.8	20.8
9	20.8	25.8	23.5	24.9	25	24.3	23.6	23.4	22.7	23.3	23.2	23	23.3	22.6
10	20.2	23.5	22	22.8	22.4	23.2	22.3	23.6	23	22.6	22.3	23.5	21.7	21.4
Temperatura promedio	20.36	23.7	23.53	23.26	22.88	23.27	23.01	23.13	23.16	23.12	22.81	23.29	23.05	21.88

GRUPO SIN IRRIGACIÓN 4 MINS Y CON ALGINATO														
Diente	Temp inicial	20 s	40 s	60 s	80 s	100 s	120 s ( 2min)	140 s	160 s	180 s	200 s	220 s	240 s	Temp a 1 min de inactivación
	21.5	22.3	22	22	22	22.3	21.7	22.2	22.1	21.2	21.8	21.8	24.9	24
	21.1	21.2	20.8	21.2	21.4	21.6	21.3	21.3	21.8	21.8	21.4	21.7	21.5	20.4
	21.6	21.5	20.8	21.7	21.1	21	21.5	22.5	21.8	22.2	22.4	22.2	22.1	23
	21.5	22.4	22.5	21.8	22.1	21.7	22.1	21.8	21.4	21.1	22.8	21.8	21.4	22.1
	21.4	21.3	21.2	22	21.5	21.5	21	21.4	21.7	21.4	21.2	21.1	22.3	21.6
	21.4	21.8	22.4	22.4	22	22.5	21	23	22.7	22.1	22.6	23	21.7	22.5
	21.1	21.3	21.6	22.1	22.2	22.1	22.4	21.8	22.7	22.7	22.2	22.8	23.1	23.1
	21.2	22	20.8	20.5	20.8	22.4	21.1	22.4	22.3	20.5	22.2	22.9	21.5	23.7
	20.6	21.2	22.1	23.1	22.8	23.4	23.1	22.8	23.6	23.6	24.3	24.8	24.8	23.7
	20.8	21.1	22.9	25.8	27.8	27.2	30.9	31.2	34	35.8	34.3	34.2	33.7	29.8
Temperatura promedio	21.22	21.61	21.71	22.26	22.37	22.57	22.61	23.04	23.41	23.24	23.52	23.63	23.7	23.39

GRUPO SIN IRRIGACIÓN 4 MINS Y SIN ALGINATO														
Diente	Temp inicial	20 s	40 s	60 s	80 s	100 s	120 s ( 2min)	140 s	160 s	180 s	200 s	220 s	240 s	Temp a 1 min de inactivación
1	23.8	23.8	25.6	27.2	28.6	31.7	31.1	31.5	32.4	33.7	35-7	36.7	36.7	38.1
2	23.3	24.9	26.6	27.2	28.6	30.1	29.5	30.8	30.5	31.6	32.8	32.1	31.7	30.1
3	23.6	24.5	24.2	24.8	25.3	29.2	30.6	27.6	30.6	30.6	32.1	28.5	33.2	35.2
4	23.4	24	25.7	25.8	26.4	27.7	28.1	28.9	28.8	29	29.2	31	31.3	30.6
5	23.1	24.6	24.6	25.8	27.2	29.1	29.3	30.4	31.4	31.2	32	32.4	32.3	31.6
6	23.1	23.1	23.4	23.5	24.4	25.3	24.6	26	26.8	26.9	27.5	27.7	28.1	28
7	23.5	24.3	24.5	24.9	25.2	26.7	27.1	27.4	27.7	27.8	28.1	28.4	29.3	28.8
8	23.5	24.7	25.5	27.1	28.6	29.2	30.1	32.1	34	36.4	36.6	36.4	36.9	34.4
9	21.7	21.8	22.5	22.8	23.4	24	25.2	25.7	26	26.1	26	26.3	26	26.1
10	21.2	22.5	24.5	26.2	28.9	31.2	32.10	31.6	36.8	35.4	36.3	39.4	39.6	44.6
Temperatura promedio	23.02	23.82	24.71	25.53	26.66	28.42	28.77	29.20	30.5	30.87	31.18	31.89	32.51	32.75

	Con irrigación 2 min y con alginato	Con irrigación 2 min y sin alginato	Sin irrigación 2 min y con alginato	Sin irrigación 2 min y sin alginato	Con irrigación 4 min y con alginato	Con irrigación 4 min y sin alginato	Sin irrigación 4 min y con alginato	Sin irrigación 4 min y sin alginato
Temperatura inicial	20.3	20.15	21.31	22.74	20.55	20.36	21.22	23.02
120 s	23.48 (3.18)	22.86 (2.73)	23.06 (1.75)	27.33 (3.83)				
240 s					24.24 (3.69)	23.05 (2.69)	23.7 (2.48)	32.51 (9.49)
1 min posterior a la desactivación	23.05 (0.43)	21.46 (1.4)	22.54 (0.52)	27.31 (0.02)	23.67 (0.57)	21.88 (1.17)	23.39 (0.31)	32.75 (+0.24)

## BIBLIOGRAFÍA

1. - Park E. Ultrasonics in endodontics. *Endodontic Topics*. 2013; 29(1):125-159.
2. - Kapil H, Bathala S. Sonic and ultrasonic Scaling. In: Bathla S, Harsh K, ed. *Textbook of Periodontics*. 1st ed. 2017. Chapt 45 p. 444-449.
- 3.- Iandolo A, Iandolo G, Malvano M, Pantaleo G, Simeone M. Modern technologies in Endodontics. *Giornale Italiano di Endodonzia*. 2016; 30(1):2-9.
- 4.- Plotino G, Pameijer C, Mariagrande N, Somma F. Ultrasonics in Endodontics: A Review of the Literature. *Journal of Endodontics*. 2007; 33(2):81-95.
5. - Gluskin A, Ruddle C, Zinman E. Thermal injury through intraradicular heat transfer using ultrasonic devices. *Primary Dental Care*. 2006; 13(1):1286-1293.
6. - Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *International Endodontic Journal*. 2006; 39(12):921-930.
7. - Clark D. The operating microscope and ultrasonics: a perfect marriage. *Dent Today*. 2004; 23 (1):74–81.
8. - Eriksson A, Albrektsson T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: A vital-microscopic study in the rabbit. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1983; 50(1):101-107.
9. - Eriksson R, Albrektsson T. The effect of heat on bone regeneration: An experimental study in the rabbit using the bone growth chamber. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 1984; 42(11):705-711.
- 10.- Horan B, Tordik P, Imamura G, Goodell G. Effect of Dentin Thickness on Root Surface Temperature of Teeth Undergoing Ultrasonic Removal of Posts. *Journal of Endodontics*. 2008; 34(4):453-455.
11. - Lipski M, Mrozek J, Drożdżik A. Influence of Water Cooling on Root Surface Temperature Generated During Post Space Preparation. *Journal of Endodontics*. 2010; 36(4):713-716.
12. - Zhou X, Chen Y, Wei X, Liu L, Zhang F, Shi Y et al. Heat transfers to periodontal tissues and gutta-percha during thermoplasticized root canal obturation in a finite element analysis model. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2010; 110(2):257-263.
13. - Ilan Rotstein. Kenneth M. Hargreave S. Berman L, Cohen S, Hargreaves K. *Cohen's Pathways of the pulp 11<sup>a</sup> edition*. 2015, Elsevier Inc. All Rights Reserved. . Capt 8 Nonsurgical Retreatment p.370 -371.

14. - Budd J, Gekelman D, White J. Temperature rise of the post and on the root surface during ultrasonic post removal. *International Endodontic Journal*. 2005; 38(10):705-711.
- 15.- Dominici J, Clark S, Scheetz J, Eleazer P. Analysis of Heat Generation Using Ultrasonic Vibration for Post Removal. *Journal of Endodontics*. 2005; 31(4):301-303.
16. - Ettrich C, Labossière P, Pitts D, Johnson J. An Investigation of the Heat Induced during Ultrasonic Post Removal. *Journal of Endodontics*. 2007; 33(10):1222-1226.
17. - Lipski M, Dębicki M, Drożdżik A. Effect of different water flows on root surface temperature during ultrasonic removal of posts. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2010; 110(3):395-400.
18. - Walters J, Rawal S. Severe periodontal damage by an ultrasonic endodontic device: a case report. *Dental Traumatology*. 2007; 23(2):123-127.
19. - Gutmann J, Creel D, Bowles W. Evaluation of heat transfer during root canal obturation with thermoplasticized gutta-percha. Part I. In vitro heat levels during extrusion. *Journal of Endodontics*. 1987; 13(8):378-383.
20. - Cameron J. The effect of ultrasonic endodontics on the temperature of the root canal wall. *Journal of Endodontics*. 1988; 14(11):554-559.
- 21.- Bramante C, Fidelis N, Assumpção T, Bernardineli N, Garcia R, Bramante A et al. Heat Release, Time Required, and Cleaning Ability of Mtwo R and ProTaper Universal Retreatment Systems in the Removal of Filling Material. *Journal of Endodontics*. 2010; 36(11):1870-1873.
22. - Adams N, Tomson P. Access cavity preparation. *British Dental Journal*. 2014; 216(6):333-339.
23. - James L. Gutmann and Bing Fan. *Cohen's pathways of the pulp*. 11<sup>a</sup> edition. 2016, Elsevier Inc. All Rights Reserved. Chapt 5 Tooth Morphology, Isolation, and Access. p. 145-170.
24. - Glossary of Endodontic Terms 2016 [Internet]. Nxtbook.com. 2018 p.3 and 7 [cited 13 March 2018]. Available from: <http://www.nxtbook.com/nxtbooks/aae/endodonticglossary2016/>.
- 25.- Romero A, Green D, Wucherpfennig A. Heat Transfer to the Periodontal Ligament During Root Obturation Procedures Using an In Vitro Model. *Journal of Endodontics*. 2000; 26(2):85-87.
26. - Hashem A. Ultrasonic Vibration: Temperature Rise on External Root Surface during Broken Instrument Removal. *Journal of Endodontics*. 2007; 33(9):1070-1073.

- 27.- Chen Y, Chang H, Chiang Y, Lin C. Application and development of ultrasonics in dentistry. *Journal of the Formosan Medical Association*. 2013; 112(11):659-665.
28. - Nicoll B, Peters R. Heat Generation During Ultrasonic Instrumentation of Dentin as Affected by Different Irrigation Methods. *Journal of Periodontology*. 1998; 69(8):884-888.
29. - Iqbal M. Nonsurgical Ultrasonic endodontic instruments. *Dental Clinics of North America* 2004; 48 (1): 19-34.
30. - Arabaci T, Çiçek Y, Çanakçı C. Sonic and ultrasonic scalers in periodontal treatment: a review. *International Journal of Dental Hygiene*. 2007; 5(1):2-12.
31. - Singh J. *Manual of practical electrotherapy*. New Delhi: Jaypee; 2011 Chapter 8 p. 188-216.
32. - Thennukonda R, Natarajan B. Adverse events associated with ultrasonic scalers: A manufacturer and user facility device experience database analysis. *Indian Journal of Dental Research*. 2015; 26(6):598-602.
33. - Johnson P, Bevelander G. Histogenesis and Histochemistry of Pulpal Calcification. *Journal of Dental Research*. 1956; 35(5):714-722.
34. - S Nanjannawar G. Pulp Stone-An Endodontic Challenge: Successful Retrieval of Exceptionally Long Pulp Stones measuring 14 and 9.5 mm from the Palatal Roots of Maxillary Molars. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 2012; 719-722.
35. - Jain P, Patni P, Hiremath H, Jain N. Successful removal of a 16 mm long pulp stone using ultrasonic tips from maxillary left first molar and its endodontic management. *Journal of Conservative Dentistry*. 2014; 17(1):92-95.
36. - Atrizadeh F, Kennedy J, Zander H. Ankylosis of teeth following thermal injury. *Journal of Periodontal Research*. 1971; 6(3):159-167.
37. - Darcey J, Qualtrough A. Resorption: part 1. Pathology, classification and aetiology. *British Dental Journal*. 2013; 214(9):439-451.
38. - Lee F, Van Cura J, BeGole E. A comparison of root surface temperatures using different obturation heat sources. *Journal of Endodontics*. 1998; 24(9):617-620.
- 39.- Beraldo D, Pereira K, Yoshinari F, Pinto J, de Abreu Mateus T, Zafalon E. Temperature Changes on External Root Surfaces with the Use of Several Thermoplastic Filling Techniques. *Journal of Endodontics*. 2016; 42(7):1131-1134.
40. - Line S, Polson A, Zander H. Relationship between Periodontal Injury, Selective Cell Repopulation and Ankylosis. *Journal of Periodontology*. 1974; 45(10):725-730.

41. - Fors U, Jonasson E, Bergquist A, Berg J. Measurements of the root surface temperature during thermo-mechanical root canal filling in vitro. *International Endodontic Journal*. 1985; 18(3):199-202.
- 42.- Huttula A, Tordik P, Imamura G, Eichmiller F, McClanahan S. The Effect of Ultrasonic Post Instrumentation on Root Surface Temperature. *Journal of Endodontics*. 2006; 32(11):1085-1087.
- 43.- Madarati A, Qualtrough A, Watts D. Efficiency of a Newly Designed Ultrasonic Unit and Tips in Reducing Temperature Rise on Root Surface During the Removal of Fractured Files. *Journal of Endodontics*. 2009; 35(6):896-899.
- 44.- Davis S, Gluskin A, Livingood P, Chambers D. Analysis of Temperature Rise and the Use of Coolants in the Dissipation of Ultrasonic Heat Buildup During Post Removal. *Journal of Endodontics*. 2010; 36(11):1892-1896.
- 45.- Camargo C, Siviero M, Camargo S, de Oliveira S, Carvalho C, Valera M. Topographical, Diametral, and Quantitative Analysis of Dentin Tubules in the Root Canals of Human and Bovine Teeth. *Journal of Endodontics*. 2007; 33(4):422-426.
- 46.- Benítez Díaz M, Mirzoyan Kalach A, Rivera Barrero J, Tanaka Lozano E. Propiedades Físico-Mecánicas y tipo de falla adhesiva del esmalte humano y bovino. *UstaSalud*. 2014; 13(1):11-17.
- 47.- Soares F, Follak A, da Rosa L, Montagner A, Lenzi T, Rocha R. Bovine tooth is a substitute for human tooth on bond strength studies: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Dental Materials*. 2016; 32(11):1385-1393.
- 48.- Lezcano M, Navarro López, Gili, Zamudio. Caracterización histológica de tejidos dentarios bovinos con utilización del microtomo ISOMET© en la técnica histológica. *Acta Odontológica Venezolana Volumen 2016: (1): 1-5*.
49. - Schmoltdt S, Kirkpatrick T, Rutledge R, Yaccino J. Reinforcement of Simulated Immature Roots Restored with Composite Resin, Mineral Trioxide Aggregate, Gutta-percha, or a Fiber Post after Thermocycling. *Journal of Endodontics*. 2011; 37(10):1390-1393.
- 50.- Beatty H, Svec T. Quantifying Coronal Tooth Discoloration Caused by Biodentine and EndoSequence Root Repair Material. *Journal of Endodontics*. 2015; 41(12):2036-2039.
- 51.- Senges C, Wrbas K, Altenburger M, Follo M, Spitzmüller B, Wittmer A et al. Bacterial and *Candida albicans* Adhesion on Different Root Canal Filling Materials and Sealers. *Journal of Endodontics*. 2011; 37(9):1247-1252.

52. - Santos-Filho P, Castro C, Silva G, Campos R, Soares C. Effects of post system and length on the strain and fracture resistance of root filled bovine teeth. *International Endodontic Journal*. 2008; 41(6):493-501.

53.- Zaugg L, Zitzmann N, Hauser-Gerspach I, Waltimo T, Weiger R, Krastl G. Antimicrobial activity of short- and medium-term applications of polyhexamethylene biguanide, chlorhexidine digluconate and calcium hydroxide in infected immature bovine teeth in vitro. *Dental Traumatology*. 2013; 30(4):326-331.

54.- Valera M, Albuquerque M, Yamasaki M, Vassallo F, da Silva D, Nagata J. Fracture resistance of weakened bovine teeth after long-term use of calcium hydroxide. *Dental Traumatology*. 2015; 31(5):385-389.

55. - Lenherr P, Allgayer N, Weiger R, Filippi A, Attin T, Krastl G. Tooth discoloration induced by endodontic materials: a laboratory study. *International Endodontic Journal*. 2012; 45(10):942-949.