

 <p>DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES ORGANISMO DE INVESTIGACIÓN JUDICIAL (OIJ) PODER JUDICIAL, COSTA RICA</p> <p>CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ</p>	<p>PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN NORMADO ESPECIFICO</p> <p>P-DCF-ECT-FIS-39</p>
	<p>VERSION: 06</p> <p>Rige desde: 01/03/2024</p>

<p>Elaborado o modificado por:</p> <p>Dipl. Karen Raquel Alfaro Carvajal Técnico Especializado 6 Sección de Pericias Físicas</p>	<p>Revisado por Líder Técnico:</p> <p>M.Sc. Steven Vargas Ramírez Líder Técnico de Sección/ Unidad de Pólvora y Explosivos</p>
<p>Visto Bueno Encargado de Calidad:</p> <p>Bach. Jacqueline Chaves Vargas Encargada de Calidad de la Sección de Pericias Físicas</p>	<p>Aprobado por:</p> <p>Licda. Kattia Saborío Chaverri Jefatura, Sección de Pericias Físicas</p>

CONTROL DE CAMBIOS A LA DOCUMENTACIÓN

Versión	Fecha de Aprobación	Fecha de Revisión	Descripción del Cambio	SCD	Solicitado por
01	15/05/2017	16/12/2020	Versión Inicial del Procedimiento	10-17	KSC
02	16/12/2020	24/02/2021	Actualización del software utilizado. Se elimina lo relativo a la extracción de partículas para análisis por GC-MS y SEM-EDX. Cambios generales en redacción.	025-20	KSC
03	24/02/2021	02/06/2021	Se incluye la preparación de una muestra por caso positivo con partículas de aparente pólvora, para análisis por micro-espectroscopia infrarroja.	006-21	KSC



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES
ORGANISMO DE INVESTIGACIÓN JUDICIAL (OIJ)
PODER JUDICIAL, COSTA RICA

PROCEDIMIENTO DE
OPERACIÓN NORMADO
ESPECIFICO

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE
PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE
MICROSCOPIA DE LUZ**

P-DCF-ECT-FIS-39

VERSION: 06

Rige desde: 01/03/2024

PAGINA: 2 de 30

04	02/06/2021	27/06/2023	Se modifican las condiciones ambientales. Se cambian las unidades de las partículas observadas al microscopio (de milímetros a micras) y se agrega un check de revisión a dichas medidas. Revisión general de la redacción.	016-21	KSC
05	27/06/2023	01/03/2024	Se modifica la redacción del punto 4.2 Materiales, agregando los materiales directamente relacionados con la preparación de las partículas de pólvora para análisis por Micro Espectroscopia infrarroja (FT-IR). Se modifica el apartado 7 Procedimiento, incluyendo aspectos relacionados directamente con la preparación de las partículas para análisis por Micro Espectroscopia infrarroja (FT-IR). Revisión general de la redacción.	008-23	KSC
06	01/03/2024		Se actualiza lista de equipo y materiales. Se elimina el uso de la fuente de luz de fibra óptica de cuello de ganso. Se eliminan aspectos relacionados con la inspección visual directa y llenado de formulario en casos de revelados de Griess positivos sin partículas. Se eliminan los aspectos finales de previo a la extracción de las partículas. Se actualiza definición de: Partículas de pólvora en cantidad insuficiente.	003-24	KSC

**ESTE PROCEDIMIENTO ES UN DOCUMENTO CONFIDENCIAL
PARA USO INTERNO DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES
SE PROHÍBE CUALQUIER REPRODUCCIÓN QUE NO SEA PARA ESTE FIN**

	<p>DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES ORGANISMO DE INVESTIGACIÓN JUDICIAL (OIJ) PODER JUDICIAL, COSTA RICA</p> <p>CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ</p>	<p>PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN NORMADO ESPECIFICO</p> <p>P-DCF-ECT-FIS-39</p>
<p>VERSION: 06</p>	<p>Rige desde: 01/03/2024</p>	<p>PAGINA: 3 de 30</p>

La versión oficial digital es la que se mantiene en la ubicación que la Unidad de Gestión de Calidad defina. La versión oficial impresa es la que se encuentra en la Unidad de Gestión de Calidad. Cualquier otro documento impreso o digital será considerado como copia no controlada

COPIA NO CONTROLADA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 4 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

1 Objetivo:

Este PON tiene como objetivo establecer el método por microscopía de luz para la caracterización morfológica y micrométrica de partículas candidatas a ser categorizadas como pólvora libre de humos.

2 Alcance:

Este PON aplica para la identificación preliminar y caracterización de partículas de pólvora libre de humos sin deflagrar o parcialmente deflagradas, mediante la microscopía de luz, en láminas de plástico con detritos recolectados en diferentes superficies relacionadas con armas de fuego (superficies de impacto de proyectiles, ropas de sospechosos, etc.), que a su vez son positivas al revelado de Griess.

3 Referencias:

- 3.1 Abramowitz, M., Davidson, M.W. Optical Microscopy. Recuperado de <https://micro.magnet.fsu.edu/primer/pdfs/microscopy.pdf> (mayo 2017)
- 3.2 Araya Villalobos, M.C. Resúmenes climáticos Ciudad Judicial de San Joaquín de Flores IMN-DIM-CM-107-2021. Departamento de Información Meteorológica, Instituto Meteorológico Nacional, 20 de mayo 2021.
- 3.3 Clima San Joaquín, En: https://www.cuandovisitar.co.cr/costa-rica/san-joaquin-1148668/#Clima_San_Joaqu%C3%ADn-. Consultado 20 de mayo de 2021
- 3.4 Instructions BX51 System Microscope, Olympus. 2008, 4-7.
- 3.5 Manual de usuario OLYMPUS STREAM IMAGE ANALYSIS SOFTWARE Versión 510_UMA_OlyStream24_Volga_es_00_18March2019
- 3.6 Meng, H.H.; Caddy, B. Gunshot Residue Analysis-A Review. Journay of Forensic Sciences. 1997, 42 (4), 553-570.
- 3.7 Moorehead, W. Characterization of Smokeless Powders. Forensic Analysis on the Cutting Edge New Methods for Trace Evidence analysis, Blackledge, R. (ed), Wiley-Interscience: New Jersey. 2007, Capítulo 10, 246-259.
- 3.8 Procedimiento para la determinación de residuos de disparo en ropas y superficies varias, versión vigente
- 3.9 Procedimiento limpieza y revisión de áreas de trabajo, versión vigente.
- 3.10 Procedimiento para la identificación de los componentes de la pólvora libre de humos por cromatografía de capa fina, versión vigente.
- 3.11 Procedimiento para la determinación de pólvora libre de humos por micro espectroscopía infrarroja (FT-IR), versión vigente.
- 3.12 Pun, K-M.; Gallusser, A. Macroscopic observation of the morphological characteristics of the ammunition gunpowder. Forensic Sci. Int. 2008, 175, 179-185.
- 3.13 Smokeless Powders Database, National Center of Forensic Sciences. <http://www.ilrc.ucf.edu/powders/>
- 3.14 Standard Practice for Characterization and Classification of Smokeless Powder. American Society for Testing and Materials. 2016. Designación: E2998-16.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 5 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

3.15 Thornton, J. The Chemistry of death by gunshot. *Anal. Chim. Acta* 1994, 288, 71-76.

3.16 Wheeler, B.; Wilson, L. *Practical Forensic Microscopy, A Laboratory Manual*. John Wiley and Blackwell, The Atrium, England, 2008, Capítulos 1, 2 y 11.

4 Equipos y Materiales:

4.1 Equipos:

- Cámara digital de 5.0 megapíxeles y resolución de 2448 x 1920 píxeles activos.
- Computadora equipada con el programa "Stream Basic", con capacidad para realizar mediciones de longitud. Los requerimientos mínimos necesarios de la computadora están definidos por la versión más actualizada del software instalado. La computadora también debe tener acceso a la Herramienta Digital de las Unidades de PEX y QAR (SIDIPEX).
- Microscopio óptico o de luz con los siguientes requerimientos: al menos dos lentes objetivos, uno con magnificación mínima de 5X y otro con magnificación máxima de 20X, o similares. Además, al menos, dos lentes convertidores, uno de magnificación mínima de 1X y otro de magnificación máxima de 2X, o similares.

4.2 Materiales:

- Aguja de jeringa (ver Nota 1)
- Bitácora de control de uso del microscopio o registro equivalente
- Botella plástica con rociador de 500 mL
- Cajas de cartón o similar, con dimensiones aproximadas de 8 cm x 4 cm
- Cinta adhesiva tipo masking tape
- Cinta adhesiva de doble cara transparente, marca Tesa de 12 mm de ancho o similar
- Etiqueta de identificación de reactivos
- Formulario Análisis de residuos de disparo en ropas y superficies varias
- Guantes descartables
- Gabacha de manga larga
- Hojas de bisturí (ver Nota 1)
- Jeringa de 3 mL
- Mango para hojas de bisturí
- Marcador de punta fina con tinta indeleble
- Piseta
- Portamuestras o placas de vidrio de 7,5 cm x 2,5 cm o similar, nuevas o lavadas con agua, jabón para cristalería y enjuagadas con agua desionizada
- Portaviales
- Probeta
- Recipiente plástico de color rojo para desecho de material biopeligroso o punzocortante

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 6 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

- Toallas de papel
- Viales nuevos de vidrio con tapa con capacidad de 2 mL, o similar

La cristalería debe lavarse con anterioridad utilizando agua del grifo, detergente para cristalería y un enjuague final con agua desionizada.

Nota 1: En caso de reutilizarse, la aguja y la hoja de bisturí utilizadas para extraer y transferir los gránulos de aparente pólvora, deberán limpiarse con acetona grado cromatográfico entre casos.

5 Reactivos y Materiales de Referencia:

- Acetona grado cromatográfico
- Agua del grifo
- Agua desionizada
- Desinfectante líquido concentrado a base de sal de amonio cuaternario (Surfanios o equivalente)
- Desinfectante a base de sal de amonio cuaternario Surfanios al 0,25% en volumen (por dilución del producto concentrado) o producto equivalente a la concentración efectiva según ficha técnica respectiva (Ver Anexo 01)
- Detergente para cristalería
- Etanol al 95% en volumen
- Etanol al 70% en volumen (ver Anexo 01)

6 Condiciones Ambientales:

- 6.1** Para asegurar el buen funcionamiento del equipo a largo plazo, los ajustes de la temperatura de los sistemas de aire acondicionado en el laboratorio donde se ubica el microscopio de luz deberán mantenerse en un ámbito recomendado entre 5 °C y 40 °C aproximadamente, tal que la temperatura del cuarto esté fresca (cerca de los 25 °C). Para ello, como usuario/encargado del equipo revise que la programación del sistema de aire acondicionado se mantenga a una temperatura nominal de 23 °C. En caso de fallo, reporte al Proveedor del servicio de mantenimiento de aires acondicionados según lo establecido a nivel departamental para que se restablezca el funcionamiento, en cuyo caso puede continuar con los análisis de rutina mientras se restauran las condiciones controladas, considerando que no son críticas para los análisis micrométricos puntuales.
- 6.2** También es recomendable que la humedad relativa se mantenga por debajo del 80% aproximadamente según la recomendación del fabricante, lo cual se logra manteniendo el aire acondicionado encendido.
- 6.3** Como usuario del equipo, no es necesario que realice un registro de las condiciones puntuales de temperatura y humedad, toda vez que aún sin el sistema de aire acondicionado, las condiciones climáticas en la Ciudad Judicial de San Joaquín de Flores tienen valores promedio y valores máximos de temperatura a lo largo del año que no superan los 40 °C. La humedad relativa tampoco es crítica para los análisis ni para el equipo mientras esté funcionando el aire acondicionado de forma regular, considerando los valores de las medias en la localización geográfica del laboratorio y el uso de

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 7 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

mecanismos adicionales para mitigar el crecimiento de hongos (pastillas antihongos) y así proteger la óptica del equipo.

Nota 2: La instalación de las pastillas antihongos dentro de la cabeza del microscopio para proteger los prismas corresponde a una actividad realizada por el personal externo contratado para el mantenimiento del equipo, en función de la disponibilidad del insumo, y escapa a los alcances de este PON.

7 Procedimiento:

Nota 3 : La ejecución de este procedimiento debe realizarse acatando las normas de seguridad señaladas en el punto 11 "Medidas de Seguridad y Salud Ocupacional".

7.1 Condiciones iniciales del equipo y software

7.1.1 Anote la fecha, hora de inicio y el número de orden de trabajo o caso en la bitácora de control de uso del microscopio (o registro equivalente).

7.1.2 Encienda la computadora que cuente con el programa "Stream Basic" instalado. Haga doble clic en el siguiente ícono:  el cual se encuentra en el escritorio de la computadora para abrir el programa.

7.1.3 Retire el cobertor del microscopio.

7.1.4 Encienda el microscopio por medio del interruptor de encendido/apagado (ON/OFF) (señalado como "1" en la figura 1 del Anexo 02). En este momento debe iluminarse un cuadro de luz verde (LED) en el panel que indica el voltaje que regula la intensidad luminosa de la lámpara (señalado como "3" en la figura 1 del Anexo 02).

7.1.5 Verifique que el obturador o selector de trayectoria de luz, que se encuentra al lado izquierdo de los oculares (señalado como "5" en la figura 1 del Anexo 02), esté en la posición central. El obturador tiene tres posiciones o topes: una más interna (solo para visualización en el microscopio), otra intermedia al halar la varilla obturadora hacia fuera (para visualización en el microscopio y en el programa Stream Basic), y finalmente un tope más externo, que se alcanza cuando la varilla se hala completamente hacia fuera (solo para visualización con la cámara fotográfica).

7.1.6 En el monitor de la computadora seleccione el ícono con la opción "Imagen en vivo" (Ver figura 1) para poder visualizar la imagen del microscopio en el monitor de la pantalla.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 8 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

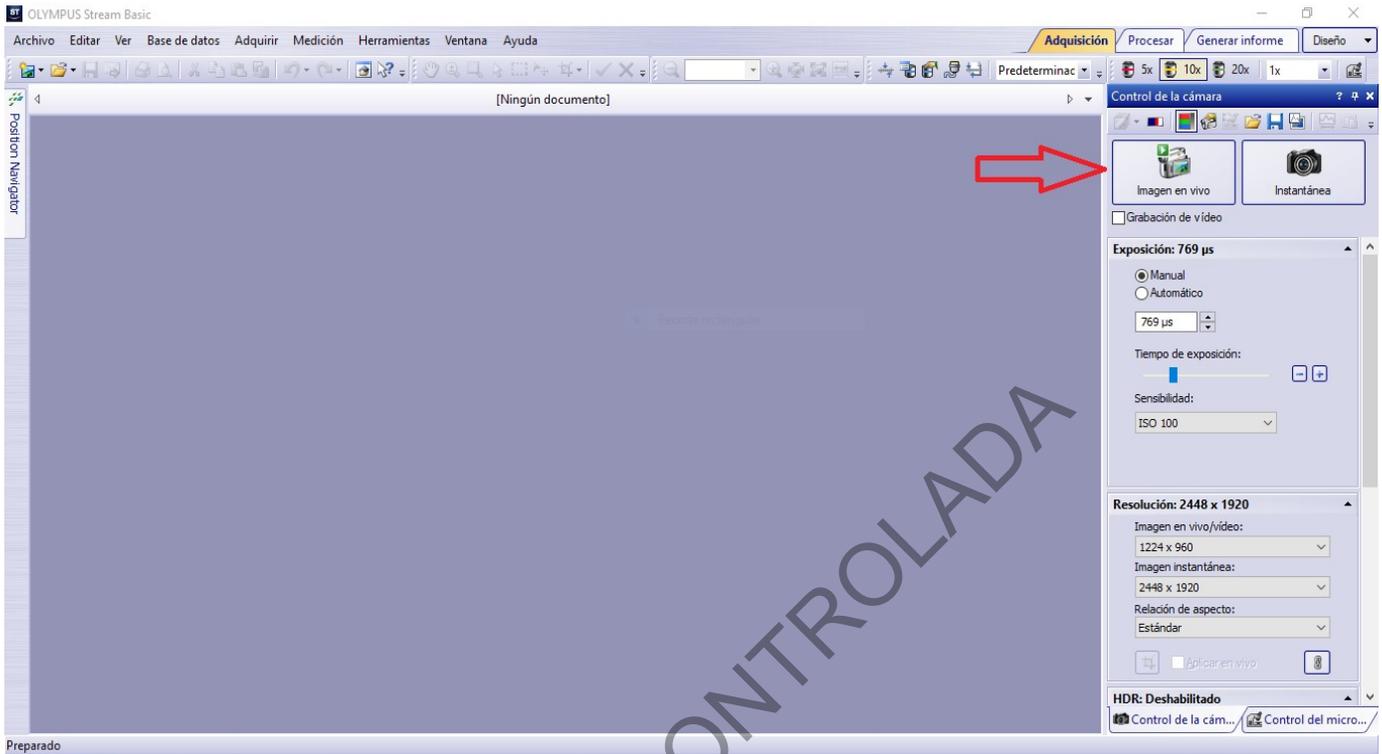


Figura 1. Selección del ícono "Imagen en vivo" en el menú del programa Stream Basic.

7.1.7 En la barra de herramientas, en la parte de control del microscopio, verifique que el objetivo y la magnitud sean las correctas. (Ver figura 2)

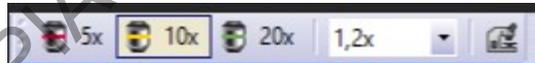


Figura 2. Barra de Herramientas para seleccionar el objetivo y la magnitud

7.1.8 Verifique que ambas casillas de resolución de imagen muestren el valor "2448 x 1920" (ver figura 3).

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 9 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

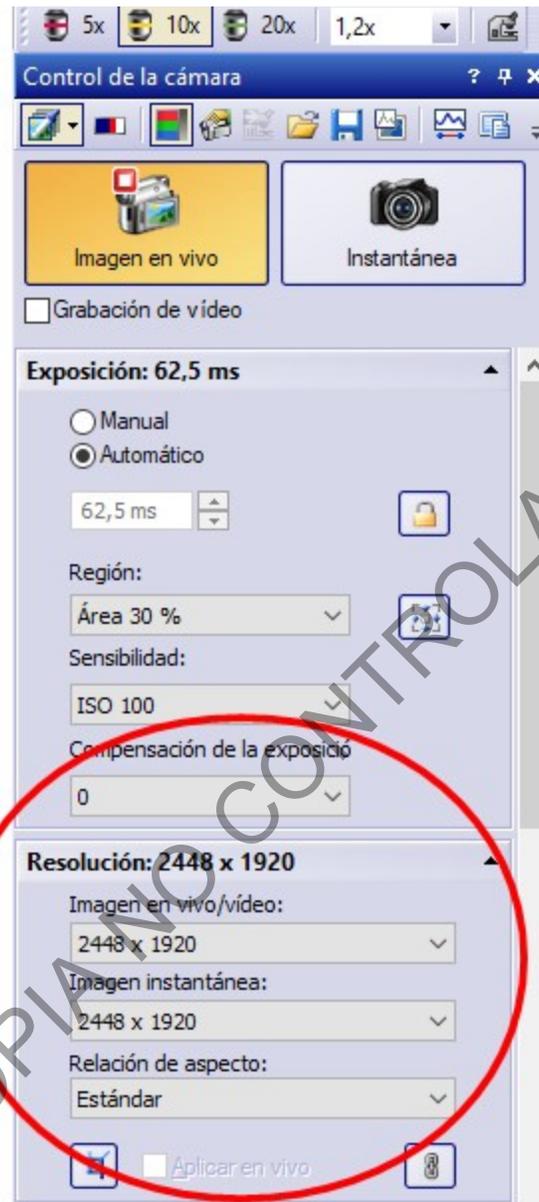


Figura 3. Verificación de información en casilla de resolución de imagen.

7.2 Inspección visual de las partículas mediante el microscopio

Nota 4: Las indicaciones dadas del punto 7.2. al punto 7.3 corresponden a lineamientos básicos que no tienen como propósito incluir todos aquellos aspectos y observaciones derivadas del proceso de entrenamiento de los usuarios del equipo. Consulte al líder técnico o bien al encargado del equipo y/o manual de operación del equipo (referencia 3.4) para aclaración o modificación de los parámetros, si es requerido.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 10 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

- 7.2.1** Para la(s) lámina(s) de plástico adhesivo con resultado positivo al revelado de Griess y con presencia de material particulado en las manchas anarajandas, una vez ubicada (por inspección visual directa) una potencial partícula de pólvora, realice un corte sobre el plástico adhesivo de la lámina inspeccionada bordeando la partícula de interés, para ésto utilice una hoja de bisturí con su respectivo mango. Levante el plástico y con una aguja para jeringa coloque la partícula a inspeccionar sobre el borde del papel fotográfico (o papel de soporte) y observe al microscopio.
- 7.2.2** Gire la perilla que controla la intensidad luminosa (señalada como "2" en la figura 1 del Anexo 02) hasta que se enciendan los cuadros luminosos verdes ubicados en el panel indicador del voltaje de la lámpara.
- 7.2.3** Coloque la lámina sobre la platina del microscopio, ajustando en caso de ser necesario con el soporte deslizante (indicado como "6" en la figura 01 del Anexo 02).
- 7.2.4** Localice el área de interés o recorte, y gire el sistema de desplazamiento de la plataforma (señalado como "7" en la figura 1 del Anexo 02) para lograr posicionar la partícula de interés bajo el lente objetivo (señalado como "8" en la figura 1 del Anexo 02).
- 7.2.5** Enfoque utilizando la perilla de ajuste fino/grueso (indicada como "9" en la figura 1 del Anexo 02) para observar con mayor nitidez la partícula.
- 7.2.6** Una vez enfocada la partícula, haga clic en el ícono que indica "Instantánea", tal como se muestra en la figura 4.
- 7.2.7** En caso de que la partícula no posea características morfológicas compatibles con las partículas de pólvora libre de humos sin deflagrar o parcialmente deflagradas, busque otra partícula en la lámina bajo inspección y repita el procedimiento desde el punto 7.2.1.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 11 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

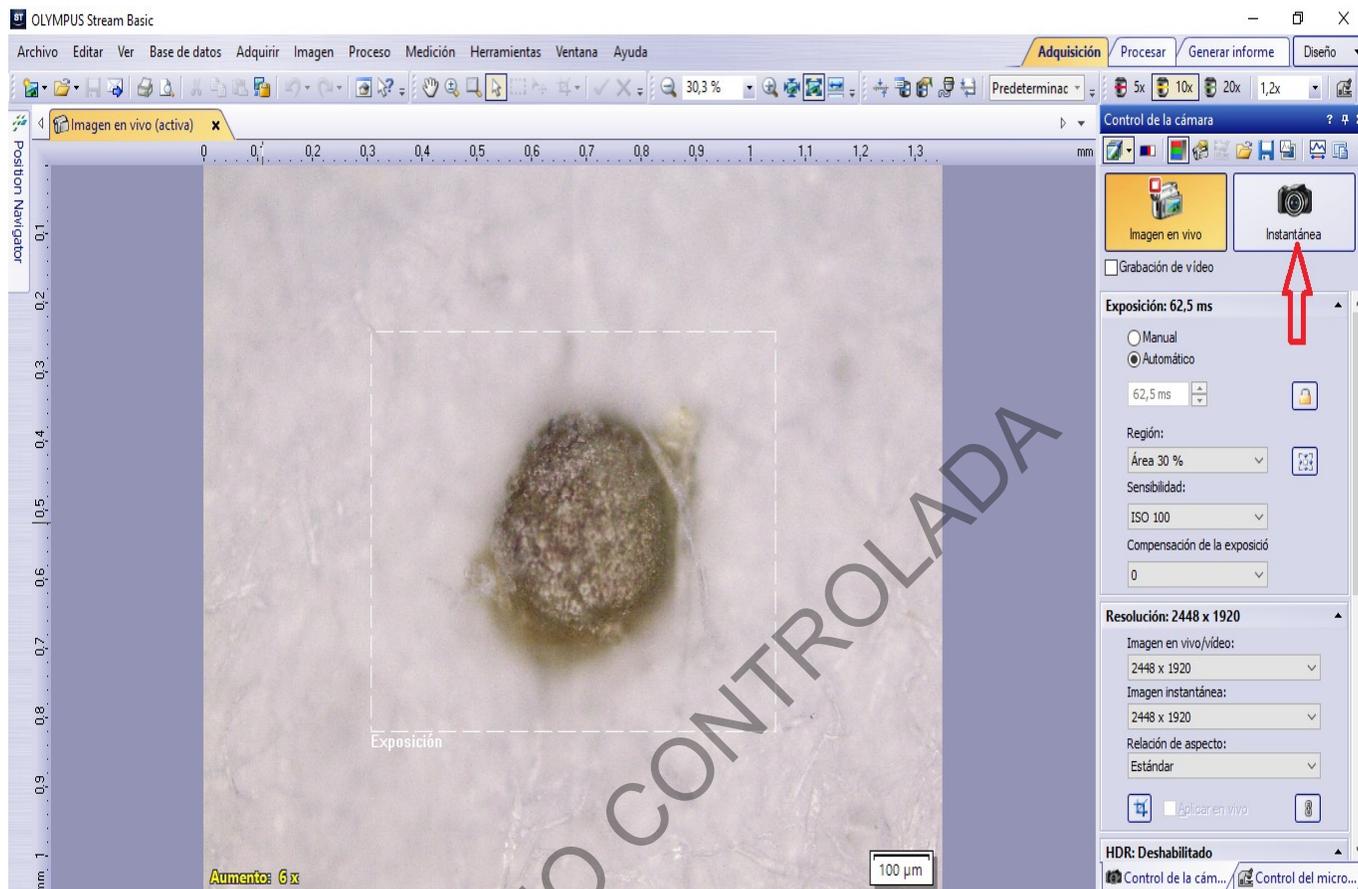


Figura 4: Captura de la imagen

7.3 Procesamiento de la imagen.

Nota 5: Las indicaciones dadas del punto 7.3.1 al punto 7.3.4 corresponden a lineamientos que detallan el uso de algunas de las ventanas del menú principal del software "Stream Basic". No obstante, queda a criterio del usuario el manejo de las mismas ya sea siguiendo estas indicaciones o bien el uso de los accesos directos ubicados en el menú principal con su respectiva descripción pictográfica.

7.3.1 Rotulación de la imagen.

7.3.1.1 Vaya a la barra de dibujo y seleccione la opción "Cuadro de texto" (ver Figura 5).

7.3.1.2 Posicione el puntero en el lugar donde desee hacer la anotación, hágalo utilizando los siguientes datos: Número de caso u orden de trabajo, prenda y/o zona de donde provienen las partículas.

7.3.1.3 Seleccione el tipo y tamaño de letra de modo que sea legible en la imagen (por ejemplo letra "Arial" y el tamaño "48").

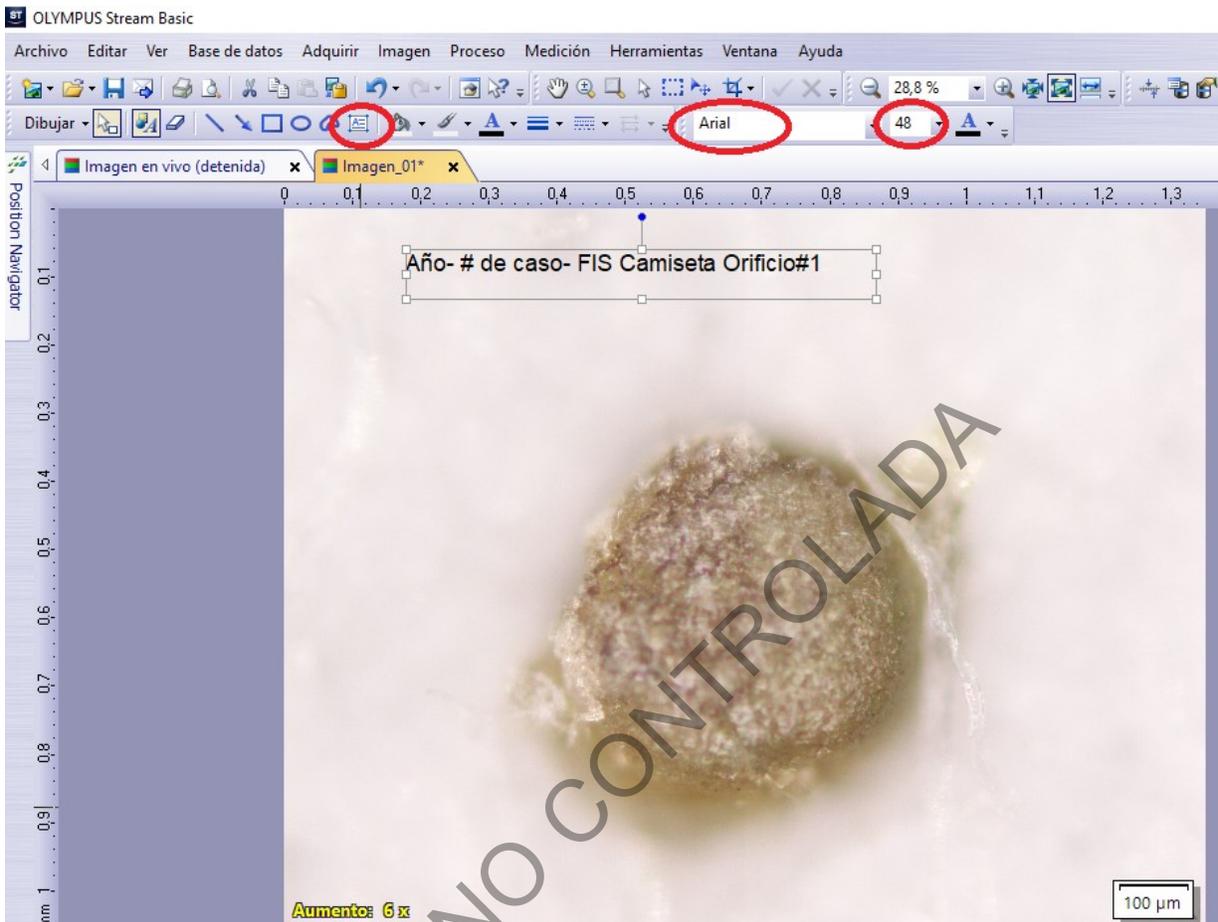


Figura 5: Selección de cuadro de texto, tipo y tamaño de letra

7.3.2 Medición de las dimensiones de las partículas

7.3.2.1 Seleccione en la barra de herramientas, que se encuentra en la ventana principal del programa, la opción denominada "Medición" y escoja la opción "línea arbitraria". Esta opción le permite medir la distancia que hay entre dos puntos para definir la longitud o diámetro de una partícula. Proceda a medir la partícula que se fotografió, documentando las dos dimensiones mayores (diámetros, largos, etc.). Dé clic izquierdo en el borde de interés y arrastre el puntero hasta el otro extremo dando otro clic izquierdo, la longitud de la línea aparecerá automáticamente en la fotografía (Ver Figura 6).

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 13 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

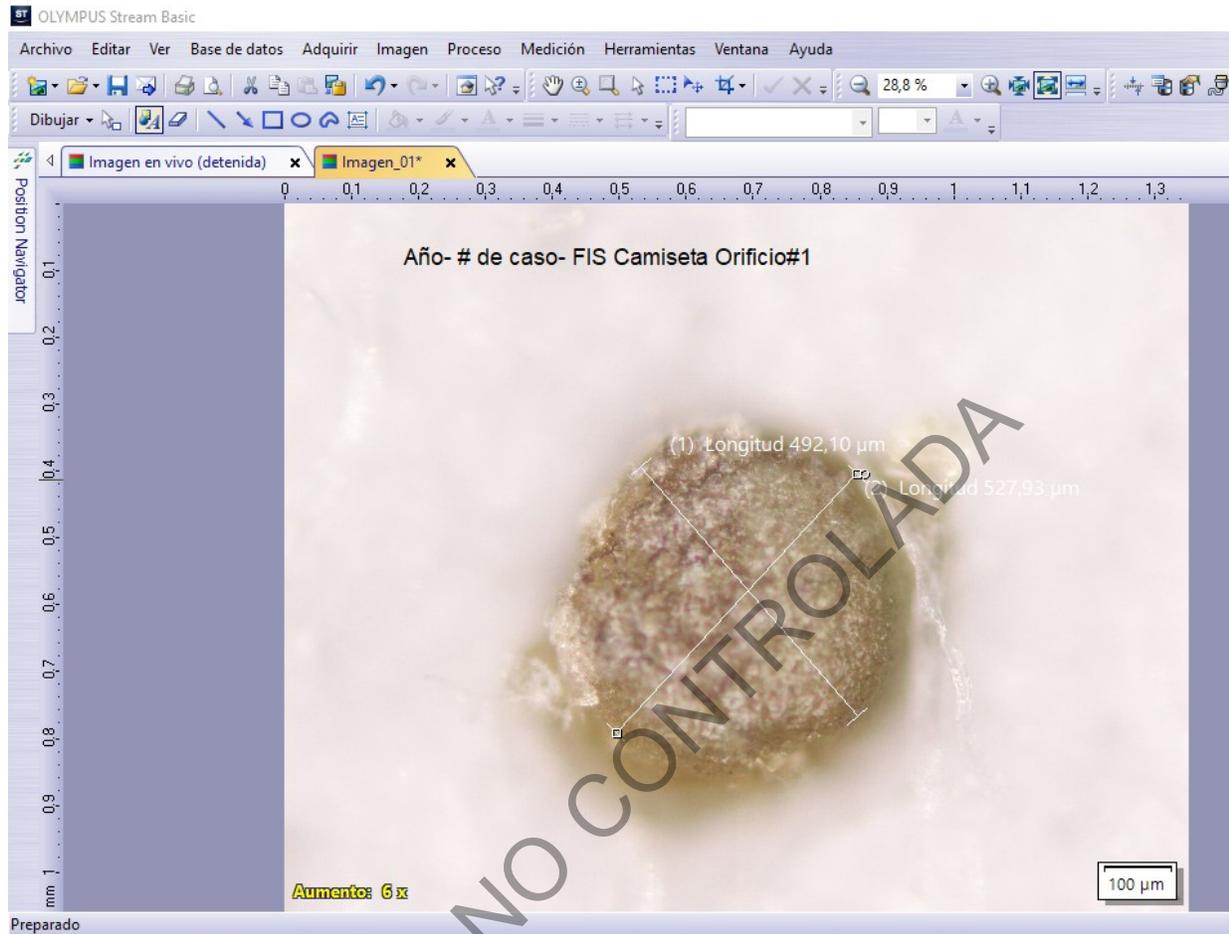


Figura 6. Medición de las dimensiones de las partículas.

- 7.3.2.2** Despliegue del menú de la barra principal en "Archivo" la opción "Guardar vista como". Esta opción permitirá que las mediciones y anotaciones colocadas en la fotografía original se puedan guardar.
- 7.3.3** Guardado de la imagen.
- 7.3.3.1** La imagen debe guardarse en la siguiente dirección: "D: Fotos Microscopio/PEX/Carpeta con el año correspondiente/crear carpeta con # de caso".
- 7.3.3.2** Seleccione el tipo de formato "JPEG" para guardar la foto.
- 7.3.3.3** Cada analista creará un respaldo de los casos vistos al día en: "U: 2.Pólvora y Explosivos/ Registros fotográficos/MICROSCOPIO/Carpeta con el año correspondiente". Además una vez al mes el técnico encargado realizará un respaldo en la memoria externa de todos los casos analizados durante el mes.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 14 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

7.4 Cantidad de partículas a fotografiar

7.4.1 Realice el registro fotográfico y micrometría de al menos un gránulo de aparente pólvora libre de humos por lámina de revelado de Griess positiva. En caso de que en una misma lámina se encuentren partículas con morfologías diferentes que hagan suponer el uso de diferentes municiones, el registro y micrometría se debe realizar para cada tipo de partícula encontrada. Por ejemplo, si existen partículas de morfología cilíndrica y partículas con morfología de disco en la misma lámina, registre las imágenes y características morfológicas de al menos una partícula de cada tipo.

Nota 6: Usualmente es suficiente realizar el registro de un solo gránulo por cada tipo de morfología por cada lámina, pero en casos de gránulos muy deflagrados de morfologías no asociables de forma contundente con la pólvora libre de humos, puede ser necesario el registro de la imagen y morfología de más de un gránulo.

7.5 Registro de resultados

7.5.1 Registre en el Formulario para el análisis de residuos de disparo en ropas y superficies varias (a través del SIDIPEX) la caracterización de las partículas inspeccionadas, detallando si hay presencia de aparentes partículas de pólvora libre de humos y la cantidad total aproximada en la lámina, así como el tipo morfología, color y sus dimensiones aproximadas (dichas dimensiones son registradas en micras, sin decimales, y redondeadas a la unidad más cercana). En aquellas láminas donde el resultado de la prueba de Griess es positiva, pero no se observa cantidad suficiente de partículas de aparente pólvora libre de humos (según lo acordado en el Procedimiento para la determinación de residuos de disparo en ropas y superficies varias), complete el formulario con la leyenda: "*Griess positivo con partículas insuficientes para análisis de TLC*".

Nota 7: En caso de presentarse una dificultad temporal con el SIDIPEX o cualquier otra circunstancia que impida el acceso a la herramienta, de forma tal que no permita registrar la información técnica de los casos para la generación del Formulario de análisis, se debe emplear para todos los registros técnicos de este PON el formulario Análisis de residuos de disparo en ropas y superficies varias, versión vigente descargado del Gestor Documental.

7.5.2 Asegúrese de marcar en el SIDIPEX o formulario impreso el check que indica: "*La información referente a las partículas de aparente pólvora libre de humos es leída, anotada y verificada de forma coherente por la persona encargada de la ejecución del Procedimiento P-DCF-ECT-FIS-39 (ver apartado Metodología(s))*".

7.6 Extracción de partículas para confirmación de identidad química

7.6.1 Extraiga para análisis químico las partículas señaladas en 7.4, siempre que se cumplan los criterios y escenarios indicados en el Procedimiento para la determinación de residuos de disparo en ropas y superficies varias, cuando sea requerido el análisis químico de las partículas por técnicas cromatográficas o espectrométricas. Lo anterior en función del número de partículas o gránulos de aparente pólvora en las láminas de plástico adhesivo (con revelado de Griess positivo con partículas).

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 15 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

7.6.2 Para la extracción de partículas que se analizarán por TLC:

7.6.2.1 Rotule un vial de 2mL de capacidad con el número de caso, prenda, número de orificio o parte del cuerpo, según corresponda.

7.6.2.2 Coloque la partícula o partículas observadas al microscopio dentro del vial limpio y seco, utilizando una aguja para jeringa a manera de espátula y agregue 2 gotas de acetona grado cromatográfico.

7.6.2.3 Almacene el vial en la caja de portaviales destinada para este fin y guárdela bajo llave hasta la realización del análisis según el Procedimiento para la identificación de los componentes de la pólvora libre de humos por cromatografía de capa fina.

7.6.3 Preparación de la placa de vidrio para la extracción de partículas para confirmación de identidad mediante micro FT- IR:

7.6.3.1 Seleccione al menos una partícula representativa de cada morfología de los gránulos de aparente pólvora obtenidos en el caso (conjunto de láminas positivas con partículas).

7.6.3.2 Tome una placa de vidrio y coloque cinta adhesiva tipo masking tape por una de sus caras (debe quedar del tamaño de la placa).

7.6.3.3 En la cara contraria de la placa de donde se colocó el masking tape, coloque un trozo pequeño (aproximadamente 1 cm) de cinta de doble cara y remueva el protector para que quede descubierto el lado adhesivo. Procure dejar la cinta doble cara centrada en la placa.

7.6.3.4 Rotule el la placa, con tinta indeleble, el número de orden de trabajo o caso, prenda y zona de donde provienen las partículas.

7.6.3.5 Extraiga la partícula con la punta de la aguja para jeringa a manera de espátula. Si la extracción resulta complicada debido al tamaño de la partícula, realice otros cortes alrededor de ésta de modo que pueda desprender el trozo de plástico o papel junto con la partícula adherida.

7.6.3.6 Adhiera la partícula en la cinta doble cara, y señale con tinta indeleble la ubicación de la misma (como se observa en la Figura 7).

7.6.3.7 Coloque el portaobjetos en una caja de cartón o similar que permita la protección e individualización de cada lámina y guárdelas bajo llave hasta la realización del análisis según el Procedimiento para la determinación de pólvora libre de humos por micro espectroscopía infrarroja (FT-IR).

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 16 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

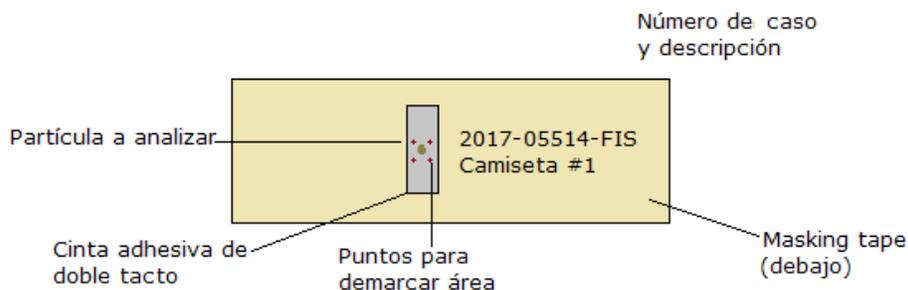


Figura 7. Placa de vidrio con partícula para análisis por FT-IR.

7.7 Condiciones finales del equipo

7.7.1 Apague el equipo con el interruptor ON/OFF (señalada como "1" en la Figura 1 Anexo 02).

7.7.2 Remueva la última lámina analizada, baje la plataforma del microscopio hasta el tope girando la perilla de ajuste fino/grueso (señalada como "9" en la Figura 1, Anexo 02).

7.7.3 Complete la información que se le solicita en la bitácora de control de uso del microscopio.

7.8 Disposición final de las láminas

7.8.1 Conserve las láminas revisadas al microscopio en la gaveta de custodia destinada para este fin dentro del cuarto de ropas según los plazos indicados en el Procedimiento para la determinación de residuos de disparo en ropas y superficies varias.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 17 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

8 Criterios de Aceptación o Rechazo de Resultados:

No.	Criterio de Aceptación	Valor Límite	Corrección Aplicable
1	Llenado de Formularios de trabajo	Llenado completo del formulario en SIDIPEX o documento impreso	Completar el registro con la información faltante.
2	Archivado de las fotografías con mediciones	Archivo en carpeta de red con respaldo periódico	Completar respaldo.
3	Selección de partículas para confirmación de identidad química	Según 7.6 de este PON	Repetir revisión y realizar extracción .

9 Cálculos y evaluación de la incertidumbre:

La ejecución de este procedimiento no requiere de cálculos ni evaluación de la incertidumbre. Las mediciones asociadas con las dimensiones de las partículas no constituyen un resultado en sí mismas y son de carácter descriptivo, por lo que no requieren estimación de incertidumbre.

10 Reporte de Análisis y Resultados:

Los resultados de esta práctica constituyen un elemento de juicio en la identificación de gránulos de pólvora libre de humos en los peritajes de análisis de residuos de disparo en ropas y otras superficies, los cuales valorados en conjunto con los resultados de otras pruebas ortogonales, tales como el análisis mediante TLC y micro FT-IR permiten realizar una identificación definitiva de las partículas de pólvora. Es a partir de la información derivada de dichas pruebas (al menos dos de ellas) y de la identificación categórica de las partículas, que se pueden realizar inferencias criminalísticas sobre distancias de disparo o la vinculación con un arma de fuego.

En los Anexos N° 03 y 04 se muestran las morfologías típicas de los gránulos de pólvora sin deflagrar y los efectos que tiene sobre ellas el nivel de deflagración.

11 Medidas de Seguridad y Salud Ocupacional:

- 11.1** Utilice gabacha y guantes para la manipulación de las láminas de plástico adhesivo ya que deben considerarse un material potencialmente bioinfeccioso.
- 11.2** Al terminar de realizar la inspección, toma de fotografía con el microscopio y/o recolección de partículas de aparente pólvora libre de humos de cada caso, limpie con acetona grado cromatográfico y papel toalla la aguja de la jeringa y la hoja de bisturí utilizada.
- 11.3** Descarte la hoja de bisturí, en caso de ser necesario, en un recipiente de color rojo utilizado para al descarte de material punzocortante.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 18 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

- 11.4** Limpie el área de trabajo utilizando para ello una toalla impregnada con una disolución de etanol al 70% en volumen o una disolución de desinfectante a base de amonio cuaternario (Surfanios) según se indica en el PON de limpieza y revisión de áreas de trabajo.
- 11.5** Descarte los guantes y el papel toalla en el basurero de color rojo utilizado para el desecho de material bioinfeccioso.

12 Simbología:

DCF:	Departamento de Ciencias Forenses
Micro FT-IR:	Espectrómetro infrarrojo con transformada de Fourier, acoplado a microscopio
mL:	Mililitros
mm:	Milímetros
N/A:	No aplica
PEX:	Pólvora y Explosivos
PON:	Procedimiento de Operación Normado
QAR:	Unidad de Análisis Químico de Residuos
SCD:	Solicitud de cambio documental
SGC:	Sistema de Gestión de la Calidad
SIDIPEX:	Sistema Digital de PEX y QAR
TLC:	Cromatografía de Capa Fina
UGC:	Nomenclatura para la Unidad de Gestión de Calidad
%:	Porcentaje

13 Terminología:

Aumento o magnificación: Unidad de la potencia amplificadora de una lente. El aumento total que permite un microscopio óptico se calcula multiplicando la magnificación que producen el objetivo por la que producen los oculares. Por ejemplo, si se usa un objetivo de 40x (aumenta 40 veces) y un ocular de 10x (aumenta 10 veces), el resultado final será de 400x, es decir, se verá la imagen de la muestra aumentada 400 veces. Algunos microscopios ópticos tienen lentes internas que producen aumentos adicionales que se tendrán que tener en cuenta para calcular la magnificación de la imagen que se observa.

Deflagrar: Arder una sustancia súbitamente con llama y sin explosión.

Enfoque: Resultado de hacer que la imagen de un objeto producida en el foco de una lente se recoja con claridad sobre un plano u objeto determinado. Se logra cambiando la distancia entre el objetivo y el espécimen para obtener una imagen nítida y resuelta. En la mayoría de los casos la platina con la muestra es elevada o bajada con los ajustes grueso (macrométrico) y fino (micrométrico) de la perilla de enfoque.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 19 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

Ésteres nitrados: parte de los constituyentes de la pólvora libre de humos (nitrocelulosa y nitroglicerina).

Revelado de Griess: Prueba química utilizada para la detección preliminar de material nitrado asociado con la deflagración de la pólvora libre de humos, usando una reacción química altamente selectiva para la detección de nitritos con el reactivo de Griess. En el peritaje de estimación de distancia de disparo se utiliza como revelador para la visualización de depósitos de gránulos de pólvora y restos de su deflagración (patrón total de nitritos) en la superficie de impacto y evaluar su distribución alrededor de un orificio de entrada de proyectil balístico. Considerando que no solo permite la detección química de pólvora sino también la observación de su dispersión, se cataloga como una prueba quimiográfica.

Lente conversor (*magnification changer*): Accesorio que mediante una torreta integrada de lentes auxiliares permite en el microscopio hacer aumentos intermedios en pequeños pasos (e.g. 1X, 1,25X, 1,6X y 2X) sin necesidad de hacer cambios del lente objetivo.

Microscopia de luz reflejada: Técnica de microscopia óptica en la cual la luz llega a la muestra haciéndose incidir desde arriba, a través del objetivo, y se refleja en la superficie de la muestra. También llamada microscopia de iluminación episcópica, esta técnica es utilizada con especímenes opacos como por ejemplo muestras metalúrgicas. Difiere de la microscopia de luz transmitida (de iluminación diascópica), en la cual la luz se hace incidir sobre la muestra desde abajo y se transmite a través de la muestra, siendo útil en el análisis de especímenes translúcidos como células y materiales biológicos.

Micrometría: La medición de objetos mediante el uso de un microscopio se denomina micrometría, que puede medir con precisión pequeñas distancias lineales.

Microscopía óptica (microscopía de luz clásica): consiste en hacer pasar luz visible de una fuente (difractada, reflejada o refractada en el sujeto de estudio) a través de lentes ópticos simples o múltiples, para lograr una vista ampliada de la muestra. La imagen resultante puede ser detectada directamente por el ojo humano, impresa en una placa fotográfica o registrada y mostrada digitalmente (y eventualmente almacenada en algún soporte digital).

Partículas de pólvora en cantidad insuficiente: Cantidad de gránulos de pólvora que no resulta relevante en la estimación de distancia de disparo pues no se consideran significativos para interpretar. Arbitrariamente y de forma general se definen como tales los siguientes casos:

- Casos con una lámina con tres o menos partículas de aparente pólvora sin más dispersión de material nitrado en ausencia de signos u otros elementos de juicio tomados en consideración para la estimación de la distancia de disparo.
- Casos con dos láminas cumpliéndose que la cantidad de gránulos entre las dos láminas es menor que 6 partículas. Lo anterior cuando no hay más dispersión de material nitrado en ausencia de signos u otros elementos de juicio tomados en consideración para la estimación de la distancia de disparo.
- Cuando hay más de dos láminas, se consideran insuficientes aquellas láminas del grupo con menos de tres gránulos. Lo anterior cuando no hay más dispersión de material nitrado en ausencia de signos u otros elementos de juicio tomados en consideración para la estimación de la distancia de disparo.

Pólvora libre de humos: Mezcla explosiva utilizada comúnmente como propelente en la fabricación de cartuchos para armas de fuego. Dependiendo de su composición se clasifica como pólvora de base simple (nitrocelulosa + estabilizantes + otros aditivos), de base doble (nitrocelulosa + nitroglicerina + estabilizantes + otros aditivos), o de base triple (nitrocelulosa + nitroglicerina + nitroguanidina + estabilizantes + otros aditivos).

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 20 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

Resolución: Capacidad de un instrumento para representar o hacer perceptibles las imágenes o señales de dos objetos próximos en el espacio. La resolución de una imagen indica cuánto detalle puede observarse en ésta. El término es comúnmente utilizado en relación con imágenes de fotografía digital. A mayor resolución de la imagen, ésta se visualiza con más detalle o calidad visual. Para las imágenes digitales almacenadas como mapa de bits, la convención es describir la resolución de la imagen con dos números enteros, donde el primero es la cantidad de columnas de píxeles (cuántos píxeles tiene la imagen a lo ancho) y el segundo es la cantidad de filas de píxeles (cuántos píxeles tiene la imagen a lo alto). La convención que le sigue en popularidad es describir el número total de píxeles en la imagen (usualmente expresado como el múltiplo correspondiente a millón, Mega-), que puede ser calculado multiplicando la cantidad de columnas de píxeles en una imagen por la cantidad de filas. En el caso de las cámaras con dispositivos de carga acoplados (CCD), existen mecanismos para mejorar la relación señal/ruido que se produce en el procesamiento de las señales provenientes de cada píxel, de manera que varios píxeles adyacentes pueden ser agrupados para generar un "súper-píxel" (*binning combinations*), disminuyendo en parte la resolución. El factor "*binning*" representa el número de píxeles que son combinados para dar un píxel más grande, a fin de recalcular la señal/ruido, asumiendo que la señal es la misma para cada píxel del grupo.

14 Anexos

No. de Anexo	Nombre del Anexo
01	Preparación de disoluciones para desinfección
02	Diagrama esquemático de un microscopio Olympus BX51
03	Tipos de pólvora libre de humos según su morfología
04	Efecto de la deflagración parcial de los gránulos de pólvora sobre su morfología.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 21 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

Anexo número 01

Preparación de disoluciones para desinfección

Disolución de etanol al 70% en volumen

- a. Utilizando una probeta adecuada al volumen a medir, mida 370 mL de etanol al 95% en volumen
- b. Diluya a 500 mL con agua de grifo
- c. Trasvase al recipiente contenedor (botella con tapa, piseta, etc.)
- d. Rotule con la etiqueta departamental para reactivos preparados llenando todos los campos requeridos.

La disolución de etanol al 70% únicamente se deberá utilizar para la desinfección de manos y limpieza de mesas de trabajo en áreas sin riesgo biológico. El tiempo de almacenamiento no es crítico considerando la frecuencia de uso en la Unidad.

Disolución de Surfanios.

- a. Mida 1,25 mL de Surfanios concentrado (medido con una jeringa de 3 mL o alrededor de 25 gotas) y colóquelos en una botella plástica de 500 mL con atomizador.
- b. Diluya a 500 mL con agua de grifo.
- c. Prepare semanalmente.
- d. Rotule con la etiqueta departamental para reactivos preparados llenando todos los campos requeridos.

Las disoluciones de etanol y desinfectantes de amonio cuaternario deben ser preparadas solamente por personal del DCF.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 22 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

Anexo número 02

Diagrama esquemático de un microscopio Olympus BX51

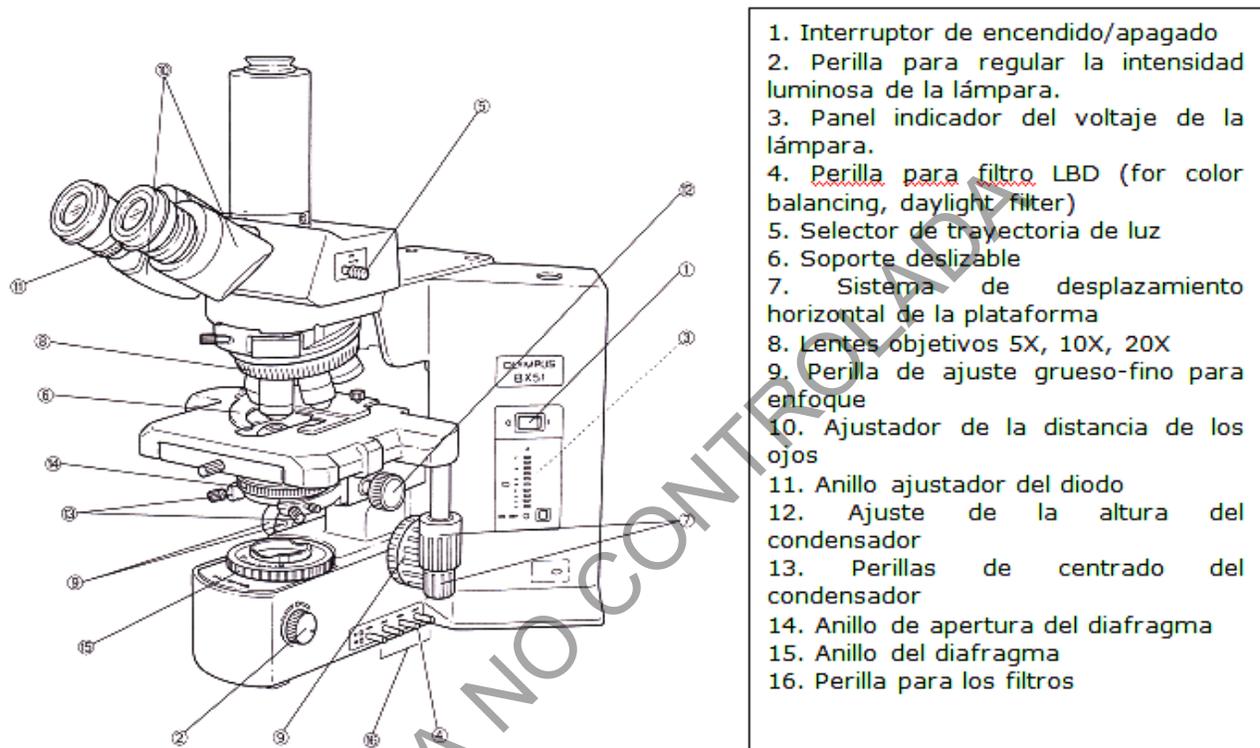


Figura 1-A02. Diagrama esquemático con las partes básicas del microscopio Olympus BX51. En el recuadro: detalle de cada una de las partes identificadas.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 23 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

Anexo número 03

Tipos de pólvora libre de humos según su morfología

(Imágenes tomadas de Moorehead, W. Characterization of Smokeless Powders. En: Forensic Analysis on the Cutting Edge New Methods for Trace Evidence analysis, Blackledge, R. (ed), Wiley-Interscience: New Jersey, 2007, Capítulo 10, pp. 246-259)

A continuación se describen los diferentes tipos de pólvora según su morfología:

1. **Laminar:** La pólvora en forma laminar se fabrica en tiras, luego se corta en toda la longitud. Los granos de esta morfología típicamente tienen forma de rombo, diamante o cuadrada.

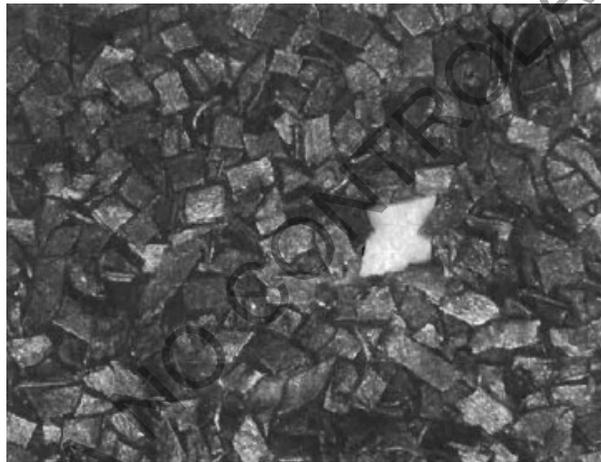
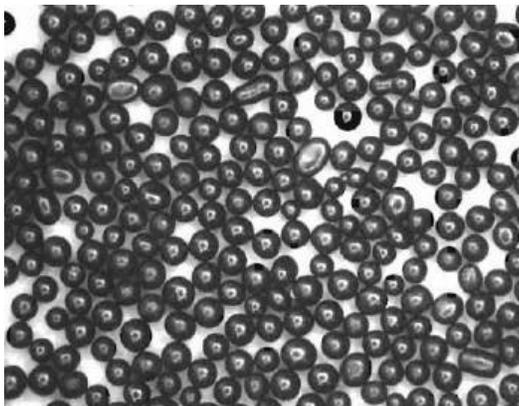


Figura 1-A03. Pólvora con morfología de lámina.

2. **Esféricas:** Se trata principalmente de granos en forma de esferas con algunos núcleos ovoides presentes.



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 24 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

Figura 2-A03. Pólvora con morfología de esfera.

3. **Tubular:** La pólvora tubular se clasifica además en pólvora de tubo largo y corto. Típicamente, cuando se ve el extremo, los núcleos tubulares tienen perforaciones visibles. Algunos núcleos pueden tener un recubrimiento de grafito que cubre y oscurece la perforación.
- 3.1. **Pólvora de tubo largo:** este tipo de pólvora tiene dimensiones que supera 1,7 mm de longitud, una dimensión significativamente superior a su diámetro.

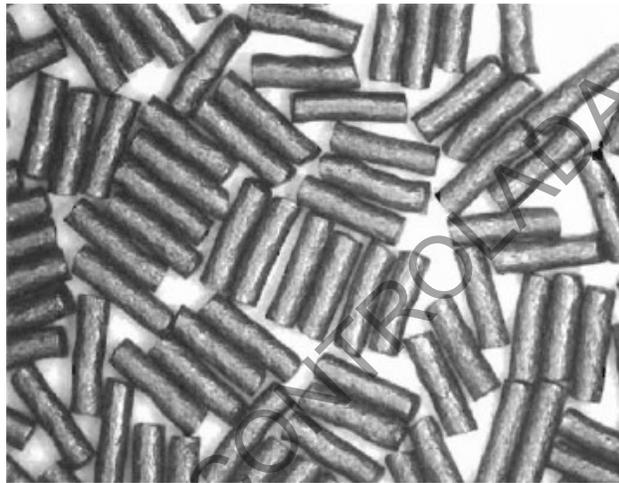


Figura 3-A03. Pólvora con morfología tubular larga

- 3.2. **Pólvora de tubo corto:** La longitud del tubo corto para estas pólvoras varía de aproximadamente 0,35 mm y menos de 1,70 mm. A diferencia de los tubos largos, los tubos cortos tienen morfología, tamaño, color y la presencia de puntos de colores que inmediatamente pueden distinguir entre algunos de las pólvoras entre sí. Casi todas las pólvoras de tubo corto tienen una perforación en el gránulo.

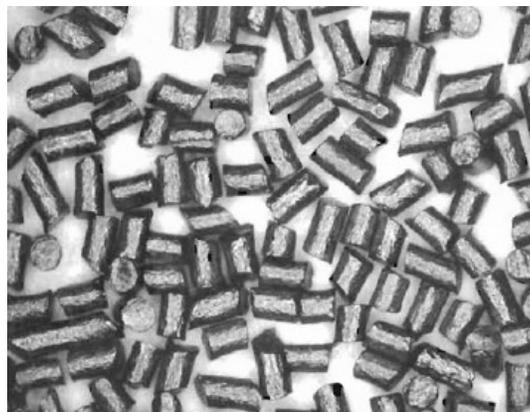


Figura 4-A03. Pólvora con morfología tubular corta

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 25 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	



Figura 5-A03. Pólvora con morfología tubular corta con perforación visible

4. **Disco:** La mayoría de los granos de pólvora con forma de disco pueden ser lisos o discos planos irregulares y ásperos.

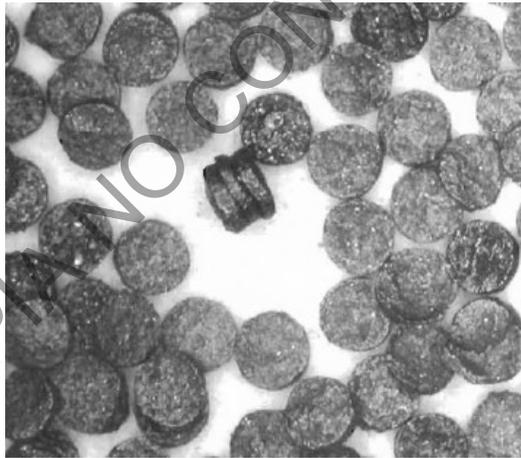


Figura 6-A03. Pólvora con morfología de disco

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 26 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	

5. **Hojuela:** Esta categoría incluye la más amplia variedad de la morfología de las pólvoras libres de humo, además de la clásica forma de esfera aplanada es decir una esfera que tiene dos bordes planos en lados opuestos, se pueden encontrar hojuelas rotas, alargadas, irregulares u ovaladas.



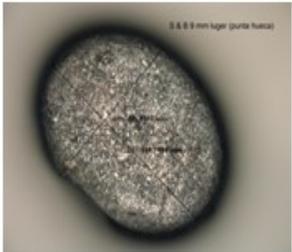
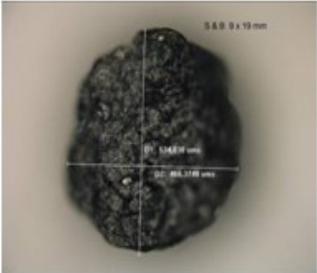
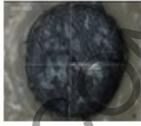
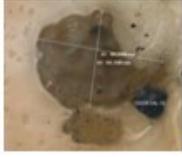
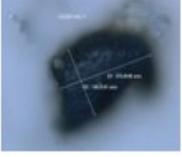
Figura 7-A03. Pólvora con morfología de hojuelas

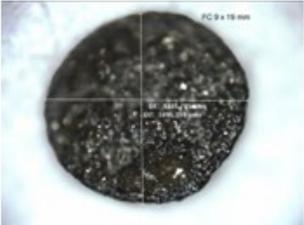
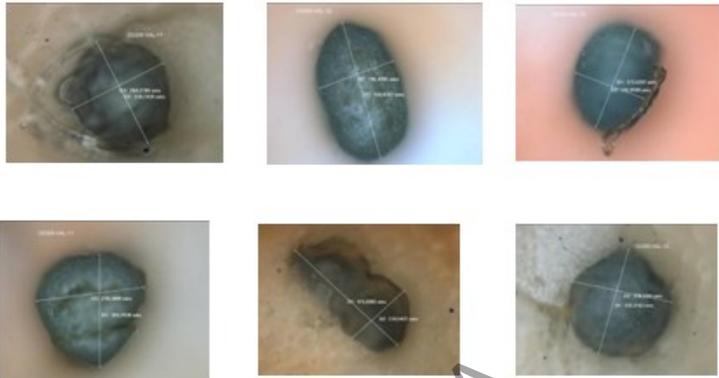
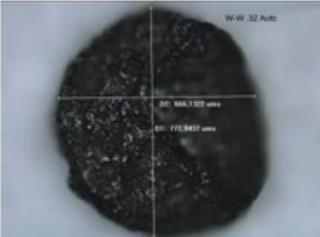
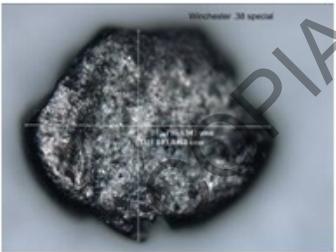
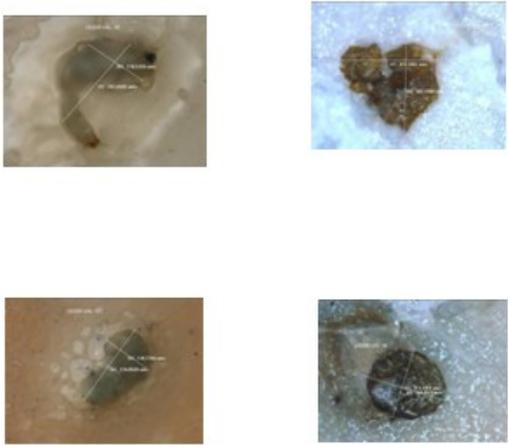
COPIA NO CONTROLADA

Anexo número 04

Efecto de la deflagración parcial de los gránulos de pólvora sobre su morfología

Cuadro 1-A04. Cambios en forma y color de los gránulos de pólvora libre de humos antes y después del disparo.

Gránulo de pólvora sin deflagrar	Gránulos de pólvora <u>semideflagrada</u>		
 <p>Munición S&B 9 mm Luger</p>			
 <p>Munición S&B 9 x 19 mm</p>			
 <p>Munición TPZ 9 x 19 mm</p>			
			

 <p>Munición FC 9 x 19 mm</p>	
 <p>Munición W-W .32 Auto</p>	
 <p>Munición Winchester .38 Special</p>	

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORENSES	VERSIÓN 06	PAGINA: 29 de 30
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE PÓLVORA LIBRE DE HUMOS MEDIANTE MICROSCOPIA DE LUZ	P-DCF-ECT-FIS-39	



COPIA NO CONTROLADA

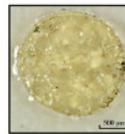
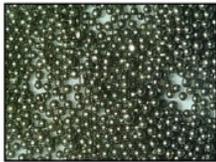
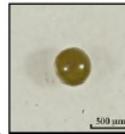
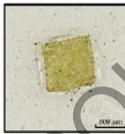
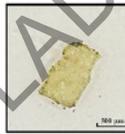
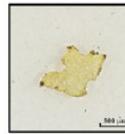
GUNPOWDER SHAPE	UNFIRED GUNPOWDER GRAINS	FIRED GUNPOWDER UNBURNT AND/OR PARTIALLY BURNT			
		COMBUSTION'S LEVEL			
Disc Flakes					
		dark grey	light grey	brown	yellow
Balls					
		dark grey	light grey	dark green	light green
Quadrilateral Flakes					
		dark green	light green	dark yellow	light yellow

Figura 1-A04. Algunos ejemplos que ilustran los cambios en forma y color de los gránulos de pólvora libre de humos antes y después del disparo. Imagen tomada de Pun, K-M; Gallusser, A. *Forensic Sci Int* 2008, 175, 179-185.

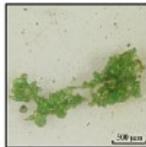
GUNPOWDER SHAPE	UNFIRED GUNPOWDER	FIRED GUNPOWDER	
Sticks			
Single perforated sticks			

Figura 2-A04. Algunos ejemplos que ilustran la dificultad de distinguir entre la morfología tubular perforada y sin perforar en la pólvora deplagrada. Imagen tomada de Pun, K-M; Gallusser, A. *Forensic Sci Int* 2008, 175, 179-185.