



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MEXICO**



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA**

**DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO  
ESPECIALIZACIÓN EN ENDOPERIODONCIA**

***RADIOPACIDAD DEL CEMENTO PORTLAND ADICIONADO  
CON DIFERENTES SUSTANCIAS CONTRASTANTES PARA USO  
EN PERFORACIONES DENTALES***

**TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
ESPECIALISTA EN ENDOPERIODONTOLOGIA**

**P R E S E N T A N:**

**CD.PRISCILA ALEJANDRA ROSAS SOLIS  
CD.NORMA LORENA MORÍN ALCAZAR**

**TUTOR: DR.EDUARDO F. LLAMOSAS HERNÁNDEZ  
ASESOR: DR. SALVADOR ARRÓNIZ PADILLA**

Tlalnepantla Edo.de Méx 2011



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# INDICE

Introducción	1
Objetivos	1
1. Objetivo General	1
2. Objetivos Específicos	2
Pregunta de Investigación	2
Justificación	3
Una Historia de Similitudes	4
1.1 El Complejo Endoperiodontal	4
1.2 Lesiones Endoperiodontales	4
1.3 El Mineral Trióxido Agregado (MTA)	7
1.3.1. Composición	7
1.3.2. Características	8
1.4. El Cemento Portland (CP)	9
Hipótesis	13
Diseño Metodológico	13
1. Tipo de Estudio	13
2. Ubicación del Estudio	13
Variables	13
1. Variables independientes	13

2. Variable dependiente	13
Recursos	14
Metodología Experimental	15
1. Material y Métodos	15
Tabla de Códigos y Criterios	16
Espectrometría de Masas	17
Resultados	18
De radiopacidad en el Radiovisiógrafo	18
De Espectro Iónico	19
Discusión	22
Conclusiones	24
Bibliografía	26
Anexos	30
Radiopacidad de las muestras	31
Informes gráficos de Espectro Iónico	38

# INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia de la endodoncia, y específicamente en reparación de las perforaciones dentales, se ha sugerido el uso de diversos materiales sellantes que han sido suplidos por otros al encontrarse en ellos alguna deficiencia; de esta manera, se llegó al conocimiento, desarrollo y uso del **MTA** (*Mineral Trióxido Agregado*) el que por mucho tiempo ha sido considerado como el material ideal de sellado radicular, ya que presenta todas las características que proveen a su vez la posibilidad de regeneración del complejo endoperiodontal.

Hoy día se ha demostrado que el **CP** (*Cemento Portland*) es un material que posee todas las características restaurativas del MTA y casi todos los componentes químicos de este, excepto el Oxido de Bismuto, que le proporciona radiopacidad que el *CP* no posee; por esta razón las incógnitas, las preguntas y las investigaciones se inclinan hacia el análisis de este material.

El camino ahora, nos conduce al profundo conocimiento del CP, a través de experimentaciones que permitan la maleabilidad y combinación de éste, con otros muchos materiales dentales que optimicen la utilización de este material y por ende su correcto funcionamiento en la rama de la endodoncia.

## OBJETIVOS

### 1. OBJETIVO GENERAL:

Comparar la radiopacidad del Cemento Portland adicionado con diferentes sustancias que le proporcionen esta cualidad para su uso en la obturación de perforaciones dentales.

## **2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- ☞ Evaluar la radiopacidad del Cemento Portland adicionado con Hidróxido de Calcio para la obturación de perforaciones dentales.
- ☞ Evaluar la radiopacidad del Cemento Portland adicionado con Oxido de Zinc para la obturación de perforaciones dentales.
- ☞ Evaluar la radiopacidad del Cemento Portland adicionado con polvo de Limadura de Plata para la obturación de perforaciones dentales.
- ☞ Evaluar la radiopacidad del Cemento Portland adicionado con Sulfato de Bario para la obturación de perforaciones dentales.
- ☞ Evaluar la radiopacidad del Cemento Portland adicionado con Yodoformo para la obturación de perforaciones dentales.
- ☞ Observar cada una de las mezclas en su composición y; conocer como se modifica su estructura original

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:**

¿Qué material entre, el Hidróxido de Calcio, Oxido de Zinc, Yodoformo, limadura de Plata y Sulfato de Bario proporciona la mejor radiopacidad al ser añadidos al cemento Portland; y que además altere mínimamente su composición química?

## **JUSTIFICACIÓN**

Las perforaciones dentales que se presentan en los tratamientos de conductos, ocurren como accidentes, que requieren ser selladas para prolongar la vida funcional del diente, así como para evitar la diseminación y agudización de las infecciones al complejo endoperiodontal.

Para tal efecto, se han utilizado diversos materiales, el más utilizado en la actualidad es el MTA dado que reúne las características deseables de un material para sellado, tales como la resistencia, pH, biocompatibilidad, actividad bacteriostática y radiopacidad. Desgraciadamente este material tiene un alto costo, el cual la mayoría de nuestros pacientes no está en condiciones de cubrir, y esto, aunado a la falta de educación preventiva para la salud específicamente la bucodental trae como consecuencia que el paciente prefiera la extracción del órgano dental, a pesar de las implicaciones a la salud y funcionalidad que de esto se desprende.

Por anteriormente expuesto que tenemos la inquietud de investigar si existe alguna sustancia que adicionada al CP, el cual es un material similar y económico, que le de la característica de radiopacidad que en nuestra especialidad es determinante para un óptimo tratamiento, sin alterar el resto de sus características.

# **UNA HISTORIA DE SIMILITUDES**

## **1.1 EL COMPLEJO ENDOPERIODONTAL**

La Endoperiodontología como área de la Odontología persigue múltiples objetivos; entre ellos la preservación y conservación en condición de salud de los tejidos dentales<sup>3</sup> y en especial la pulpa dental y el periodonto. Denominaremos “Complejo Endoperiodontal” a un conjunto de estructuras internas y externas del diente, que se correlacionan íntimamente dando

- 1)** El Esmalte
- 2)** La Dentina, entiéndase cualquier tipo de esta; primaria secundaria o terciaria/reparativa
- 3)** La Pulpa, y con ella, todas sus prolongaciones laterales
- 4)** La Encía,
- 5)** El Ligamento Periodontal,
- 6)** El Hueso
- 7)** El Cemento Radicular.

### **1.1 Lesiones endoperiodontales**

Diversos factores como traumatismos, alteraciones morfológicas, alteraciones genéticas; lesiones periodontales, pero principalmente la lesión cariosa propician en los dientes diferentes patologías endodónticas, que a largo plazo provocan lesión en todo el complejo endoperiodontal.

Decenas de estudios han demostrado que las lesiones peri radicales no son posibles a menos que los tejidos pulpares, tanto camerales como radicales sean expuestos a la micro flora de la cavidad oral y que dichos conductos suelen fácilmente albergar diferentes cepas de microorganismos, incluyendo sus toxinas como los desechos metabólicos<sup>2</sup>. Sin embargo hoy día



sabemos que aunque minoritariamente, las lesiones en el periodonto, por la estrecha relación de este con la pulpa a través de forámenes y conductillos laterales que funcionan como vías de intercambio sépticos, pueden provocar lesiones pulpares.<sup>3</sup>

Si el equilibrio y la integridad de los tejidos pulpares se pierden, se propician graves daños y alteraciones en la pulpa, por lo que se debe recurrir al tratamiento endodóntico. El tratamiento de conductos o terapia endodóntica; tiene como objetivo primordial la limitación, control y eliminación de patologías pulpares, con lo que se logrará la rehabilitación estética-funcional del diente y en consecuencia del sistema estomatognático.

En el transcurso operatorio del tratamiento de conductos, pueden presentarse accidentes como las perforaciones endodónticas o iatrogénicas que se dan como resultado de una vía de acceso inadecuada, mal dirigida, durante la búsqueda de los orificios de los conductos radiculares en el piso de la cámara pulpar de dientes multirradiculares o durante la desobturación y preparación del conducto para colocación de un poste. Existen numerosos estudios que muestran que una perforación en furca propicia un inminente daño en muchas ocasiones irreparable en los tejidos perirradiculares, (con una pérdida posterior de ligamento periodontal y hasta llegar a la pérdida del órgano dental.<sup>4</sup>

Dichas perforaciones afectan y encausan negativamente la reparación convencional en un tratamiento endodóntico, provocando, por un lado un área de inflamación y por otro la migración y extrusión de microorganismos a zonas perirradiculares, trayendo como consecuencia una serie de alteraciones tales como: colecciones de secreción (de diferentes tipos), producción de tejido granulomatoso, destrucción ósea, ligamentaria y epitelial; hasta la franca formación de bolsas periodontales que fácilmente permiten y promueven una nueva vía de acceso a las bacterias favoreciendo la cronicidad.<sup>5,6</sup>

Dadas estas condiciones, el procedimiento a realizar después de una perforación tiene como finalidad el propiciar un ambiente ideal para la regeneración y/o reparación de los tejidos endoperiodontales.

Sinaí dice que un diente con perforación radicular tiene un pronóstico reservado, ya que depende de la severidad inicial de la lesión, así como el tiempo de evolución, el tamaño de la lesión, la localización. También menciona que las lesiones en tercio apical o medio, resuelven más fácilmente a diferencia de las ubicadas en tercio cervical o piso de cámara pulpar, dependiendo de la viabilidad del sellado de la perforación.<sup>7</sup> Selzer, por su parte afirma que el daño al complejo endoperiodontal ocurre en todas las perforaciones, pero que se ve diluido si la perforación es sellada inmediatamente, privándola de una exposición bacteriana y limitando la migración celular y posterior destrucción de tejidos.<sup>7</sup>

Por lo tanto el éxito del tratamiento “conservador” de las perforaciones depende directamente de las características del material sellador. Especifica e idealmente un material sellante debe presentar las siguientes características:

1. *Biocompatibilidad*
2. *No ser tóxicos*
3. *No absorberse*
4. *Fácil manipulación*
5. *No ser soluble*
6. *Ser bacteriostático o bactericida*
7. *Crear un sellado deseable*
8. *Poseer radiopacidad*
9. *Capacidad inductora osteogénesis, cementogénesis)*<sup>7,8,9,10,11</sup>

En este campo específico de la endodoncia se han utilizado muchos materiales para intentar solucionar las perforaciones radiculares. Así, se ha utilizado la *amalgama, el IRM, el Ionómero de vidrio, las pastas de hidróxido de calcio, el cavit, la gutapercha, los cementos de óxido de Zinc y Eugenol, y las resinas entre otros*. Sin embargo a lo largo del desarrollo de dichos materiales,

se encontraron deficiencias determinantes y muy significativas como la microfiltración, preservación de la inflamación, solubilidad en medios húmedos, infección y hasta citotoxicidad en grado variable.<sup>12</sup>

## **1.2 EL MINERAL TRIÓXIDO AGREGADO (MTA)**

Es así, que en 1993 Torabinejad, Watson y Ford, de la Universidad de Loma Linda en California EUA<sup>25</sup>, mencionan por primera vez el MTA (mineral trióxido agregado) y hacen referencia a sus propiedades selladoras, reparativas, bio-compatibles, antibacterianas y como un compuesto útil para la limitación y separación del diente y los tejidos periodontales.<sup>1, 14,15</sup>

### **1.2.1 Composición**

El MTA es un compuesto formado de las siguientes sales:

a) Silicato tricálcico	}	75%
b) Aluminio tricálcico		
c) Silicato dicálcico		
d) Aluminato ferricotetracálcico		
e) Oxido de Bismuto	}	20%
f) Sulfato de calcio dihidratado	}	5%
g) Silica cristalina	}	0.6% (residuos insolubles)
h) Oxido de calcio		
i) Sulfatos de potasio y sodio		

### 1.2.2 Características

Esta formado de finas partículas hidrofílicas que fraguan en presencia de humedad, transformándose en un gel coloidal que presenta un pH de 10.2 elevándose por 3 hasta alcanzar los 12.5 para permanecer constante en esa alcalinidad. Este gel coloidal solidifica en 4 horas, y alcanza una resistencia a la compresión de 70 Mpa (kg/cm<sup>2</sup>),<sup>2</sup> además demostró ser dimensionalmente estable.

En 1995 Kettering y Torabinehad en 1995 realizaron un estudio evaluatorio de la mutagenicidad del MTA a través de la prueba de Ames. Los resultados arrojaron que el material no es mutagénico.<sup>21</sup>

En 1997 Koh y cols, Kettering--Torabinejad; descubrieron en el MTA las cualidades de formador celular, nula carcinogenicidad y alta biocompatibilidad.<sup>7,16</sup>

En 1999 Torabinejad y Chivian en su publicación proponen su uso para:<sup>1</sup>

- Recubrimiento pulpar o pulpotomía (en ápices inmaduros)
- Sellado de perforaciones radiculares.
- Sellado de ápices inmaduros.
- Obturación retrograda
- Sellado de la cámara pulpar después del tratamiento endodóntico.

En 2001 Holland y cols presentan resultados sobre estudios histológicos donde se demostró su sobresaliente capacidad para inducir a la formación de depósitos de cemento en las raíces de dientes tratados con este material.<sup>26</sup>

El MTA ha sido investigado y puesto a prueba en innumerables estudios in vitro, cuyos resultados dicen que no provoca inflamación, y por el

contrario, actúa como un estimulante del desarrollo tanto de hueso como de cemento nuevo<sup>5,17</sup>

En resumen, el Mineral Trióxido Agregado (MTA), está siendo utilizado ampliamente por que cumple con los requerimientos necesarios para un excelente sellador de defectos en las raíces dentales.

### **1.3 EL CEMENTO PORTLAND (CP)**

Por otro lado, el CP, es ampliamente conocido y utilizado (en diversas presentaciones, con diferentes compuestos) dentro de la industria de la construcción.

El CP es un producto cerámico o porcelánico, que tiene su origen en las rocas calcáreas y las arcillas en proporciones adecuadas que se muelen intensivamente, de manera que el compuesto de la caliza (CaO) se vincule íntima y homogéneamente con los compuestos de la arcilla (SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). El producto resultante denominado polvo crudo ingresa al horno y egresa como **clinker**. El *clinker* se mezcla con yeso, obteniendo el *Cemento Portland*, éste presenta características hidrofílicas, ya que desarrolla resistencia y endurecimiento en presencia de agua. Físicamente el CP es un polvo fino de color gris perla; químicamente, el CP tiene cuatro compuestos principales, (*dos de ellos idénticos a los del MTA*) silicatos dicálcico (C<sub>2</sub>S), silicato tricálcico (C<sub>3</sub>S), aluminato tricálcico (C<sub>3</sub>A) y el ferroaluminato tetracálcico (C<sub>4</sub>AF); (los otros dos en contacto con agua modifican su estructura produciendo Hidróxido de Calcio)<sup>27,28</sup>

Wucherpfennig AL y Green DB en 199, menciona por vez primera que el Cemento Portland es similar al MTA dado que el mayor compuesto del MTA, el Fosfato de Calcio es también el principal componente del CP y que

los resultados de exámenes macroscópico y microscópico, así como su reacción en presencia de rayos X los clasificaron como materiales idénticos. En pruebas físicas demostraron solubilidad al agua, elemento que inicia e intensifica su proceso de endurecimiento, terminan diciendo que si existía alguna diferencia entre estos materiales, era únicamente la presencia de óxido de bismuto en el MTA, agente que proporciona radiopacidad<sup>21</sup>

Los autores realizaron también recubrimientos pulpaes en molares de ratas adultas, observándolas a 1, 2 y 3 semanas, obtuvieron resultados idénticos tanto con el MTA como con el CP al actuar sobre las células pulpaes, en algunas muestras se encontraron puentes de dentina que se clasificó como terciaria o reparativa. Al finalizar la investigación se sugiere el uso del CP como un material ideal de sellado. Estas investigaciones demostraron también, que la tolerancia del tejido conectivo ante este material es igual al reportado para el MTA.<sup>21</sup>

Para el año 2000 Carlos Estrela y cols complementaron los hallazgos a través de un estudio donde comparaban el efecto antimicrobiano del CP con el MTA y otros cementos, demostrando que, si bien el Hidróxido de Calcio posee el mayor efecto microbiano, el CP y el MTA presentan resultados inhibitorios similares<sup>29</sup>.

En el 2001 Holland y cols estudiaron sobre la reacción pulpar en recubrimientos directos y pulpotomías con MTA y CP en dientes de perro. Los resultados histológicos determinaron la formación de puentes de dentina en casi la totalidad de las muestras, en estas mismas pruebas se observó un dato importantísimo, que se mantuvo la vitalidad pulpar en las pulpas expuestas a los dos cementos.<sup>30</sup>

En otro estudio realizado con células humanas de la pulpa dental, se pudo observar, la respuesta positiva de estas ante el CP, lo que sugiere que

este, es biocompatible y promotor de la regeneración de tejido mineralizado de tal manera que se propone su uso en recubrimientos pulpares.<sup>35</sup>

Saidon, He, Zhu, y cols, demostraron la biocompatibilidad y la no toxicidad del CP al compararlo con el MTA, al ser implantados en la mandíbula de cobayos, donde se presentó una respuesta inflamatoria mínima en el hueso, y sin diferencias relevantes a la del MTA. Los autores lo proponen como un buen material para uso en retroobturaciones radiculares<sup>31</sup>

El CP por decirlo de algún modo, había sido aceptado en el campo de la endodoncia como un sustituto del MTA para todas sus aplicaciones; entonces se sugirió que no solo el CP, sino también el MTA contenían grandes cantidades de arsénico, lo cual, con su uso y andando el tiempo, repercutiría en la salud de los pacientes cuyos casos se habían resuelto con alguno de estos materiales. Se hablo incluso de envenenamiento por arsénico.

Hungaro y col en 2005 publican un estudio en el que se evalúa la cantidad de arsénico en dos tipos de CP (blanco y gris) y dos tipos de MTA (Pro-Root y Angelus). Los resultados de los estudios indican que los niveles de arsénico hallados en los cuatro cementos fueron similares y muy por debajo de los niveles considerados dañinos, demostrando nuevamente el uso seguro del MTA y CP.<sup>33, 34</sup>

Para el año 2009 se han publicado decenas de investigaciones realizadas en base al CP, compuestos, usos y aplicaciones; ha sido tanta la información que lo coloca como un buen material de uso odontológico que la interrogante ahora es el pleno conocimiento de su uso en humanos y la obtención o agregación del efecto radiopaco que permita al clínico, la segura colocación al interior del diente o raíz tratada.

Los últimos estudios han sido realizados en dientes humanos, *in vivo*, por ejemplo Duggal en 2009, comparó clínica y radiográficamente la efectividad del CP y el MTA en pulpotomías de dientes temporales revisándolos a los 24 meses y encontrándose el éxito de los tratamientos, en su gran mayoría; además ninguna de la dientes tratados sufrió alteración en sus cronologías de exfoliación.<sup>35,36</sup>

Húngaro en 2009 realizó un estudio donde se evalúa la radiopacidad del CP asociado a diferentes agentes radiopacos, resultando que tales agregados, efectivamente aumentan dramáticamente la radiopacidad del CP; pero aún queda en duda si se alteran sus cualidades físicas o si se modifica su resistencia.<sup>37</sup>

Por esta causa, resulta interesante y necesario ahondar en el estudio, análisis y experimentación del CP, como posible material de reemplazo al uso del MTA en algunos, o de ser posible en todos los casos de perforación, al sellado del tratamiento endodóntico o la formación y/o estimulación radicular para el cierre de los ápices dentales, proveyendo de esta manera al paciente, no solo de sus cualidades restaurativas, sino también de un costo accesible.

Para este caso en particular se propone añadir ciertas sustancias (de uso odontológico común) radiopacas que faciliten su visión y control mediante la utilización de los rayos X.



## **HIPÓTESIS:**

Si los materiales restaurativos de uso odontológico se presentan radiopacos al observarse radiográficamente, entonces al ser adicionados al CP, proporcionarán la cualidad que este requiere para su uso como tratamiento de perforaciones dentales.

## **DISEÑO METODOLÓGICO**

### **1. Tipo de Estudio:**

Se realizó un estudio observacional, prospectivo y transversal.

### **2. Ubicación del Estudio:**

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Clínica de Endoperiodontología, Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

## **VARIABLES**

### **1. Variables independientes:**

Cemento Portland  
Hidróxido de Calcio.  
Oxido de Zinc.  
Yodoformo.  
Limadura de Plata.  
Sulfato de Bario

### **2. Variable Dependiente:**

Radiopacidad

## RECURSOS

- ☞ Cemento Portland Puro.
- ☞ Hidróxido de Calcio.
- ☞ Oxido de Zinc.
- ☞ Limadura de Plata.
- ☞ Sulfato de Bario.
- ☞ Yodoformo.
- ☞ Aluminio.
- ☞ Moldes de tubo de Polietileno.
- ☞ Agua bidestilada.
- ☞ Losetas de Vidrio
- ☞ Espátulas para cemento
- ☞ Regla Milimétrica
- ☞ Mango y hoja de bisturí #11
- ☞ Manguera de Polietileno transparente.
- ☞ Sanitas
- ☞ Guantes de Látex
- ☞ Campos de trabajo
- ☞ Cucharas medidoras de porciones
- ☞ Pipeta para transportar el agua.
- ☞ Microscopio estereoscópico BOECO GERMANI (10x, 40x)
- ☞ Radiovisiógrafo DSX 600 Owandy (Programa Owandy QuickVisión)
- ☞ Microscopio Electrónico de Barrido, con lector de Espectro Iónico (UBIPRO de Fes Iztacala)

# **METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

## **1. MATERIAL Y MÉTODOS:**

Para la investigación se requirieron molares superiores con raíces palatinas lo mas rectas y anchas posible, se realizó una selección para obtener 3 raíces que cumplieran las especificaciones, en donde cada una fue cortada en su longitud a diferentes medidas, 4mm, 8mm y 12mm, utilizando discos de carburo, las raíces fueron talladas de una forma lo mas cilíndrica posible, retirando el cemento radicular, para lo cual se requirieron fresas de diamante de grano fino, quedando únicamente la dentina expuesta.

Por otra parte para obtener los moldes que sirvieron para el alojamiento de las mezclas, se utilizo un tubo de polietileno de 1cm de diámetro, al que se le realizaron cortes de 4mm de grosor habiendo utilizado una regla milimétrica para su exactitud así como un bisturí con una hoja 11. Procedimos a realizar las mezclas de cemento portland y agua bidestilada (la cual tomamos con una pipeta para mayor control) añadiéndole los diferentes materiales (hidróxido de calcio, oxido de zinc, yodoformo, limadura de plata y sulfato de bario) en las diferentes concentraciones 10%, 20% y 30%.

Una vez concluidas las mezclas, se colocaron cada una en un molde de polietileno con la ayuda de una espátula de cementos y se etiquetaron para su reconocimiento, se colocó encima de cada molde un rollito de algodón húmedo, esto semejando el ambiente intraoral.

Después de 24 horas las mezclas fueron revisadas en el microscopio estereoscópico en donde pudimos observar las partículas de los materiales añadidos al cemento portland y con esto su homogeneidad.

Posteriormente se evaluó la radiopacidad las mezclas, cada una comparándola con los cilindros de dentina de 4mm, 8mm y 12mm, para esto utilizamos una platilla en donde colocamos los tres cilindros de dentina y cada molde con su mezcla en las diferentes concentraciones, esta platilla se colocó a 10cm de distancia del cono del aparato de rayos x y con ayuda del radiovisiógrafo obtuvimos las tomas radiográficas digitalizadas de cada uno.

Las muestras fueron expuestas el mismo día para evitar variaciones y en donde no existieron modificaciones de luz o contraste a las imágenes, ya que esto hubiese disminuido la veracidad de los resultados.

A partir de esto se observó y comparó la radiopacidad de todos los materiales entre sí. Se codificaron los resultados de radiopacidad de acuerdo a los siguientes criterios:

### **Tabla de códigos y criterios**

<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA RADIOPACIDAD</b>		
<b>GROSOR (mm)</b>	<b>CODIGO</b>	<b>CRITERIO</b>
<b>4 mm</b>	<b>0</b>	Cemento Portland Puro 4mm de grosor.
<b>4 mm</b>	<b>1</b>	Dentina 4mm de grosor.
<b>8 mm</b>	<b>2</b>	Dentina 8mm de grosor.
<b>12mm</b>	<b>3</b>	Dentina 12mm de grosor
<b>2mm</b>	<b>4</b>	Pieza de aluminio de 2mm de grosor

## Espectrometría de masas

Posteriormente las 17 muestras; (5 en mezcla al 10%, 5 en mezcla al 20%, 5 en mezcla al 30% y 2 correspondiente al MTA y CP) se llevarán al laboratorio de microscopia de la UBIPRO donde a través del microscopio electrónico de barrido, se fotografiarán sus superficies a diferentes acercamientos y se les realizarán análisis de **“Espectrometría de Masas” o “Espectro Iónico” (EI)** con el cual se podrá realizar una cuantificación porcentual de los elementos presentes en cada mezcla y así, demostrar si la presencia o aumento del porcentaje de mezcla modifica drásticamente al CP.

Todo este proceso se lleva a cabo al interior de una cámara de alto vacío que contiene las muestras, quienes son sometidas a ionización por medio de un haz de electrones; este haz cae sobre una superficie determinada de la muestra y provoca la liberación de los iones correspondientes al contenido elemental de la mezcla, estos iones liberados son expulsados de la cámara y dirigidos al analizador del computador quien grafica en picos, los elementos presentes y su cantidad porcentual.

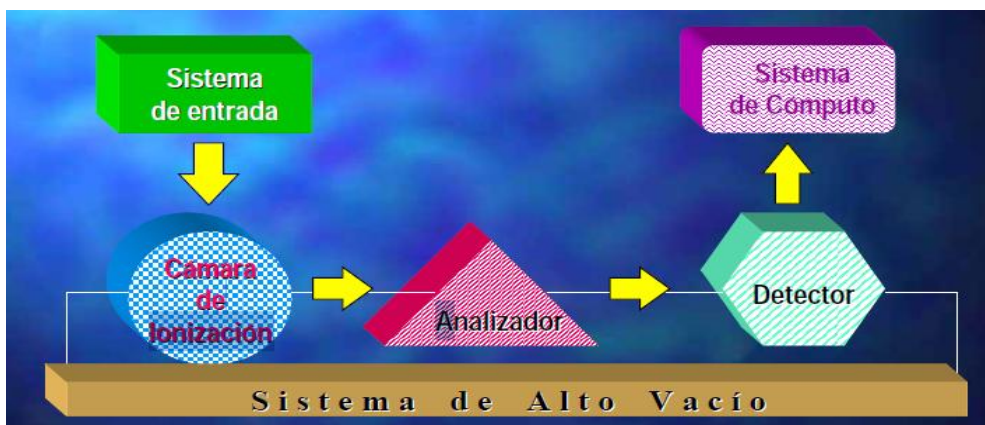


FIG. 1: ESQUEMA DEL PROCESO DE ESPECTROMETRÍA DE MASAS

Los gráficos producidos por el análisis del EI serán condensadas en tablas de resultados divididas por porcentajes donde se presentarán los cambios y/o alteraciones que sufra el CP a causa de los agregados.

## **RESULTADOS**

### **1. DE RADIOPACIDAD EN EL RADIOVISIOGRÁFO.**

<b>MTA (puro)</b>	<b>4</b>		
<b>CP (puro)</b>	<b>1</b>		
<b><u>MATERIALES</u></b>	<b><u>10%</u></b>	<b><u>20%</u></b>	<b><u>30%</u></b>
<b>CP + Hidróxido de Calcio</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>CP + Oxido de Zinc</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>CP + Yodoformo</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>CP + Limadura de Plata</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>CP + Sulfato de Bario</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

## 2. DE ESPECTRO IÓNICO

**TABLA:1 “ESPECTRO IONICO DE LAS MEZCLAS AL 10%”**

<b>ELEMENTOS</b>	<b>MTA</b>	<b>CP</b>	<b>HIDROXIDO DE CALCIO 10%</b>	<b>OXIDO DE ZINC 10%</b>	<b>YODO 10%</b>	<b>LIMADURA DE PLATA 10%</b>	<b>SULFATO DE BARIO 10%</b>
O (K)[oxido]	<b>51.92</b>	<b>50.25</b>	<b>50.54</b>	<b>38.39</b>	<b>52.11</b>	<b>50.25</b>	<b>47.57</b>
Al(K) [aluminato]	<b>0.79</b>			<b>1.92</b>		<b>0.55</b>	<b>1.57</b>
Si (K) [silicato]	<b>1.31</b>	<b>2.38</b>	<b>2.43</b>	<b>6.37</b>	<b>1.67</b>	<b>2.39</b>	<b>0.72</b>
S (K)				<b>0.92</b>		<b>1.41</b>	<b>49.11</b>
Ca(K) [calcio]	<b>45.98</b>	<b>47.37</b>	<b>47.03</b>	<b>42.32</b>	<b>43.7</b>	<b>40.6</b>	<b>1.04</b>
K (K)					<b>1.26</b>	<b>2.37</b>	
I (L)					<b>2.51</b>		
Na (K)						<b>1.18</b>	
Fe (K)						<b>0.4</b>	
Ag (L)						<b>0.86</b>	
Zn (L)				<b>10.13</b>			

**TABLA:2 “ESPECTRO IONICO DE LAS MEZCLAS AL 20%**

<b>ELEMENTOS</b>	<b>MTA</b>	<b>CP</b>	<b>HIDROXIDO DE CALCIO 20%</b>	<b>OXIDO DE ZINC 20%</b>	<b>YODO 20%</b>	<b>LIMADURA DE PLATA 20%</b>	<b>SULFATO DE BARIO 20%</b>
<b>O (K)[oxido]</b>	<b>51.92</b>	<b>50.25</b>	<b>50.16</b>	<b>50.36</b>	<b>48.71</b>	<b>50.51</b>	<b>48.68</b>
<b>Al(K) [aluminato]</b>	<b>0.79</b>		<b>0.92</b>			<b>0.65</b>	
<b>Si (K) [silicato]</b>	<b>1.31</b>	<b>2.38</b>	<b>2.75</b>	<b>1.66</b>	<b>2.19</b>	<b>2.46</b>	<b>2.25</b>
<b>S (K)</b>						<b>1.01</b>	<b>1.57</b>
<b>Ca(K) [calcio]</b>	<b>45.98</b>	<b>47.37</b>	<b>45.08</b>	<b>41.4</b>	<b>45.65</b>	<b>40.25</b>	<b>46.01</b>
<b>K (K)</b>			<b>1.1</b>		<b>2.05</b>	<b>1.62</b>	
<b>I (L)</b>					<b>1.41</b>		
<b>Na (K)</b>						<b>1.29</b>	<b>1.5</b>
<b>Ag (L)</b>						<b>2.21</b>	
<b>Zn (L)</b>				<b>6.58</b>			



**TABLA:3 “ESPECTRO IONICO DE LAS MEZCLAS AL 30%”**

<b>ELEMENTOS</b>	<b>MTA</b>	<b>CP</b>	<b>HIDROXIDO DE CALCIO 30%</b>	<b>OXIDO DE ZINC 30%</b>	<b>YODO 30%</b>	<b>LIMADURA DE PLATA 30%</b>	<b>SULFATO DE BARIO 30%</b>
O (K)[oxido]	<b>51.92</b>	<b>50.25</b>	<b>46.38</b>	<b>53.87</b>	<b>48.39</b>	<b>52.62</b>	<b>40</b>
Al(K) [aluminato]	<b>0.79</b>		<b>0.61</b>				<b>1.21</b>
Si (K) [silicato]	<b>1.31</b>	<b>2.38</b>	<b>2.88</b>	<b>1.87</b>	<b>1.7</b>	<b>1.46</b>	<b>4.45</b>
S (K)			<b>0.8</b>	<b>0.65</b>			<b>3.22</b>
Ca(K) [calcio]	<b>45.98</b>	<b>47.37</b>	<b>46.71</b>	<b>21.22</b>	<b>42.43</b>	<b>42.49</b>	<b>29.45</b>
K (K)			<b>1.09</b>	<b>0.72</b>	<b>0.54</b>		<b>1.44</b>
I (L)					<b>0.9</b>		
Na (K)					<b>0.85</b>		
Fe (K)							<b>1.05</b>
Ag (L)						<b>3.42</b>	
Sn (L)estaño					<b>1.64</b>		
Sb (L)antimonio					<b>3.56</b>		
Mg (K)							<b>0.86</b>
Ba (L)							<b>18.31</b>
Zn (L)			<b>1.76</b>	<b>10.77</b>			

## DISCUSIÓN

El modelo utilizado para esta investigación está basado en el propuesto por Hungaro y cols.<sup>37</sup> para evaluar la radiopacidad de diferentes materiales. Para esta investigación se efectuaron algunas modificaciones con la idea de simplificar el método, dado que el original precisa de la utilización de un programa de cómputo muy específico, que no está disponible en nuestro medio. Por esto para comparar la radiopacidad se diseñaron los discos de dentina ya explicados en el método, que tuvieron tres diferentes grosores, de 4, 8 y 12 mm y un disco de CP sin otro componente, que sirvieron como elementos de comparación.

Una de las importantes variaciones del método original que aporta fidelidad a esta investigación fue el uso del radiovisiógrafo con el que se tomaron las exposiciones en el mismo momento y lugar, lo cual evita sesgos en los resultados ya que evitamos el revelado manual de estas exposiciones así como las alteraciones de líquidos y tiempos y bajo las mismas características de distancia y tiempo de exposición.

Al realizar la selección de los materiales a experimentar, se convino que fueran de uso frecuente en el consultorio del endodoncista, como lo son Hidróxido de Calcio, Oxido de Zinc, Yodoformo, Limadura de plata, de tal manera que de acuerdo a los resultados obtenidos, la propuesta sea aplicable clínicamente. Es importante mencionar el uso de la limadura de plata, ya que es un material con el que no se había experimentado previamente, pero sabemos de su notorio grado de radiopacidad que ya ha sido propuesto como añadido del cavit para el sellado de retrobturaciones<sup>38</sup>. Con respecto al Sulfato de bario, se eligió este elemento debido a la similitud que tiene con el oxido de bismuto, que es el material que le confiere radiopacidad al MTA original.

Además, para el proceso experimental se planeó que los materiales y utensilios, fuesen de fácil acceso y manipulación; que las mangueras, espátulas, losetas y polvos fueran nuevos para evitar contaminar un material con otro.

En el análisis de las imágenes del radiovisiógrafo sobresale lo siguiente:

Las muestras de menos radiopacidad son el CP puro y CP mezclado con Hidróxido de Calcio, Oxido de Zinc en cualquiera de sus porcentajes y el Sulfato de Bario al 10% y 20%.

En contraste a esto, las muestras más radiopacas fueron el MTA puro, el CP mezclado con Yodoformo y con la Limadura de Plata en los tres porcentajes, además del Sulfato de Bario, aunque en este último la radiopacidad solo fue significativa al 30%.

Con respecto a los resultados reportados por Hungaro y cols., los obtenidos en nuestra investigación fueron similares, en especial los de la mezcla de Oxido de Zinc que resultó la menos radiopaca y la de Yodoformo, donde se presenta mayor radiopacidad al ser comparado con la dentina y similar al aluminio que este autor utilizó como material contrastante.

En relación, al análisis de *espectro iónico* realizados mediante el microscopio electrónico, que se presentan en las tablas 1, 2 y 3; se comprueba que tanto el MTA como el CP presentan los mismos componentes y en cantidades similares, tal como se había mostrado en varios artículos precedentes.<sup>7,21,22</sup>

No existen estudios precedentes donde se halla analizado el espectro iónico de los componentes del CP en mezcla con diferentes sustancias radiopacas, pero en general, se puede observar que no se alteró la composición original; que hay aparición de ciertos elementos que; dada la naturaleza de los materiales radiopacos añadidos era esperada (yodoformo, plata, zinc, bario)

Por otro lado en las diferentes mezclas aparecieron algunos elementos que no se tenía contemplado, como el azufre, potasio, fierro, magnesio, estaño y antimonio, en especial en las mezclas al 30%, por lo que se debe considera estudiar las posibles repercusiones de estos elementos en las propiedades del CP en su utilidad para el uso clínico.

De igual manera destacaremos otras observaciones importantes como el caso de las mezclas de hidróxido de calcio, donde no se detectó un aumento en la

proporción de este elemento, y el caso del sulfato de bario donde en las mezclas al 10 y 20% no se registraron niveles importantes de bario, sino hasta la mezcla al 30%.

Una observación interesante es el resultado mostrado en la mezcla del CP con el sulfato de bario al 30%, donde la presencia del calcio disminuye un 36%, en comparación con las mezclas de MTA y CP lo que podemos presumir podría modificar el comportamiento del material.

De la misma manera, cuando el CP se mezcló con el óxido de zinc al 30% también disminuyó el porcentaje de calcio en un 54%, aumentando la cantidad de óxido (oxígeno), situación que también puede alterar las cualidades del CP en su uso clínico.

En general las mezclas a diferentes porcentajes, presentan los mismos componentes que el MTA y el CP, asociados desde luego a otros elementos en cantidades poco relevantes, con lo que se presume una nula modificación en el fraguado y dureza del CP; ahora se abre un nuevo panorama ante nosotros: ¿alguna de estas mezclas de CP presentara alguna limitación con relación a su uso práctico?

## **CONCLUSIONES:**

Con los datos obtenidos en la presente investigación podemos concluir lo siguiente:

1. El CP es un material al que se le pueden añadir fácilmente elementos químicos que le proporcionen radiopacidad. De los materiales probados, los que mejor radiopacidad proporcionan son el Yodoformo y la Limadura de Plata al 10%, 20% o 30% y el Sulfato de Bario sólo al 30%.
2. Las mezclas de CP con hidróxido de calcio y el óxido de zinc, no son recomendables en ningún porcentaje.
3. Por lo tanto recomendaremos añadir al CP Yodoformo o Limadura de Plata como materiales radiopacos al 10%, 20% y 30%
4. Entonces proponemos el estudio de los posibles efectos de estos materiales cuando estén en contacto con los tejidos periodontales, tales como su solubilidad, la conveniencia de una superficie lisa o rugosa, el propiciar

inflamación y por ende resorciones, pigmentación de los tejidos blandos o reacciones alérgicas, entre otros.

5. Con respecto al análisis de espectro iónico no se reportan variaciones importantes en la composición de las mezclas y conservan la radiopacidad.
6. El sulfato de bario en porcentaje del 30% no se recomienda a uso ya que disminuye drásticamente el contenido de calcio, lo que puede afectar su comportamiento.
7. Según las variaciones proporcionadas por el espectro iónico reafirmamos la sugerencia de uso del yodoformo y la limadura de plata pero solo al 10 y 20% ya que en mayor porcentaje, disminuye ligeramente el contenido cálcico.
8. Sabemos que el Ca es primordial para la formación de puentes de dentina por lo tanto las variaciones importantes pueden modificar su comportamiento y aplicación clínica.
9. Proponemos el estudio clínico de la utilidad de estas mezclas para aprobar o desechar la idea de que la presencia de nuevos elementos en las mezclas puedan causar alteraciones en el fraguado y utilidad clínica del CP adicionado con yodoformo o limadura de plata al 10 y 20%

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate JOE 1999; 25 197-205.
2. Ford Pitt TR, Torabinejad M, use of mineral trioxide aggregate using human periodontal ligament fibroblast JOE 2000; 26: 288-291
3. Lindhe J, Karring I, Lang NP “Periodontología Clínica e Implantología Odontológica”, 3ed. Ed. Médica Panamericana. Madrid España. 2000
4. Drens, Torabinejad M. Repair of furcal perforation whit mineral trioxide aggregate, two case reports, Oral Sugery.1996; 82: 84-88.
5. Jew RC, Weine F. A histologycal evaluation of periodontal tissues Adyacents to root perforation filled whit cavitt. Oral Surgery July 1982 24: 135-134
6. Nakata TT, Baumgarther JC Perforation repair comparing mineral trioxide aggregated and amalgam using an anaerobic bacterial leakage model. JOE 1998; 24: 184-186.
7. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford, Kettering JD Citotoxicity of four root infilling materials. JOE 1995; 21: 489-492.
8. Kettering J. Torabinejad M Investigation of mutangenicity of mineral trioxide aggregate and other commonly used root in filling materials JOE 1995; 21: 537-539.
9. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD Antibacterial effects of some root in filling materials JOE 1995; 21: 403-406.
10. Sluyk SR, Moon PC,Hartwell GR. Evaluation of setting properties and retention characteristics of mineral trioxide aggregate when used a furcation perforation material JOE 1998;24: 176- 179.
11. Lee S, Monset M, Torabinejad M. Sealling ability of mineral trioxide aggregated for repair of lateral root perforations. JOE 1995; 21: 489-492.

12. Fisher EJ, Arens DE, Miller CH. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregated compared whit zinc-free amalgam intermedio restaurative material. JOE 1998; 24:176-179.
13. Torabinejad M, Higa RK, MacKendry DJ. Dy leakage of four root end filling materials effects of blood contamination. JOE 1994; 20 159-163.
14. Hollon R, De Souza V, Nery MJ, Deson E. Reaction of rat connective tissue to implante tubes filled whit mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. JOE 1999;25:
15. Koh ET, McDonal F, Pitt Ford, Torabinejad M. Cellular response to mineral trioxide aggregate. JOE 1998; 24: 543-547.
16. Bates CF, Carnes DL, Del Rio CE. Longitudinal seating ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. JOE 1995; 22 575-578.
17. Balla R, Loo Mónaco CL, Escribner J, Lyn LM. Histological study of furcations perforations trialed whit tricalcium phosphate, hidroxiapatita amalgama and life. JOE 1991; 17: 234-238.
18. Torabinejad M, Hong CU, MacDonald F, Pitt Ford TR. Physical and Chemical proprieties of a new root end filling material. JOE 1995; (21) 349-353.
19. Erols S, Torabinejad M, Shahrokh S. Heart tissue healing after application of fresh or set MTA as root-end filling material. JOE 2004; (30)21-24.
20. Shabahan S, Boyne PJ, Abedi HR, Mac Millan P, Torabinejad M. Apexification in immature dog teeth using osteogenic protein-1winerd trioxide aggregate and calcium hidroxide. JOE 1997; (23)
21. Wucherpfennig AL, Green BD. Mineral Trioxide Vs Portland Cement: two biocompatible filligs materials, JOE. 1999; 25 (4 )308
22. Jin-Seon Song, Francis K Mante, William J. Romanow. Chemical analysis of power and set form of Portland Cement, gray pro-root- MTA, white pro-root MTA and gray MTA Angelus. Oral surgery. 2006; 102. (6 ) 806-815
23. Tauby Coutinho- Fiho, Gustavo De Deus, Loila Klein. Study of the Bismut Oxide concentrations required to provide Portland Cement whit adecuate radiopacity for endodontic use. Oral surgery.2009;.107 (1) 69-72

24. Kyung-San Min, Sang- Yeon Lee, Eun-Cheol. Effect of radiopaque Portland Cement on Mineralization in human dental pulp cells. Oral surgery. 2009;108 (4), 82-86.
25. Torabinejad, Watson y Ford “The sealing ability of a mineral trioxide aggregate as a retrograde root filling material”. JOE,1993; (19)
26. Holland y col. “Mineral trioxide aggregate repair of lateral root perforations”. JOE,2001;27 (4) 281-284.
27. Extraído el 16 de Febrero de 2011, del World Wide Web <http://www.construaprende.com> y <http://www.monografias.com>
28. MERRIET FS “El Manual del Ingeniero Civil” Tomo I, 3ª ed, Ed. MacGraw- Hill Interamericana. México DF 1991.
29. Estrada Carlos, Bammann Lili, Estrela Cyntia et. al.“Antimicrobial and Chemical Study of MTA, Portland Cement, Calcium Hydroxide Paste, Sealapex and Dycal”. Braz Dent Journal, 2000;11 (1) 3-9
30. Holland R, Sourza V, Nery J. et. al. “ Healing Process of Dog Dental Pulp after Pulpotomy and Pulp Covering with Mineral Trioxide Aggregate or Portland Cement”. Braz Dent Journal, 2001;12 (2) 109-113
31. Saidon J, He J, Zhu Q, Safavi K. Cell and tissue reactions to Mineral Trioxide Aggregate and Portland Cement Oral Surgery, 2003;95: 483-9
32. Menezes R, Moneiro C, Letra A, et. al. “Histologic evaluation of pulpotomies in dog using two types of mineral trioxide aggregates a regular and white Portland Cement as wond dressings”. Oral Surgery. 2004; 98 (3) 376-379.
33. Hungaro M, Cardoso a, Yamashita JC, et. al. “Arsenic release provided by Mineral Trioxide Aggregate and Portland Cement”. Oral Surgery. 2005; 99 (5) 648-650.
34. De-Deus G, et. al “Negligible expression of arsenic in some. Comercially available brands of Portland Cement and Mineral Trioxide Aggregate “JOE.2009; 35 (6) 887-890.



35. Kyung-San, Hyan Li, Hyo Jin, et. al. "Human Pulp Cells Response to Portland Cement in vitro" JOE.2007; 33 (2).
36. Duggal M, et. al. "Pulpotomy of Human Primary molars with Mineral Trioxide Aggregate and Portland Cement a randomized control trial". British Dental Journal, 207 (6) 887-890.
37. Hungaro MA, D'arc G, Ricci R, et. al. "Radiopacity of Portland Cement associated with different Radiopacifying Agents. JOE. 2009; 35 (5) 737-740.
38. Llamosas HE, De la Tejera GG, Senties CR. "Uso de la mezcla cavit-  
limadura de plata en la obturación retrograda" Educacion Odontológica febrero  
1984, Julio 1984 y Agosto 1984; 3;(1,6,7)

# ANEXOS

# **ANEXO 1:** **Radiopacidad de las Muestras**

**RADIOVISIOGRAFO**

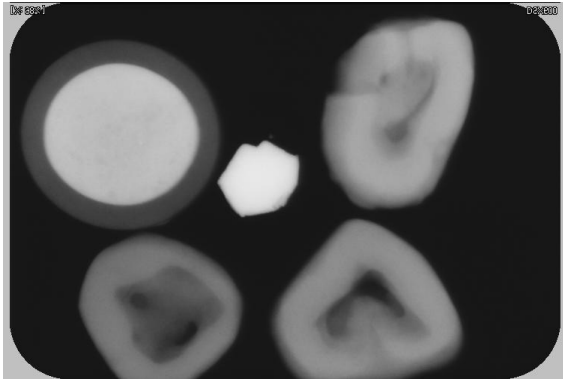


Fig. A: Muestra de MTA.

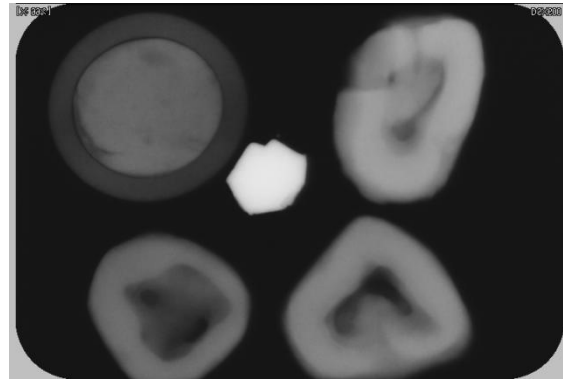


Fig. B: Muestra de CP

Obsérvese la radiopacidad del MTA (A), que el CP no posee originalmente (B)

### MEZCLAS AL 10%

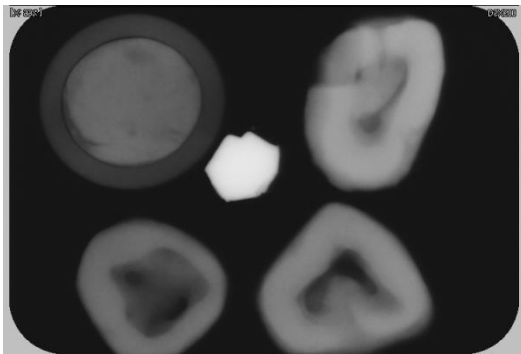


Fig.1: Muestra de CP+ Hidróxido de Calcio al 10%

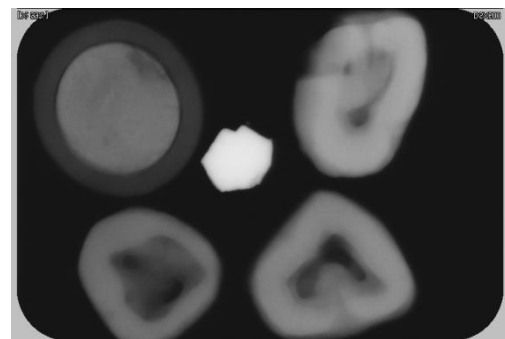


Fig. 2: Muestra de CP+ Oxido de Zinc al 10%

Se puede observar que ni el Hidróxido de Calcio, ni el Oxido de Zinc al 10% proporcionan radiopacidad, relevante

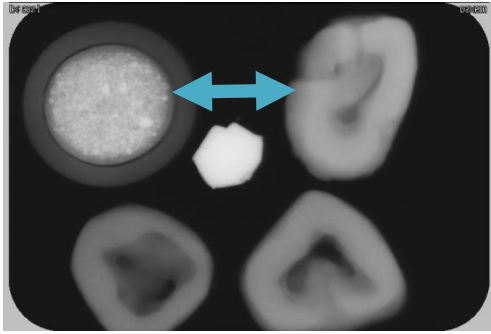
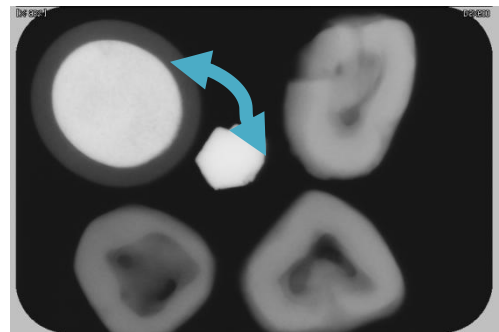


Fig 3: Muestra de CP + Yodoformo al 10%

El yodoformo (10%) proporciona radiopacidad equivalente a 12mm de dentina, aunque solo en puntos localizados.

Fig 4: Muestra de CP + Limadura de Plata al 10%



La Limadura de Plata por su parte desde este bajo porcentaje (10%) proporciona la radiopacidad similar al cuerpo de aluminio, con calidad homogénea

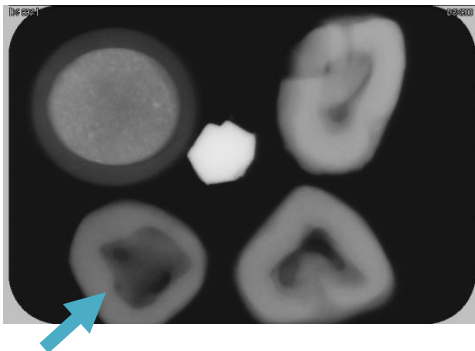


Fig 5: Muestra de CP + Sulfato de Bario al 10%

Aquí se observa que el Sulfato de Bario (10%) no proporciona radiopacidad mayor que la dentina a 2mm de grosor.

## MEZCLAS AL 20%

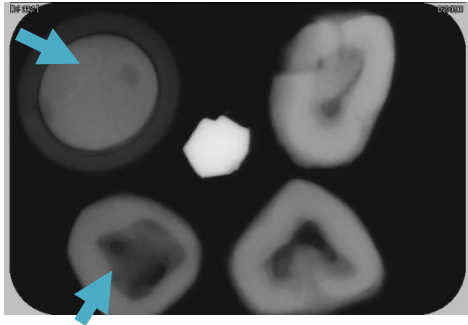
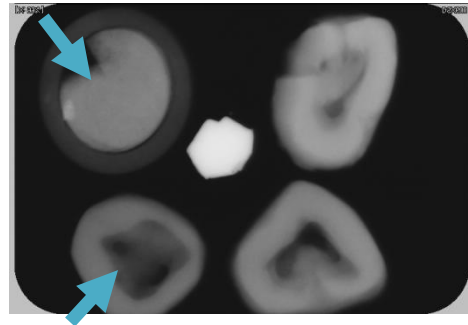


Fig 6: Muestra de CP + Hidróxido de Calcio al 20%

Fig 7: Muestra de CP+ Óxido de Zinc al 20%



Nuevamente se observan las muestras de Hidróxido de Calcio y Óxido de Zinc, ahora al 20% pero sin cambios en su radiopacidad, equivalente a 2mm de dentina

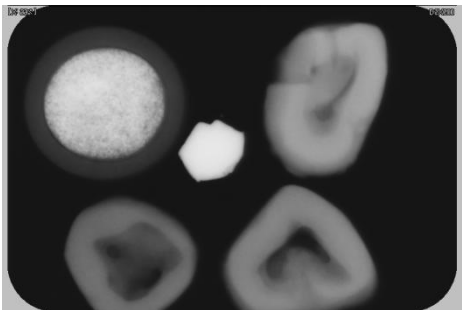


Fig 8: Muestra de CP+ Yodoformo al 20%

Aquí se presenta la muestra con Yodoformo al 20% , que ya proporciona una radiopacidad aceptable y aparentemente homogénea

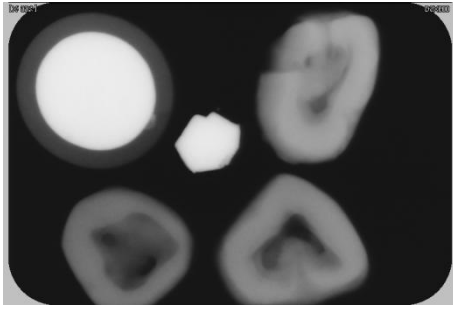


Fig 9: Muestra de CP+ limadura de Plata al 20%.

Nuevamente la muestra con Limadura de Plata, ahora al 20% proporciona una excelente radiopacidad y homogeneidad, equivalente a la pieza de aluminio

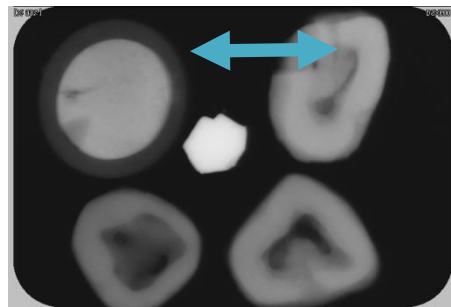


Fig 10: Muestra de CP+ Sulfato de Bario al 20%

Aquí se puede observar la muestra con Sulfato de Bario a l 20% , ahora muestra una radiopacidad importante, equivalente a la de dentina con 12 mm de espesor

### MEZCLAS AL 30%

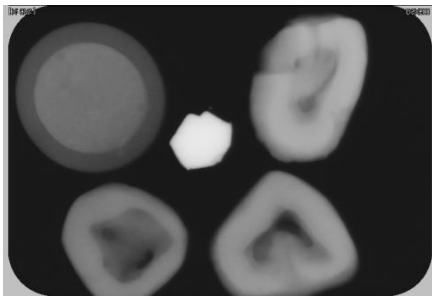


Fig 11: Muestra de CP+ Hidróxido de Calcio al 30  
30%

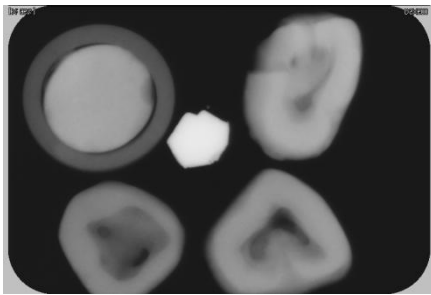


Fig 12: Muestra de CP+ Oxido de Zinc al 30%

Una vez más, las muestras de Hidróxido de Calcio y Oxido de Zinc, ahora al 30% no proporcionan radiopacidad relevante; así pues, se descarta su uso como material radiopacificante.

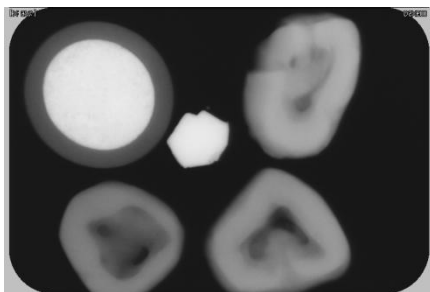
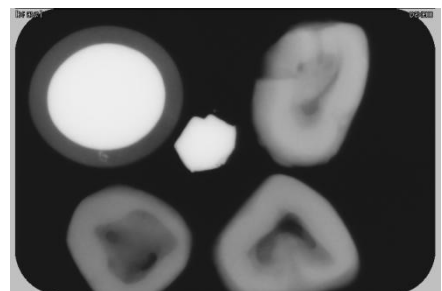


Fig 13: Muestra de CP+ Yodoformo al 30%

Fig 14: Muestra de CP+ Limadura de Plata al 30%



Ahora a un porcentaje de 30% el Yodoformo y la Limadura de Plata se observan similares en cuanto a radiopacidad y homogeneidad, ambos son equivalentes a la radiopacidad de la pieza de aluminio



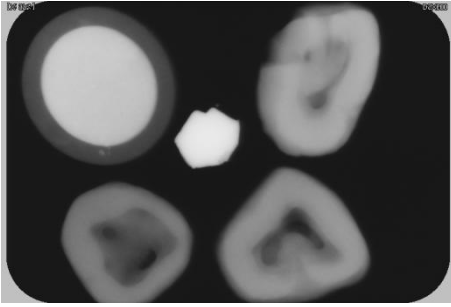


Fig 15: Muestra de CP+ Sulfato de Bario al 30%

Sulfato de Bario al 30%, ahora si se observa su radiopacidad equivalente a la pieza de aluminio.

**ANEXO 2:**  
**Informes gráficos de Espectro Iónico.**



Project Notes:  
CEMENTOS ENDOP

CEMENTO  
PORTLAND

Customer Notes:

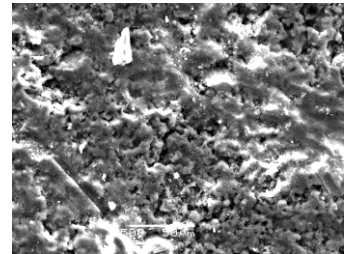
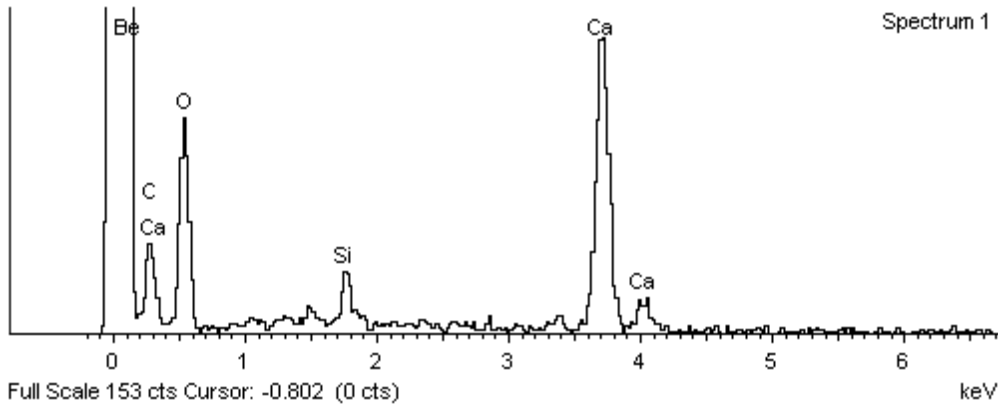
Comment:

Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : Carbon by stoichiometry (Normalised)  
Number of ions calculation based on 8.00 anions per formula  
Number of iterations = 6

Standard :  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
O K	76.20	0.6045	50.25	2.71	57.03	69.11	O2C	8.00
Si K	5.79	0.9718	2.38	0.50	1.54	0.00		0.22
Ca K	71.66	1.0017	28.51	1.84	12.92	0.00		1.81
C			18.86	2.37	28.51			4.00
Totals			100.00				Cation sum	6.03



Signature\_\_\_\_\_



Project Notes:  
m7

MTA PURO

Customer Notes:  
m7

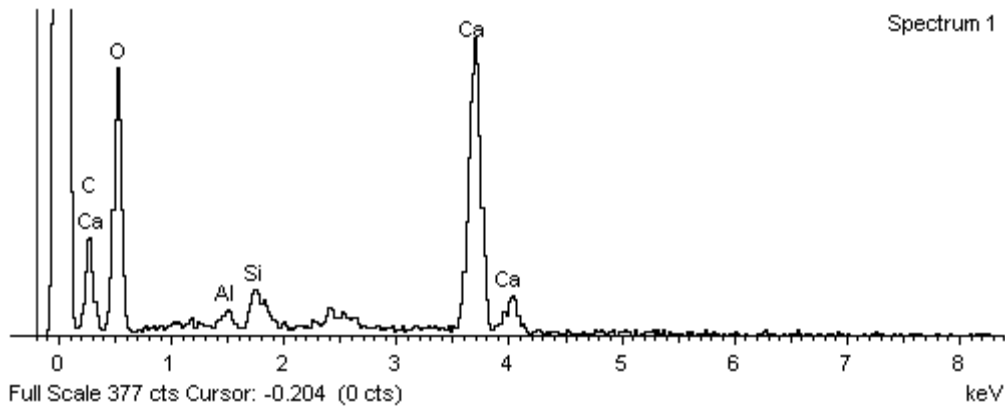
Comment:

Spectrum processing :  
Peak possibly omitted : 2.400 keV

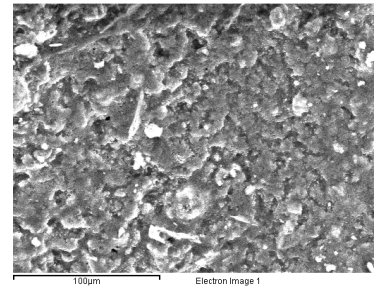
Processing option : Carbon by stoichiometry (Normalised)  
Number of ions calculation based on 8.00 anions per formula  
Number of iterations = 7

Standard :  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Al Al2O3 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
O K	226.04	0.6310	51.92	1.60	57.90	71.41	O2C	8.00
Al K	4.98	0.9127	0.79	0.22	0.52	0.00		0.07
Si K	8.72	0.9623	1.31	0.29	0.83	0.00		0.12
Ca K	182.60	0.9992	26.49	1.07	11.79	0.00		1.63
C			19.49	1.41	28.95			4.00
Totals			100.00					
							Cation sum	5.82



Spectrum 1



Electron Image 1



Project Notes:  
M2

HIDROX CALCIO  
10 %

Customer Notes:  
M2

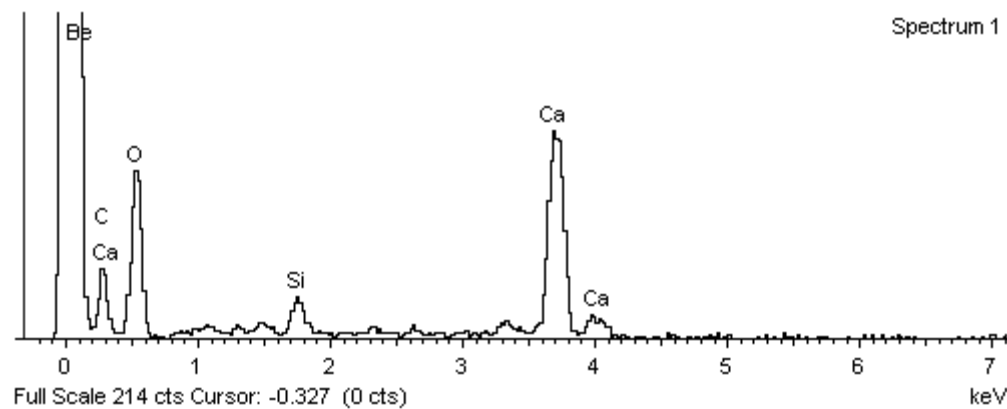
Comment:

Spectrum processing :  
No peaks omitted

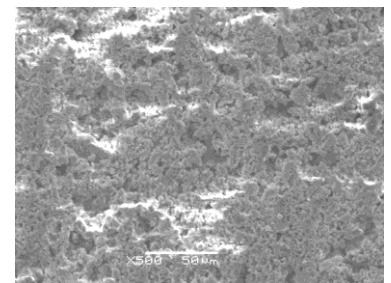
Processing option : Carbon by stoichiometry (Normalised)  
Number of ions calculation based on 8.00 anions per formula  
Number of iterations = 6

Standard :  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	App Conc.	Intensity	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
OK	82.97	0.6097	50.54	2.70	57.17	69.51	O2C	8.00
Si K	6.36	0.9714	2.43	0.46	1.57	0.00		0.22
Ca K	75.65	1.0010	28.06	1.83	12.67	0.00		1.77
C			18.97	2.36	28.59			4.00
Totals			100.00					
							Cation sum	5.99



Spectrum 1





Project Notes:  
M3

OXIDO DE ZINC  
10%

Customer Notes:  
M3

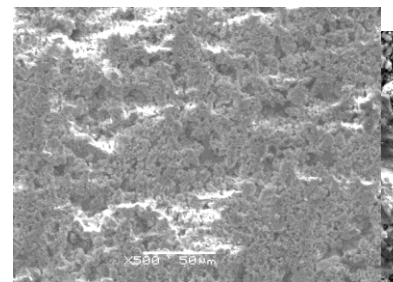
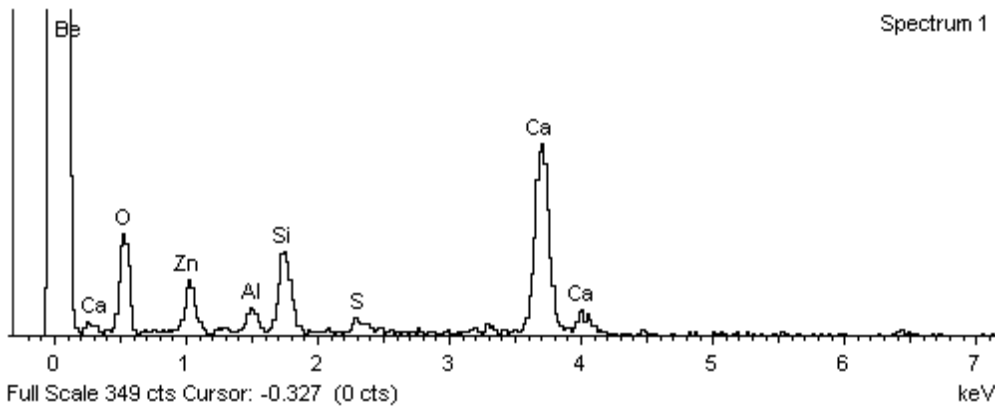
Comment:

Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : Carbon by stoichiometry (Normalised)  
Number of ions calculation based on 8.00 anions per formula  
Number of iterations = 5

Standard :  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Al Al2O3 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
S FeS2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
Zn Zn 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
O K	87.82	0.6089	38.34	2.25	50.20	52.73	O2C	8.00
Al K	6.30	0.8716	1.92	0.36	1.49	0.00		0.24
Si K	22.25	0.9279	6.37	0.60	4.75	0.00		0.76
S K	3.33	0.9591	0.92	0.36	0.60	0.00		0.10
Ca K	106.71	1.0158	27.93	1.46	14.60	0.00		2.33
Zn L	18.87	0.4955	10.13	1.26	3.25	0.00		0.52
C			14.39	1.76	25.10			4.00
Totals			100.00					
Cation sum								7.93



Signature \_\_\_\_\_



Project Notes:  
m4

YODOFORMO 10%

Customer Notes:  
m4

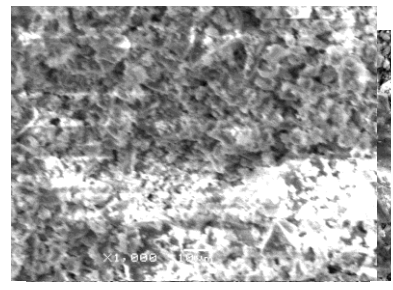
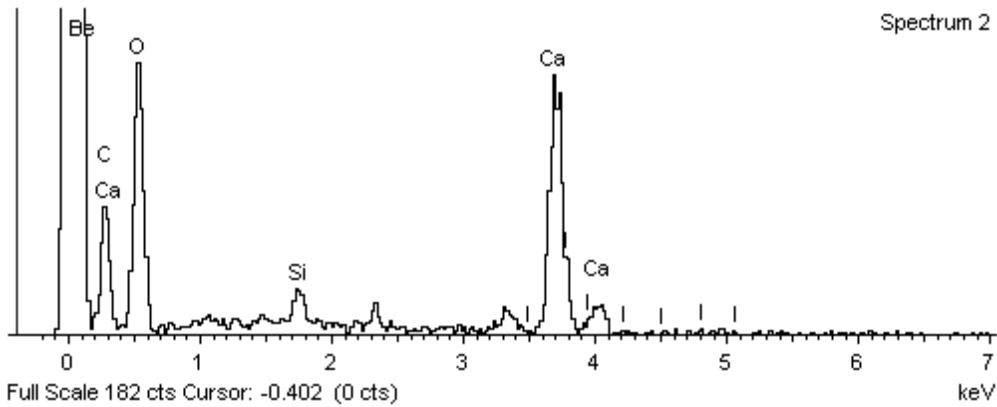
Comment:

Spectrum processing :  
Peak possibly omitted : 2.311 keV

Processing option : Carbon by stoichiometry (Normalised)  
Number of ions calculation based on 8.00 anions per formula  
Number of iterations = 6

Standard :  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
I Not defined 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
O K	111.74	0.6771	52.11	2.46	58.47	71.68	O2C	7.95
Si K	5.08	0.9621	1.67	0.39	1.07	0.00		0.15
Ca K	76.48	1.0030	24.08	1.49	10.78	0.00		1.47
IL	5.74	0.7211	2.51	1.48	0.36	2.57	I4C	0.05
C			19.62	2.09	29.32			3.99
Totals			100.00					
Cation sum								5.60



Signature \_\_\_\_\_



Project Notes:  
m5

LIMADURA DE  
PLATA 10%

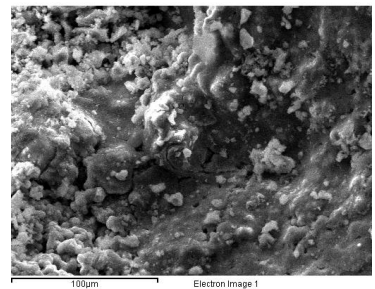
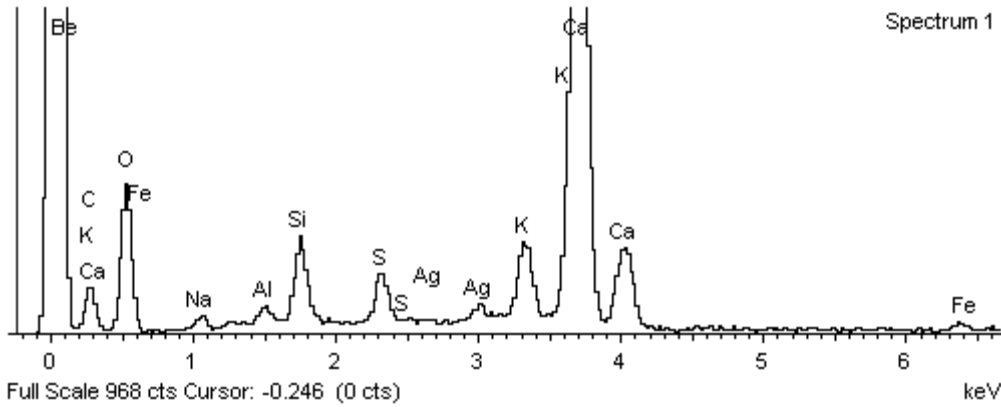
Customer Notes:  
m5

Comment:

Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : Carbon by stoichiometry (Normalised)  
Number of ions calculation based on 8.00 anions per formula  
Number of iterations = 7

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
O K	1785.93	0.3296	50.25	1.74	56.79	69.11	O2C	8.00
Na K	60.79	0.4767	1.18	0.21	0.93	0.00		0.13
Al K	36.68	0.6216	0.55	0.11	0.37	0.00		0.05
Si K	191.78	0.7456	2.39	0.16	1.54	0.00		0.22
S K	135.72	0.8901	1.41	0.12	0.80	0.00		0.11
K K	286.56	1.1226	2.37	0.15	1.09	0.00		0.15
Ca K	2321.11	0.9901	21.74	0.79	9.81	0.00		1.38
Fe K	34.80	0.8048	0.40	0.12	0.13	0.00		0.02
Ag L	85.68	0.9290	0.86	0.22	0.14	0.00		0.02
C			18.86	1.57	28.40			4.00
Totals			100.00				Cation sum	6.09



Signature\_\_\_\_\_





Project Notes:  
m6

SULFATO DE  
BARIO 10%

Customer Notes:  
m6

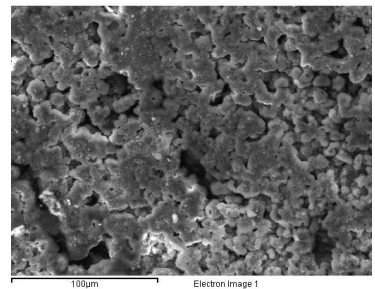
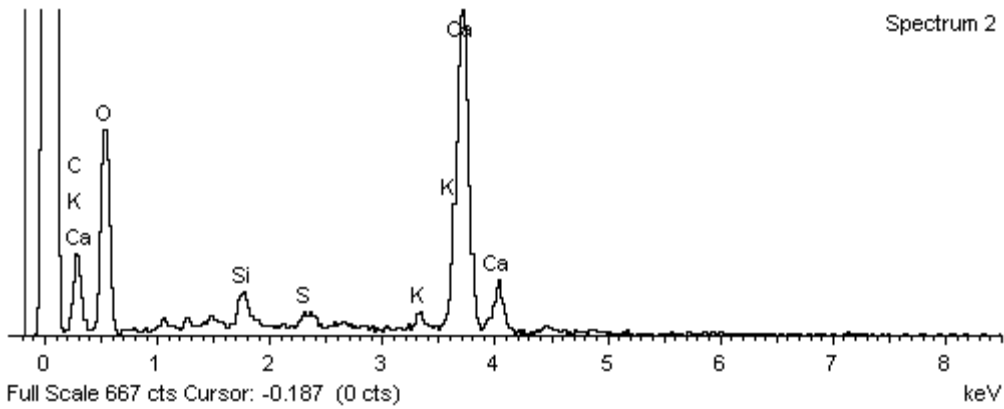
Comment:

Spectrum processing :  
Peak possibly omitted : 1.260 keV

Processing option : Carbon by stoichiometry (Normalised)  
Number of ions calculation based on 8.00 anions per formula  
Number of iterations = 7

Standard :  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
S FeS2 1-Jun-1999 12:00 AM  
K MAD-10 Feldspar 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
O K	323.36	0.5640	47.57	1.30	55.63	65.43	O2C	8.00
Si K	18.48	0.9761	1.57	0.20	1.05	0.00		0.15
S K	8.66	1.0034	0.72	0.19	0.42	0.00		0.06
K K	14.42	1.1543	1.04	0.22	0.50	0.00		0.07
Ca K	378.17	1.0040	31.25	0.92	14.59	0.00		2.10
C			17.86	1.11	27.82			4.00
Totals			100.00				Cation sum	6.38



Signature\_\_\_\_\_



Project Notes:  
20% M3

HIDROXIDO DE  
CALCIO 20%

Customer Notes:  
20% M3

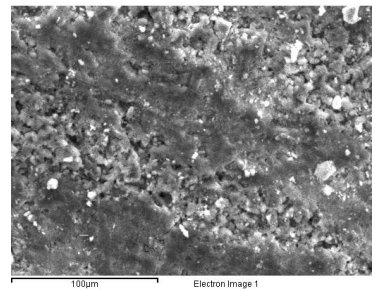
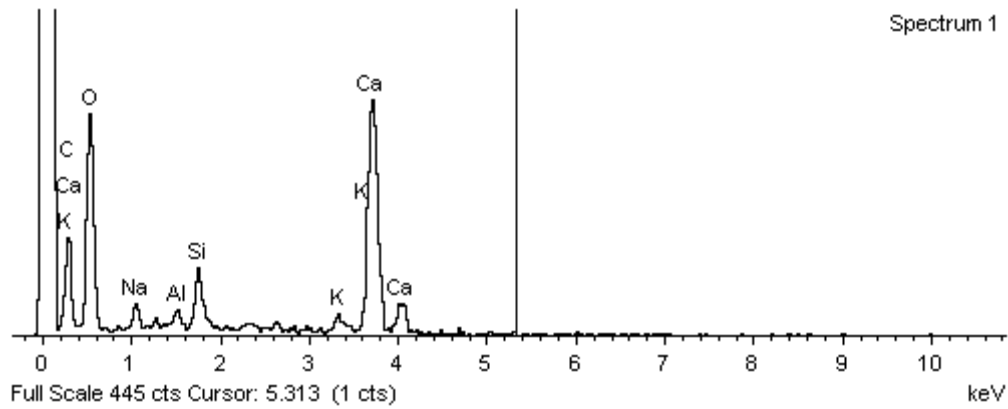
Comment:

Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : Carbon by stoichiometry (Normalised)  
Number of ions calculation based on 8.00 anions per formula  
Number of iterations = 6

Standard :  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Na Albite 1-Jun-1999 12:00 AM  
Al Al2O3 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
K MAD-10 Feldspar 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
O K	220.81	0.6366	50.16	1.68	56.27	68.44	O2C	8.00
Al K	5.83	0.9110	0.92	0.23	0.62	0.00		0.09
Si K	17.71	0.9602	2.75	0.32	1.70	0.00		0.24
K K	9.41	1.1265	1.10	0.30	0.55	0.00		0.08
Ca K	173.30	0.9956	25.20	1.04	11.27	0.00		1.60
C			19.88	1.46	28.14			4.00
Totals			100.00				Cation sum	6.22



Signature\_\_\_\_\_



Project Notes:  
20% M4

OXIDO DE ZINC  
20%

Customer Notes:  
20% M4

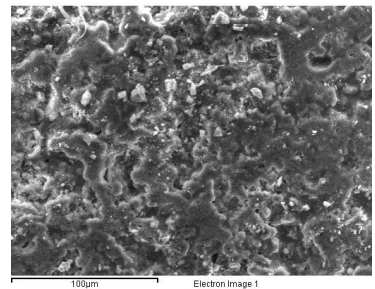
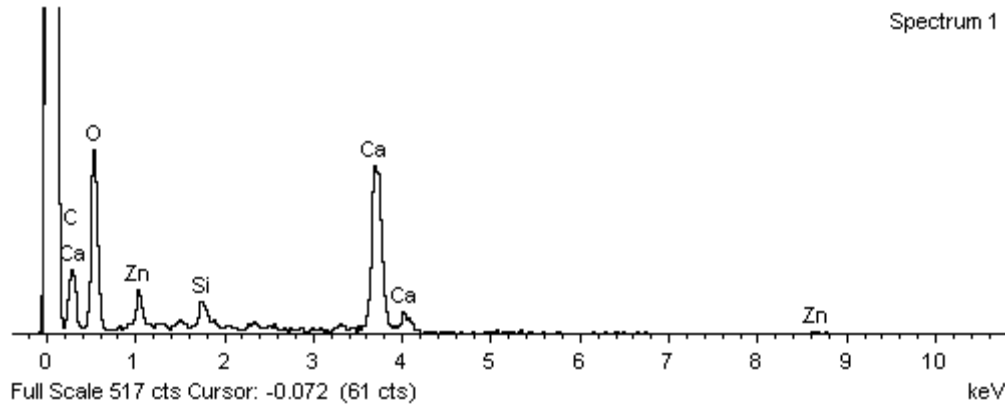
Comment:

Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : Carbon by stoichiometry (Normalised)  
Number of ions calculation based on 8.00 anions per formula  
Number of iterations = 6

Standard :  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
Zn Zn 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	App Conc.	Intensity Corm.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
O K	220.84	0.6959	50.36	1.68	57.84	69.27	O2C	8.00
Si K	9.79	0.9336	1.66	0.30	1.09	0.00		0.15
Ca K	142.20	1.0036	22.49	1.01	10.31	0.00		1.43
Zn L	19.01	0.4587	6.58	0.95	1.85	0.00		0.26
C			18.91	1.42	28.92			4.00
Totals			100.00					
			9				Cation sum	5.83



Signature \_\_\_\_\_



Project Notes:  
20% m5

YODOFORMO  
20%

Customer Notes:  
20% m5

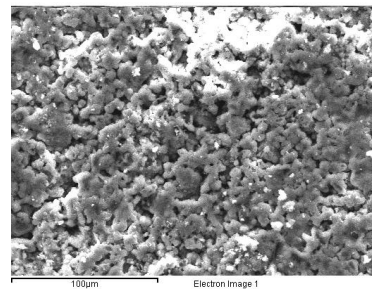
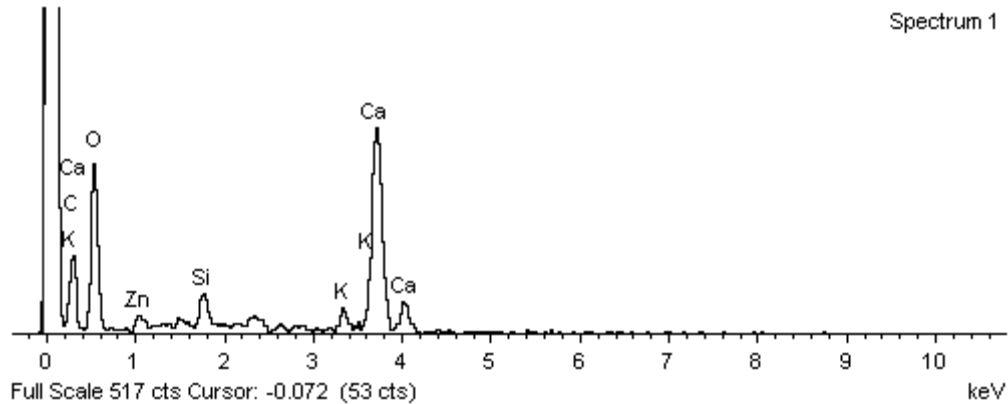
Comment:

Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : Carbon by stoichiometry (Normalised)  
Number of ions calculation based on 8.00 anions per formula  
Number of iterations = 6

Standard :  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
K MAD-10 Feldspar 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
Zn Zn 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
O K	201.30	0.6145	48.71	1.75	56.47	67.00	O2C	8.00
Si K	14.13	0.9611	2.19	0.30	1.44	0.00		0.20
K K	15.61	1.1346	2.05	0.33	0.97	0.00		0.14
Ca K	177.16	0.9995	26.36	1.13	12.20	0.00		1.73
IL	7.23	0.4465	1.41	0.69	0.68	0.00		0.10
C			19.29	1.49	28.23			4.00
Totals			100.00				Cation sum	6.17



Signature \_\_\_\_\_



Project Notes:  
m2 20%

LIMADURA DE  
PLATA 20%

Customer Notes:  
m2 20%

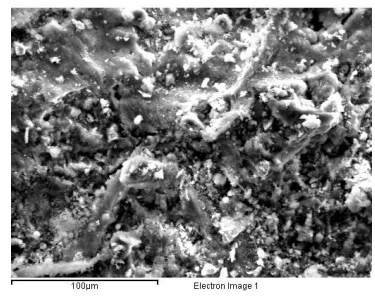
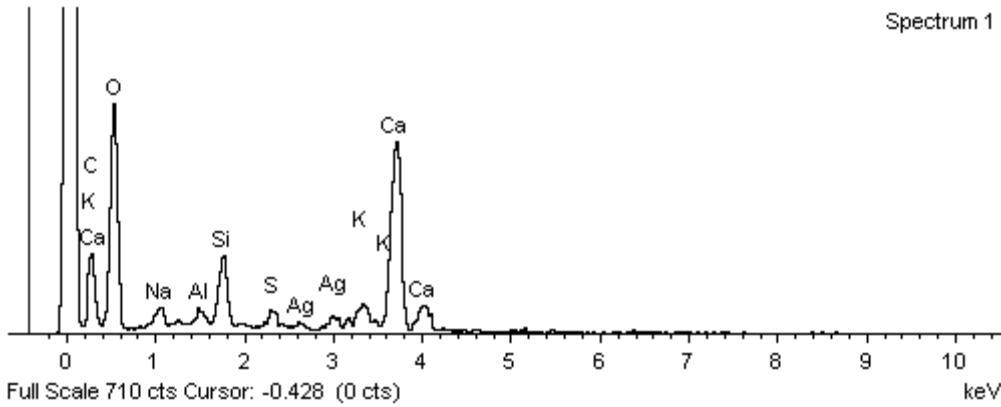
Comment:

Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : Carbon by stoichiometry (Normalised)  
Number of ions calculation based on 8.00 anions per formula  
Number of iterations = 6

Standard :  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Na Albite 1-Jun-1999 12:00 AM  
Al Al2O3 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
S FeS2 1-Jun-1999 12:00 AM  
K MAD-10 Feldspar 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ag Ag 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
O K	391.51	0.6686	50.51	1.72	57.00	69.47	O2C	8.00
Na K	14.25	0.9550	1.29	0.27	1.01	0.00		0.14
Al K	6.90	0.9156	0.65	0.18	0.44	0.00		0.06
Si K	38.72	0.9660	3.46	0.28	2.22	0.00		0.31
S K	11.44	0.9812	1.01	0.20	0.57	0.00		0.08
K K	20.82	1.1052	1.62	0.30	0.75	0.00		0.11
Ca K	231.94	0.9859	20.29	0.86	9.14	0.00		1.28
Ag L	20.09	0.7839	2.21	0.56	0.37	0.00		0.05
C			18.96	1.51	28.50			4.00
Totals			100.00					
							Cation sum	6.03



Signature\_\_\_\_\_



Project Notes:  
20% m6

SULFATO DE  
BARIO 20%

Customer Notes:  
20% m6

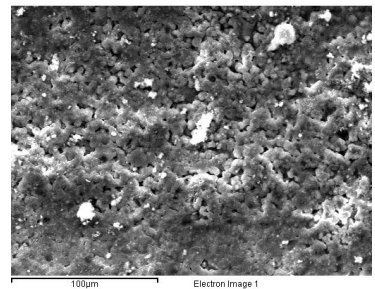
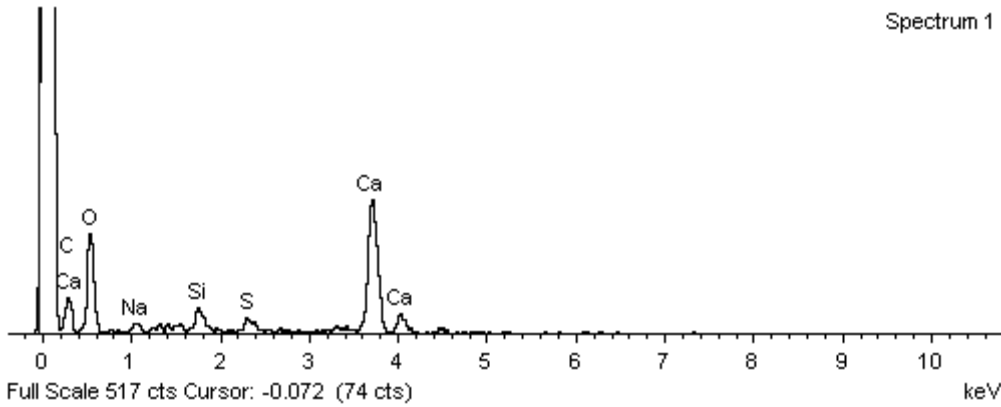
Comment:

Spectrum processing :  
Peak possibly omitted : 4.480 keV

Processing option : Carbon by stoichiometry (Normalised)  
Number of ions calculation based on 8.00 anions per formula  
Number of iterations = 6

Standard :  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Na Albite 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
S FeS2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
O K	121.79	0.6082	48.68	2.16	55.83	66.95	O2C	8.00
Na K	5.84	0.9489	1.50	0.43	1.19	0.00		0.17
Si K	8.98	0.9703	2.25	0.39	1.47	0.00		0.21
S K	6.40	0.9926	1.57	0.36	0.90	0.00		0.13
Ca K	114.09	1.0000	27.74	1.43	12.70	0.00		1.82
C			18.27	1.86	27.91			4.00
Totals			100.00				Cation sum	6.33



Signature\_\_\_\_\_



Project Notes:  
30% m2

HIDROXIDO DE  
CALCIO 30%

Customer Notes:  
30% m2

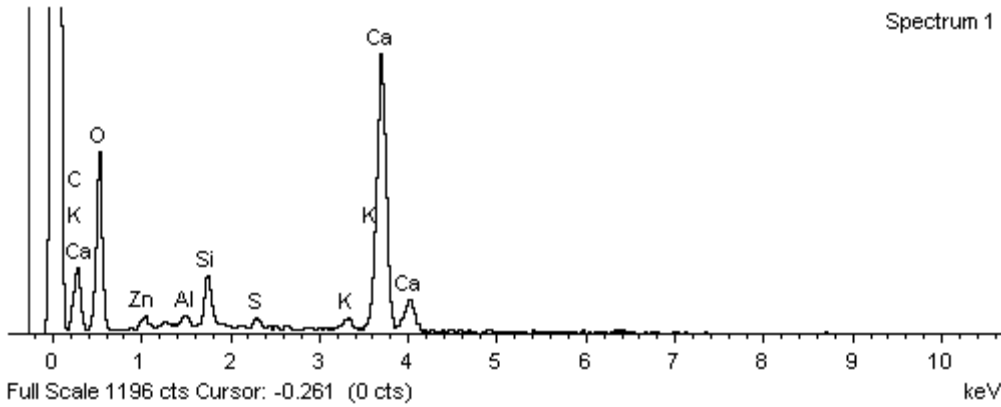
Comment:

Spectrum processing :  
No peaks omitted

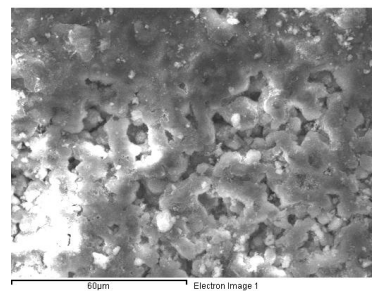
Processing option : Carbon by stoichiometry (Normalised)  
Number of ions calculation based on 8.00 anions per formula  
Number of iterations = 6

Standard :  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Al Al2O3 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
S FeS2 1-Jun-1999 12:00 AM  
K MAD-10 Feldspar 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
Zn Zn 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
O K	500.64	0.5839	46.38	1.05	54.93	63.79	O2C	8.00
Al K	10.19	0.9111	0.61	0.13	0.43	0.00		0.06
Si K	51.32	0.9655	2.88	0.19	1.94	0.00		0.28
S K	10.54	0.9904	0.58	0.13	0.34	0.00		0.05
K K	23.08	1.1409	1.09	0.17	0.53	0.00		0.08
Ca K	543.58	1.0036	29.30	0.71	13.85	0.00		2.02
Zn L	14.64	0.4487	1.76	0.38	0.51	0.00		0.07
C			17.41	0.88	27.47			4.00
Totals			100.00				Cation sum	6.56



Spectrum 1



Signature\_\_\_\_\_



Project Notes:  
30% m3

OXIDO DE ZINC  
30%

Customer Notes:  
30% m3

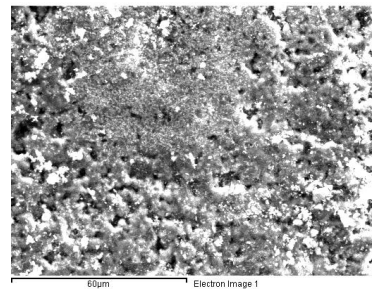
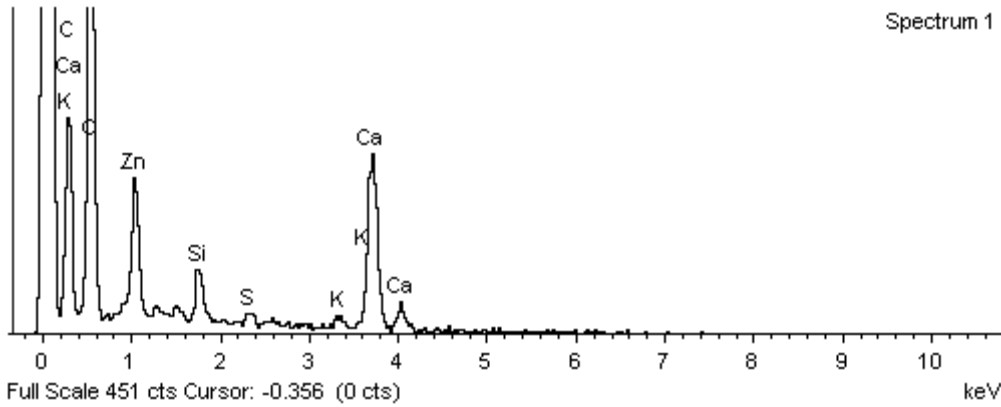
Comment:

Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : Carbon by stoichiometry (Normalised)  
Number of ions calculation based on 8.00 anions per formula  
Number of iterations = 5

Standard :  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
S FeS2 1-Jun-1999 12:00 AM  
K MAD-10 Feldspar 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
Zn Zn 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
O K	583.72	0.9067	53.87	1.15	60.04	74.09	O2C	8.00
Si K	20.20	0.9030	1.87	0.21	1.19	0.00		0.16
S K	7.42	0.9529	0.65	0.16	0.36	0.00		0.05
K K	9.33	1.0785	0.72	0.18	0.33	0.00		0.04
Ca K	129.26	0.9928	10.89	0.48	4.85	0.00		0.65
Zn L	67.63	0.4807	11.77	0.81	3.21	0.00		0.43
C			20.22	0.96	30.02			4.00
Totals			100.00				Cation sum	5.32



Signature\_\_\_\_\_





Project Notes:  
30% m4

YODOFORMO 30%

Customer Notes:  
30% m4

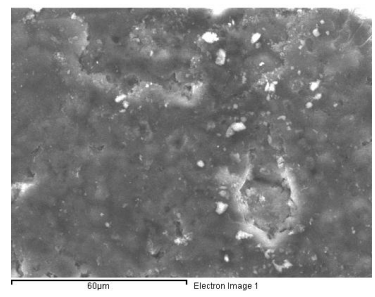
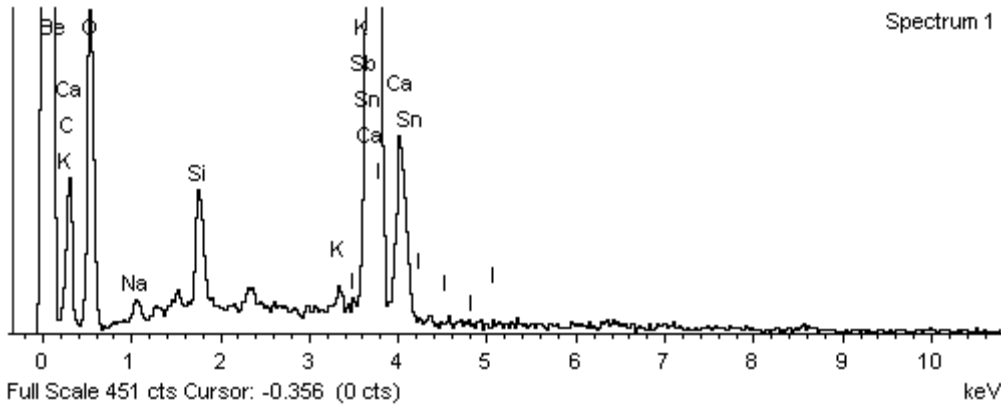
Comment:

Spectrum processing :  
Peak possibly omitted : 2.312 keV

Processing option : Carbon by stoichiometry (Normalised)  
Number of ions calculation based on 8.00 anions per formula  
Number of iterations = 7

- Standard :  
 O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Na Albite 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
 K MAD-10 Feldspar 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Sn Sn 1-Jun-1999 12:00 AM  
 Sb Sb 1-Jun-1999 12:00 AM  
 I Not defined 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
O K	1564.32	0.3603	48.39	1.49	57.02	66.55	O2C	7.98
Na K	38.02	0.4995	0.85	0.20	0.70	0.00		0.10
Si K	116.02	0.7608	1.70	0.14	1.14	0.00		0.16
K K	55.61	1.1559	0.54	0.12	0.26	0.00		0.04
Ca K	2239.40	1.0298	24.24	0.76	11.40	0.00		1.60
Sn L	128.60	0.8732	1.64	0.46	0.26	0.00		0.04
Sb L	276.76	0.8664	3.56	0.77	0.55	0.00		0.08
I L	68.72	0.8482	0.90	0.34	0.13	0.92	I4C	0.02
C			18.19	1.26	28.54			4.00
Totals			100.00					
							Cation sum	6.00



Signature\_\_\_\_\_



Project Notes:  
30% m5

LIMADURA DE  
PLATA 30%

Customer Notes:  
30% m5

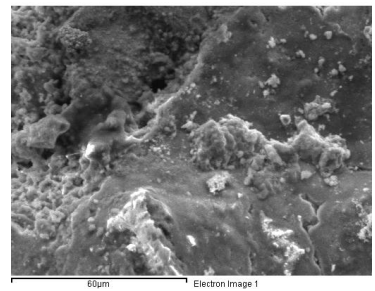
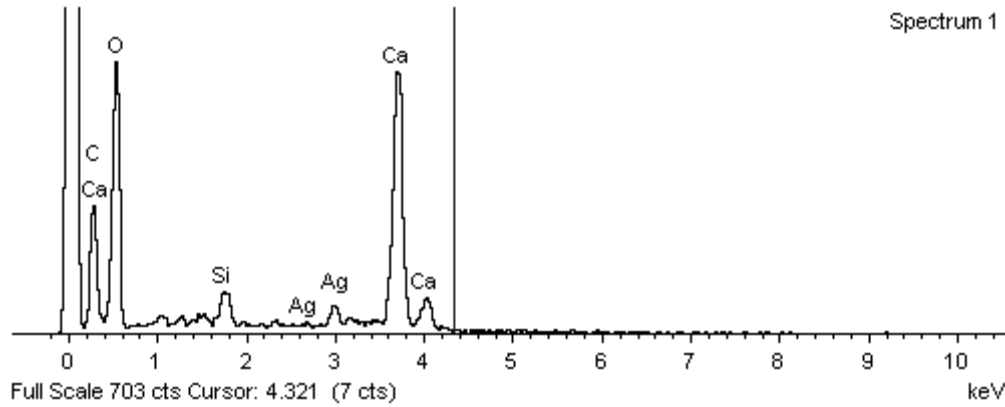
Comment:

Spectrum processing :  
No peaks omitted

Processing option : Carbon by stoichiometry (Normalised)  
Number of ions calculation based on 8.00 anions per formula  
Number of iterations = 7

Standard :  
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM  
Ag Ag 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	App Conc.	Intensity Corm.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
O K	458.79	0.6529	52.62	1.53	58.89	72.38	O2C	8.00
Si K	18.90	0.9665	1.46	0.19	0.93	0.00		0.13
Ca K	301.36	0.9925	22.74	0.84	10.16	0.00		1.38
Ag L	36.33	0.7959	3.42	0.56	0.57	0.00		0.08
C			19.75	1.36	29.45			4.00
Totals			100.00				Cation sum	5.58



Signature \_\_\_\_\_



Project Notes:  
30% m6

SULFATO DE  
BARIO 30%

Customer Notes:  
30% m6

Comment:

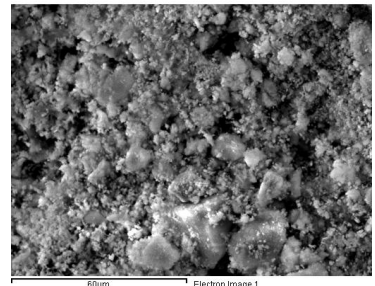
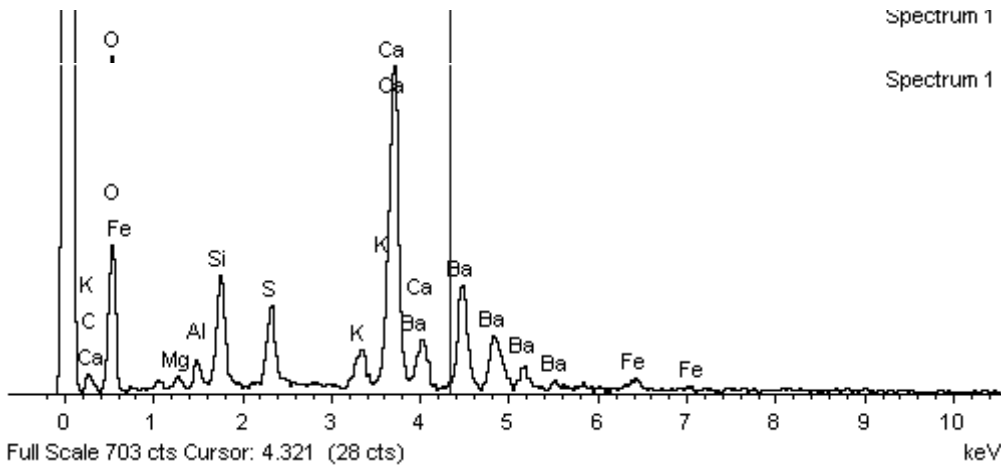
Spectrum processing :

Processing option : Carbon by stoichiometry (Normalised)  
Number of ions calculation based on 8.00 anions per formula  
Number of iterations = 6

Standard :

- O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM
- Mg MgO 1-Jun-1999 12:00 AM
- Al Al2O3 1-Jun-1999 12:00 AM
- Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM
- S FeS2 1-Jun-1999 12:00 AM
- K MAD-10 Feldspar 1-Jun-1999 12:00 AM
- Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM
- Fe Fe 1-Jun-1999 12:00 AM
- Ba BaF2 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	App Conc.	Intensity Corn.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%	Compd%	Formula	Number of ions
O K	1042.94	0.4910	40.00	1.36	53.90	55.01	O2C	8.00
Mg K	21.43	0.4710	0.86	0.20	0.76	0.00		0.11
Al K	36.12	0.5608	1.21	0.19	0.97	0.00		0.14
Si K	158.36	0.6694	4.45	0.27	3.42	0.00		0.51
S K	139.35	0.8139	3.22	0.22	2.17	0.00		0.32
K K	81.72	1.0685	1.44	0.17	0.79	0.00		0.12
Ca K	774.74	1.0103	14.44	0.48	7.77	0.00		1.15
Fe K	45.24	0.8089	1.05	0.23	0.41	0.00		0.06
Ba L	795.46	0.8182	18.31	0.72	2.87	0.00		0.43
C			15.01	1.10	26.95			4.00
Totals			100.00					
Cation sum								6.84



Signature \_\_\_\_\_