



The Abdus Salam
International Centre for Theoretical Physics

United Nations
Educational, Scientific
and Cultural Organization

International Atomic
Energy Agency

FIRST ICO-ICTP-TWAS Central American Workshop in Lasers, Laser Applications and laser Safety Regulations



M8: Solid State Lasers (SSL) and their Applications Surface cleaning: art restoration and industrial applications

Prof. Luis V. Ponce
CICATA IPN

INDICE

- Principios básicos
- Ventajas
- Equipamiento láser
- Limpieza de obras de arte
- Aplicaciones industriales
- El caso de la limpieza de alimentos (en nopal)
- Técnicas de monitoreo

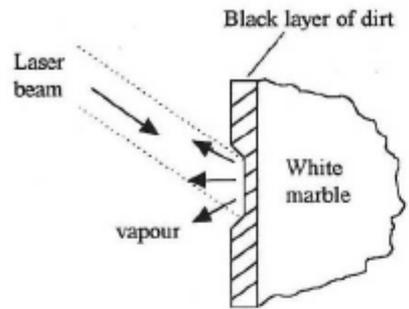
LIMPIEZA DE SUPERFICIES

- Primeras experiencias: El experimento de Asmus en Venecia.
- Iglesia de Frari, escultura Juan Bautista de Donatello



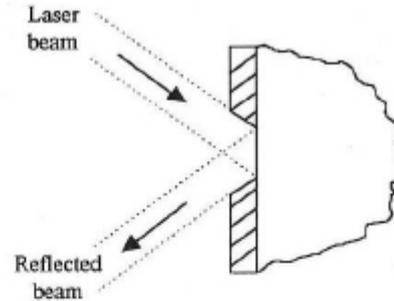
- Proyecto de Asmus en Cremona.
- Laser de Nd:YAG





Absorption of laser beam

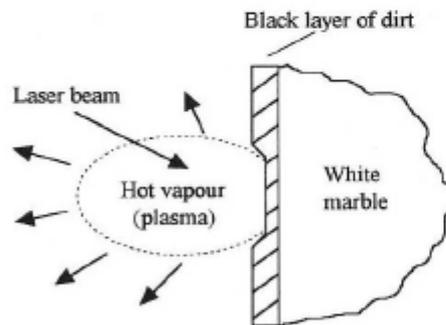
Initial interaction of long pulse radiation with a dark encrustation. Strong absorption of energy leads to vaporisation of material.



Reflection of laser beam

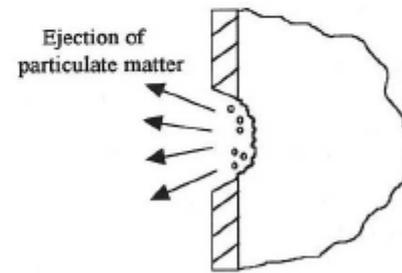
Final interaction of long pulse radiation with a dark encrustation. Once the encrustation has been removed further pulses are reflected from the weakly absorbing marble surface.

Figure 1.3. Normal-mode cleaning (Asmus, 1973).



Beginning of laser pulse

Vaporisation of encrustation occurs early during the pulse, leading to formation of a plasma. The temperature and pressure of the plasma increase rapidly as the incoming laser radiation is absorbed and a microscopic compression is applied to the surface.

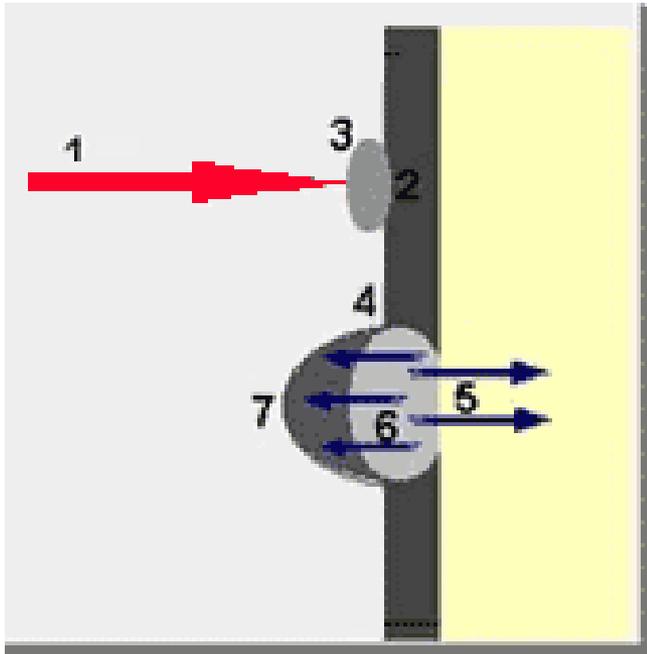


End of same laser pulse

As soon as the laser pulse finishes the plasma expands away from the surface. The surface relaxes and a thin layer of material is ejected.

Figure 1.4. Removal of material by Q-switched laser radiation (Asmus, 1973).

Proceso de limpieza



1. Rayo láser
2. Superficie
3. Formación de plasma
4. Expansión de plasma
5. Onda de choque
6. Fragmentación de capa superficial
7. Expulsión

Ventajas de la limpieza láser

- Eliminación selectiva de las incrustaciones.
- Ausencia de contacto mecánico con la superficie de la pieza.
- Preservación del relieve superficial.
- Versatilidad: Prácticamente cualquier material puede ser evaporado por láser.
- Control preciso: Se pueden eliminar capas de espesor muy fino y selectivamente de áreas muy reducidas.
- No existe el riesgo de acción continuada en el tiempo una vez concluido el proceso de limpieza.
- Mínimo daño ambiental.

Desventajas

- Costo de inversión
- Preparación del personal
- Insuficiente conocimiento de los mecanismos de interacción que explican el proceso de limpieza.

Como se explican las ventajas

- **Monocromaticidad:** Explica la selectividad del proceso.
- **Elevada energía:** Concentrando la luz del láser es posible alcanzar las mayores densidades de potencia obtenidas por hombre, ello posibilita vaporizar cualquier material.
- **Coherencia:** Gracias a esta propiedad y a la direccionalidad de la radiación es posible focalizar esta en dimensiones muy reducidas permitiendo realizar trabajos de elevada precisión.

Para determinar el láser mas conveniente

- **Potencia de la radiación.** (Suficiente para vaporizar materiales sólidos).
- **Duración del pulso.** Se emplean de preferencias láser que emitan pulsos cortos, con lo que disminuye la profundidad de la zona sometida a la influencia térmica.
- **Longitud de onda.** Proceso selectivo
- **Costos.** En el momento actual el láser compite ventajosamente únicamente cuando se realiza la limpieza de obras de elevado valor, área limitada o tan delicadas que impiden su limpieza por otras técnicas.

Parámetros importantes:

- Longitud de onda
- Ancho de pulso
- Energía de pulso
- Frecuencia de repetición
- Enfoque
- Traslado del haz
- Portabilidad



Láseres utilizados en limpieza

Predominan los láseres pulsados de Nd:YAG de pulso corto (Q:Switch)



Prototipo FotoClean (CICATA IPN)

Parámetros técnicos:

- .Método de limpieza: Pulsos láser
 - .Potencia del láser: Regulable hasta 80 W
 - .Ancho de pulso: Regulable
 - .Diámetro del rayo: 1,5 cm
 - .Frecuencia de pulsos: Hasta 100 pps
 - .Volumen: 40 x 90 x 85 cm
 - .Peso: 60 Kg
- Consumo eléctrico: 5 Kw

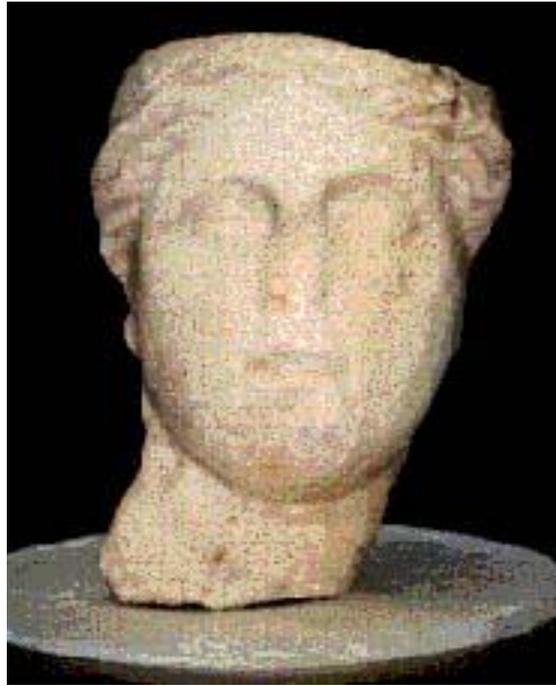
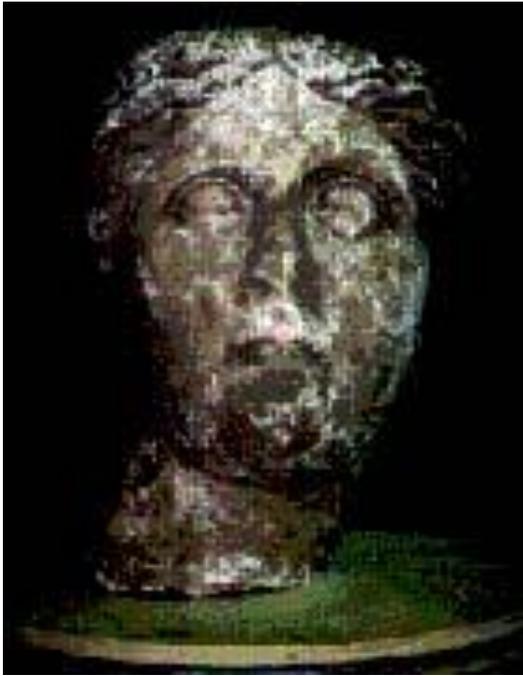


Limpieza en obras de arte: Piedra





Limpieza en obras de arte: Piedra



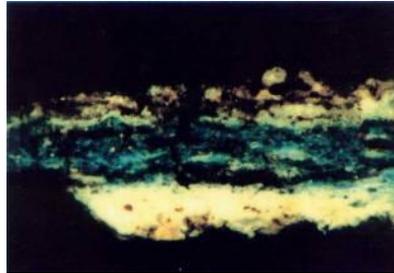


Pinturas

Antes



Seccion transversal



Perfil de iluminacion



Despues de la limpieza



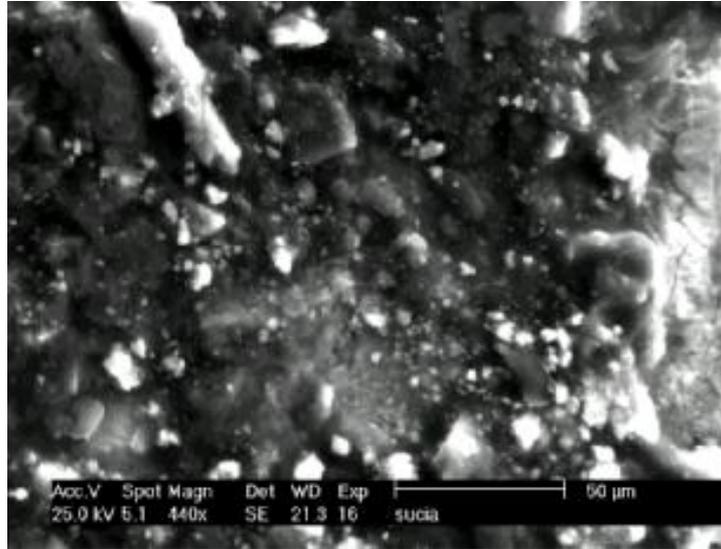


Limpieza de metales: CuZn

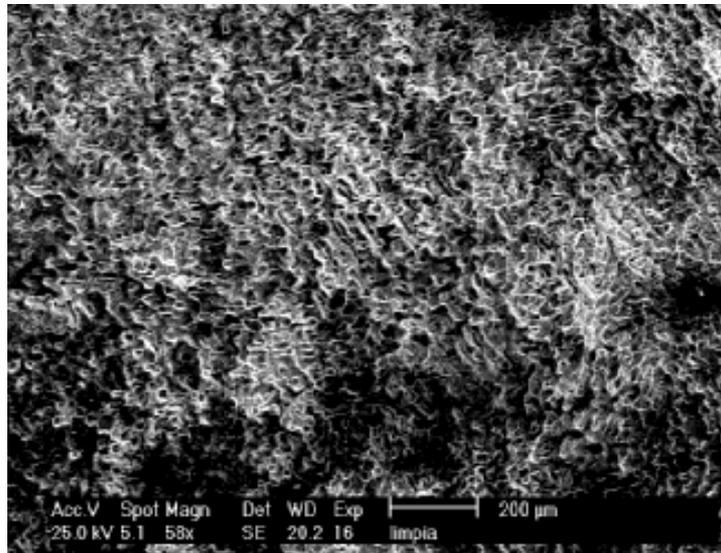


- Se utiliza un láser de Nd:YAG.
- Se elimina la capa de mugre y corrosión sin empleo de reactivos químicos.

Resultado al microscopio



Superficie antes de limpiar con láser: Se observan partículas de suciedad.



- Se eliminan las partículas de suciedad.
- Aumenta la microdureza en un 20%
- Aumenta la resistencia a la corrosión



clean



26.10.2005

Laser Cleaning Systems for Conservation

Manufacturers in Europe

Country	Organisation	Model	Type	Wavelength (nm)	Pulse length (ns)	Power (W)	Delivery
France	Quantel	Laserblast 50	Nd:YAG	1064	25	10	Fibre
France	Quantel	Laserblast 500	Nd:YAG	1064	10-12	20	Fibre
France	Quantel	Laserblast 1000	Nd:YAG	1064	10-12	40	Fibre
France	Quantel	Laserblast 2000	Nd:YAG	1064	10-12	75	Fibre
France	Thales	NL220	Nd:YAG	1064	7	30	Arm
Germany	Clean-Lasersystems GmbH	CL120Q	Nd:YAG	1064	80-150	120	Fibre
Italy	EL.EN. SpA	Smart Clean	Nd:YAG	1064	20000	20	Fibre
Italy	EL.EN. SpA	EOS1000	Nd:YAG	1064	50000-120000	20	Fibre
Italy	EL.EN. SpA	EOS1340	Nd:YAP	1341	60000-120000	14	Fibre
Italy	EL.EN. SpA	Laser Welder DW400	Nd:YAG	1064	1-20ms	40	Microscope
Italy	Lambda Scientifica	Artlight	Nd:YAG	1064	8	5	Fibre
Italy	Lambda Scientifica	Artlaser	Nd:YAG	1064	8	11,5	Direct
Italy	Quanta System	Palladio	Nd:YAG	1064/532	6	10	Arm
Italy	Quanta System	Michelangelo	Nd:YAG	1064/532	6	12	Arm
Italy	Quanta System	Cleaner 500	Nd:YAG	1064	6	50	Arm
Netherlands	Art Innovation	LCS	Excimer	248	20	30	Arm
Poland	Military University of Technology	ReNOVALaser 1	Nd:YAG	1064	6	1,2	Fibre
Poland	Military University of Technology	ReNOVALaser 2	Nd:YAG	1064/532	8	5,5	Arm
Poland	Military University of Technology	ReNOVALaser 5	Nd:YAG	1064/532/355/266/213	8	8,5	Arm
Poland	Military University of Technology	ReNOVALasErb 2936	Er:YAG	2940	50000-200000	4	Arm
Spain	Improgesa/LSI		Nd:YAG	1064	15	8,4	Arm
Spain	MPA	Maestro	Nd:YAG	1064	7	6	Fibre
UK	Lynton Lasers	Sparta	Nd:YAG	1064	5-10	5	Arm
UK	Lynton Lasers	Athena	Nd:YAG	1064/532	5-10	10	Arm
UK	Lynton Lasers	Zenith	Nd:YAG	1064/532	5-10	20	Arm
UK	Lynton Lasers	Compact	Nd:YAG	1064/532	5-10	7,5	Direct

FotoClean: Prototipo de láser para eliminación de corrosión para eliminación de corrosión

- Restauración de obras de arte.
- Limpieza de moldes
- Eliminación de grasa, corrosión y suciedad en general
- El CICATA desarrolla actualmente la limpieza de aisladores cerámicos y de vidrio para CFE





Proyecto en curso: Laser portatil



**LA ELIMINACION DE ESPINAS DE
NOPAL: UNA APLICACIÓN
MEXICANA DE LA ABLACION
LASER**

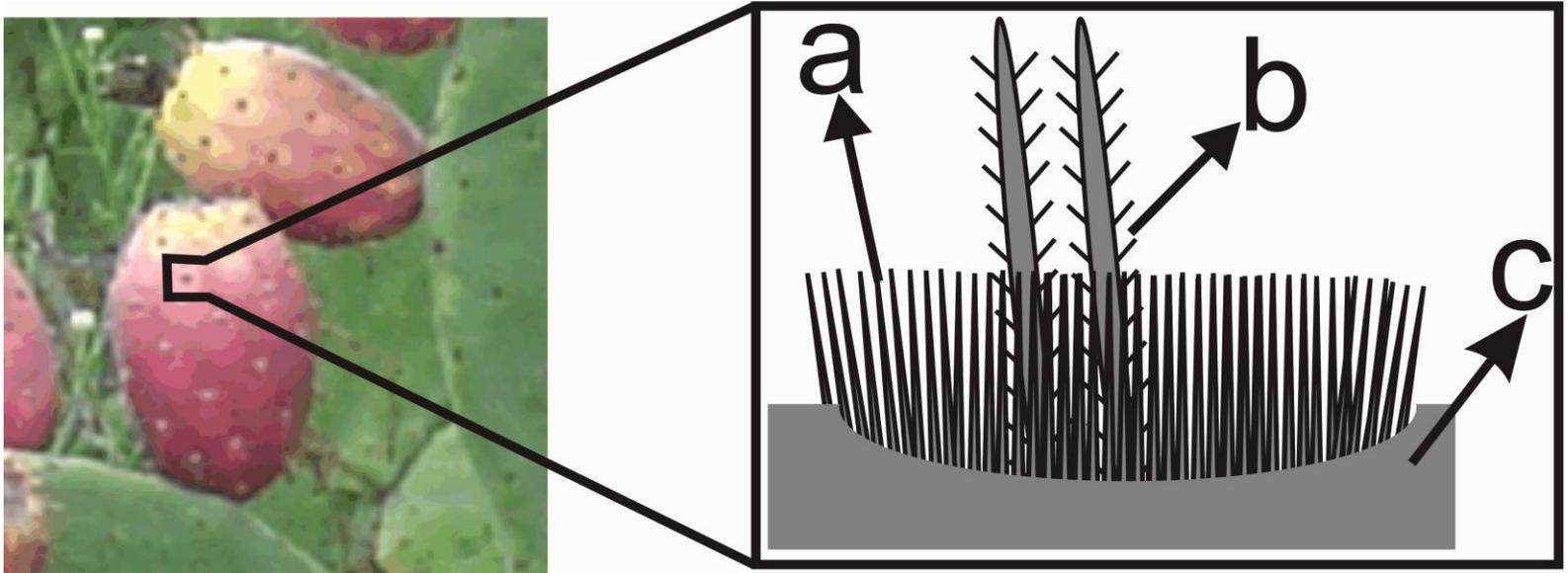
Problema: El desespinado del Nopal

- El desespinado se hace mecánicamente, ya sea de forma manual o automatizada
- Productividad limitada
- Merma de más del 20%
- Reducida vida de anaquel del producto (un día)
- Afectación a la salud de los operarios

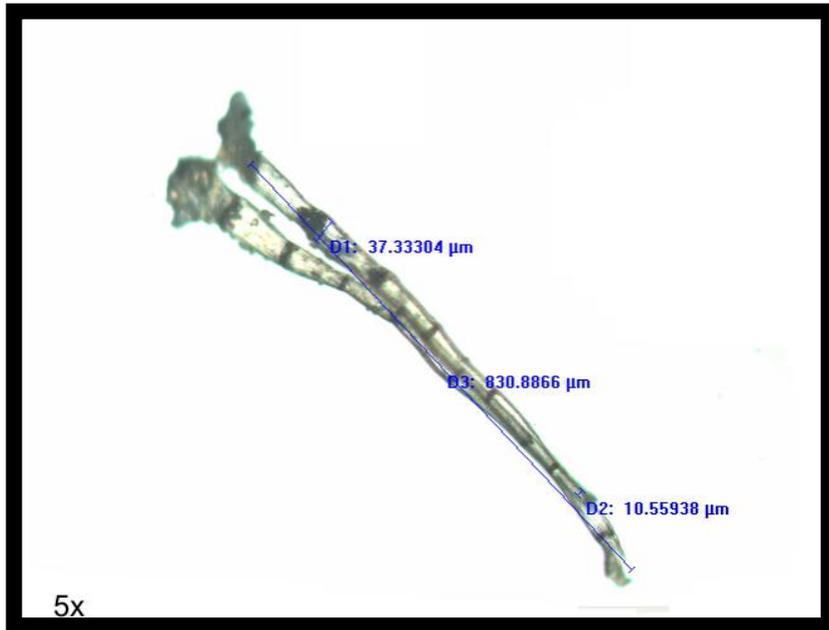


Propuesta de solución: Desespinado láser

- El principio físico
- El experimento
- Publicar o patentar?
- El prototipo
- Un nuevo negocio
- Un nuevo método de procesado de alimentos ?



- a) gloquidio: asemejan pequeños cojincillos con vellosidades afiladas y cortas
- b) espina
- c) corteza



Detalle del **glochidio** visto en el microscopio



Imagen de una **areola** típica de la Tuna

- Presencia de agua en el interior de la espina y en toda la areola
- Elevada absorción debida al gran número de espinas y glochidios
- El sistema ofrece una gran área de interacción-dispersión y material altamente absorbente y combustible.

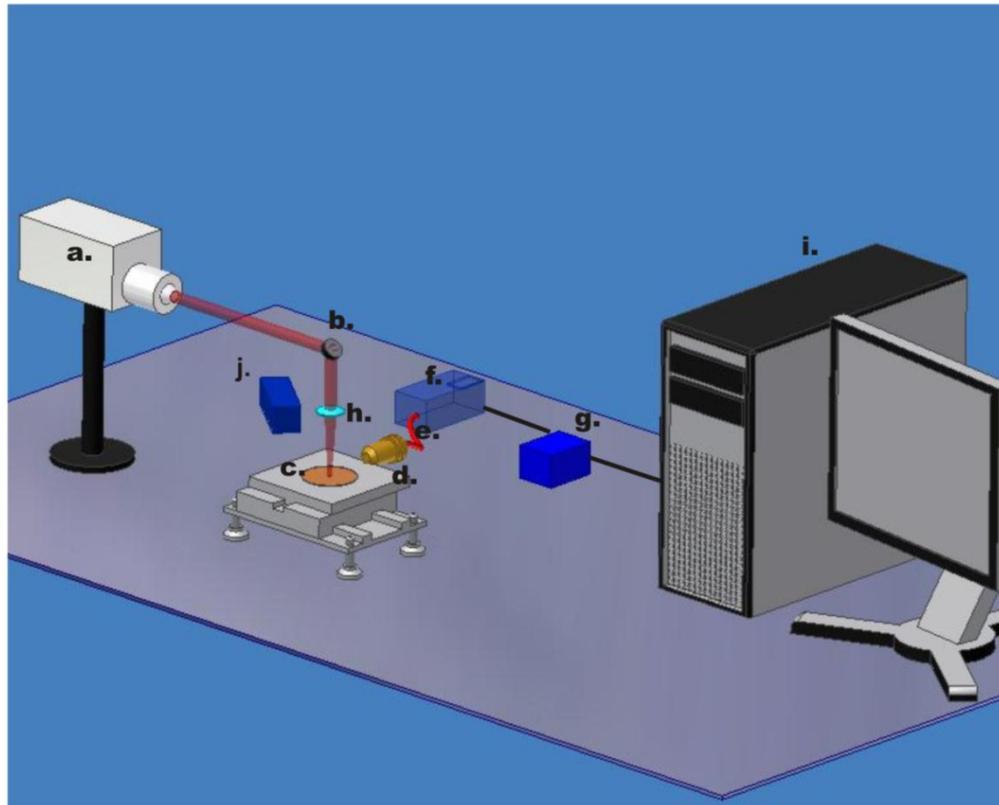
PRINCIPIO FISICO

- Esta solución se basa en el principio de absorción selectiva de luz pulsada:
- La luz sólo se absorbe en la espina y la elimina sin afectar el substrato
- Se utiliza luz monocromática de alta potencia y corta duración

Eliminando espinas pulso a pulso



Experimentos de detección fotoacústica y espectroscopia de plasmas inducidos por laser



a. Láser Nd:YAG
b. Espejo dicróico
c. Muestra
d. Arreglo de lentes
e. Fibra óptica

f. Espectrómetro
g. Controlador de tiempo
h. Lente
i. Computadora
j. Detector

Parámetros:

Láser:

Nd:YAG pulsado,

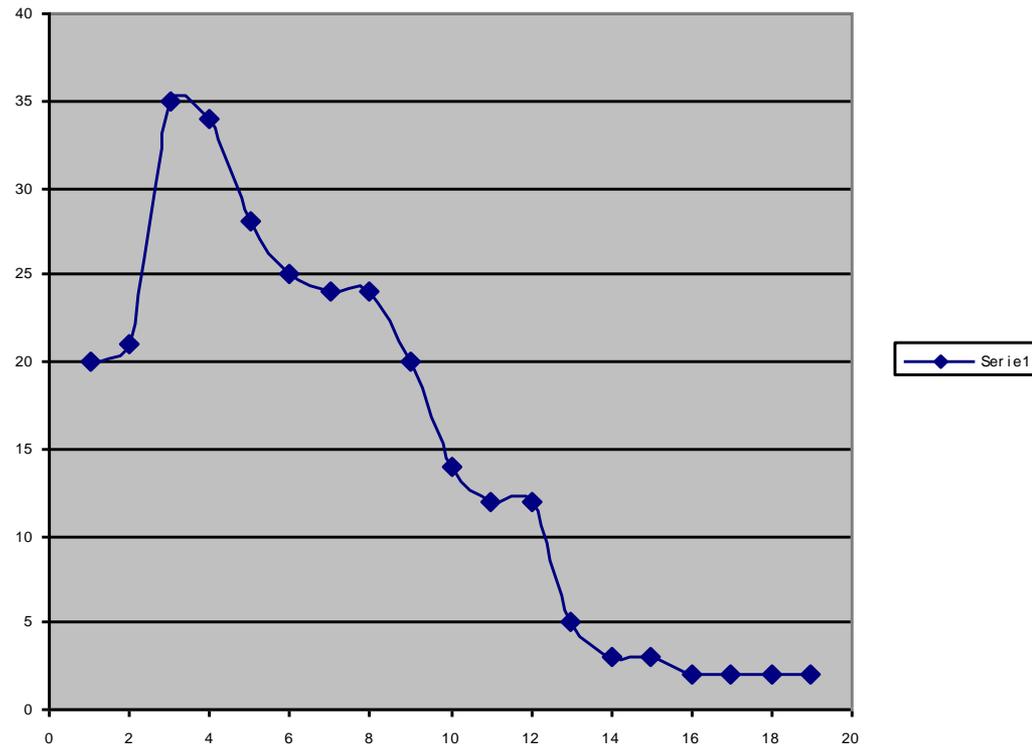
•Espectrómetro:

Ocean Optics
USB4000

•Resolución 0.1nm

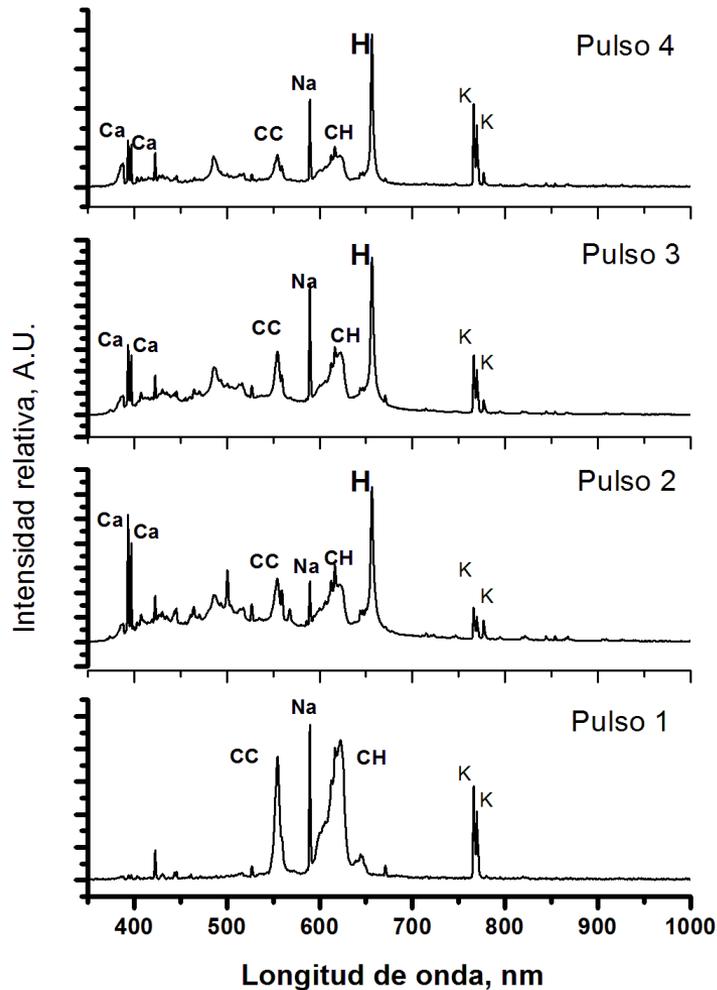
•Tiempo de integración
3ms

Como detectar la eliminación de la espina mediante efecto fotoacústico



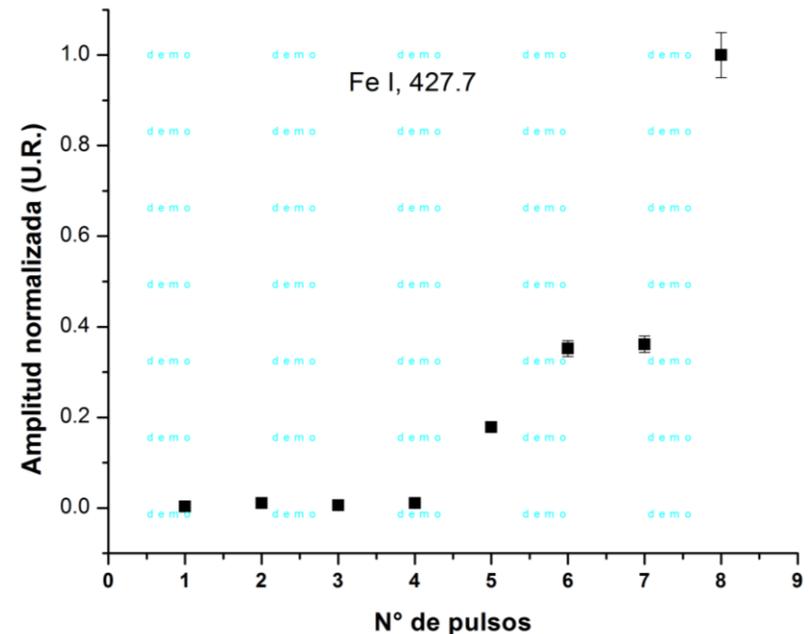
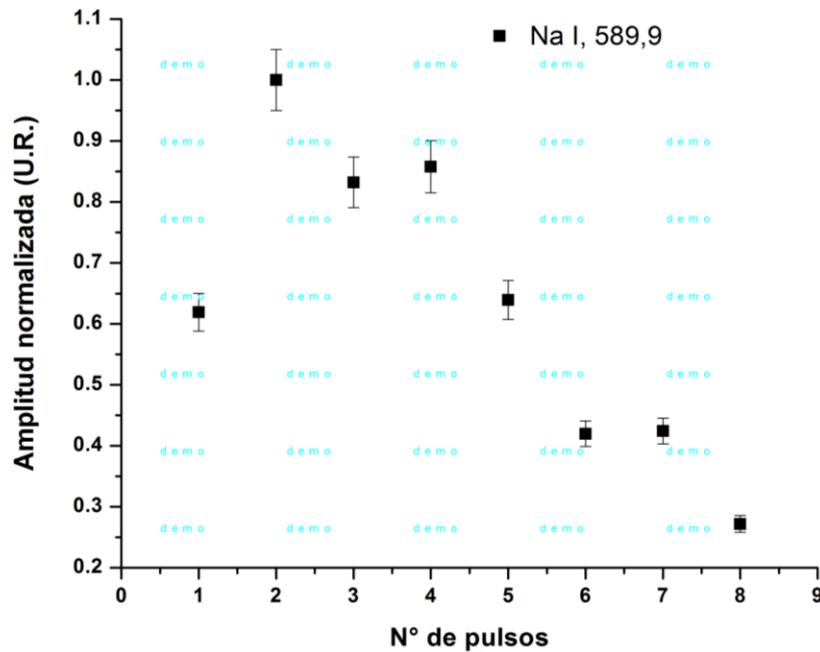
Dependencia de la señal acústica con el número de pulsos.

EXCITACIÓN DEL PLASMA CON LÁSER EN RÉGIMEN DE Q:SWITCH MULTIPULSO. ANÁLISIS PULSO A PULSO.



- Espectros capturados en Q:Switch, modalidad multipulso. Evolución del pico de H (656.20 nm) en los primeros 4 pulsos.
- Consideramos que este H proviene de la celulosa
- En el primer pulso se extrae H₂O.
- La emisión molecular en el primer pulso es muy intensa. Sin embargo, en este primer pulso el H atómico no se detecta.

Monitoreo en tiempo real de la eliminación de las espinas mediante la técnica LIBS



- El Na, con mayor presencia en la areola, va disminuyendo su intensidad hasta desaparecer al llegar a la corteza.
- El Fe tiene mayor presencia en la corteza y por ello su presencia aumenta al llegar a ésta.

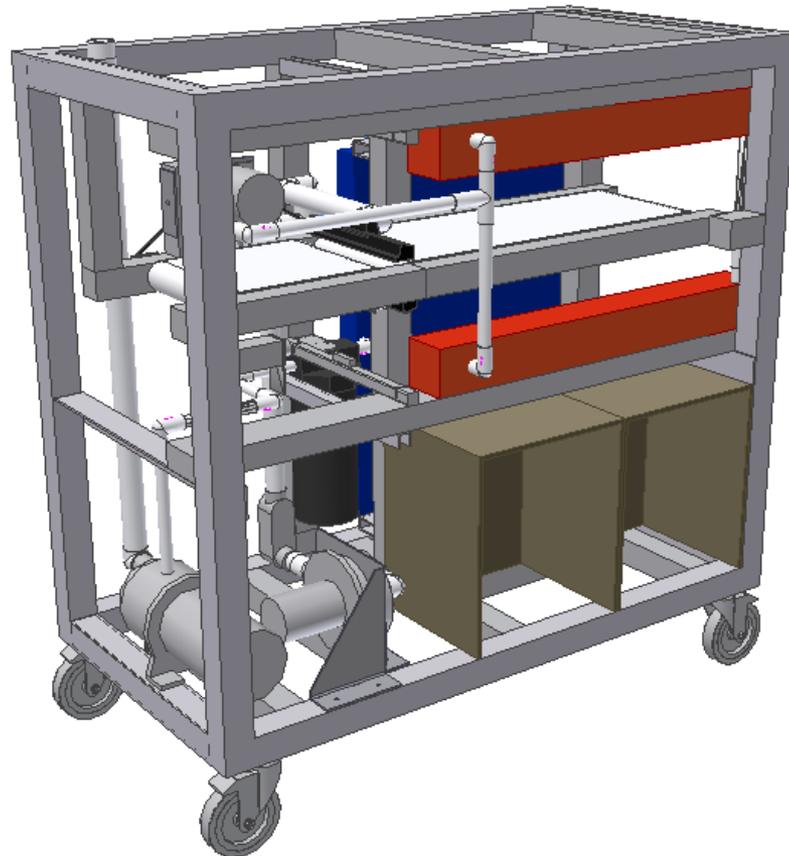
Ventajas

- Eliminación completa de la espina sin afectar el producto
- No hay contacto mecánico, disminuye la manipulación. No requiere reactivos químicos
- Se elimina la salida de mucílago. Ocurre una cauterización?
- Se podría hacer de manera simultánea la esterilización
- Disminuye drásticamente la merma
- Se elimina la afectación a la salud del operario

Descripción de la maquina

- Una banda transportadora seccionada
- Un láser que emite 2 rayos simultáneamente. Esto permite desespinar a la vez ambas caras
- Sensores para determinar la presencia y geometría del producto, así como verificar la eliminación de la espina

Nopaltzin: Prototipo de desespinaadora laser de Nopal

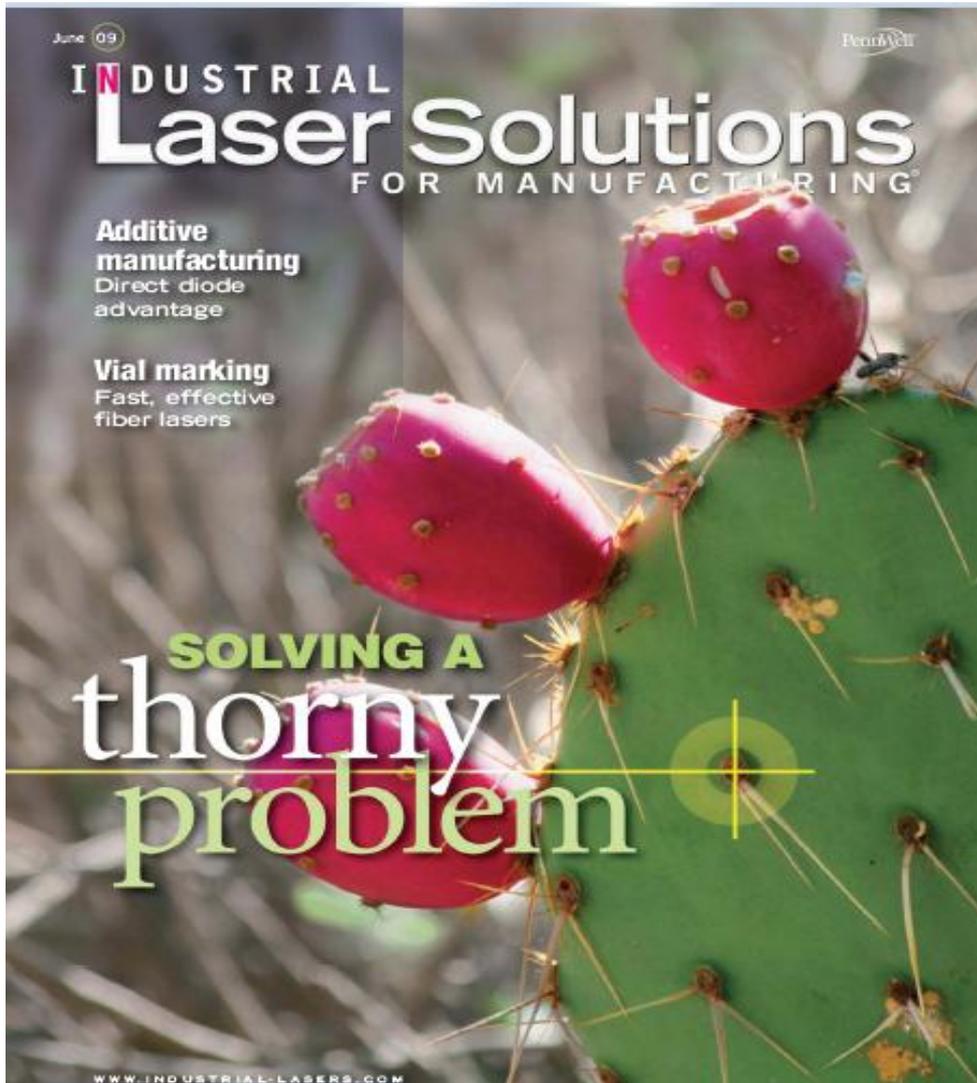


Nopaltzin: Prototipo de desespinaadora laser de Nopal

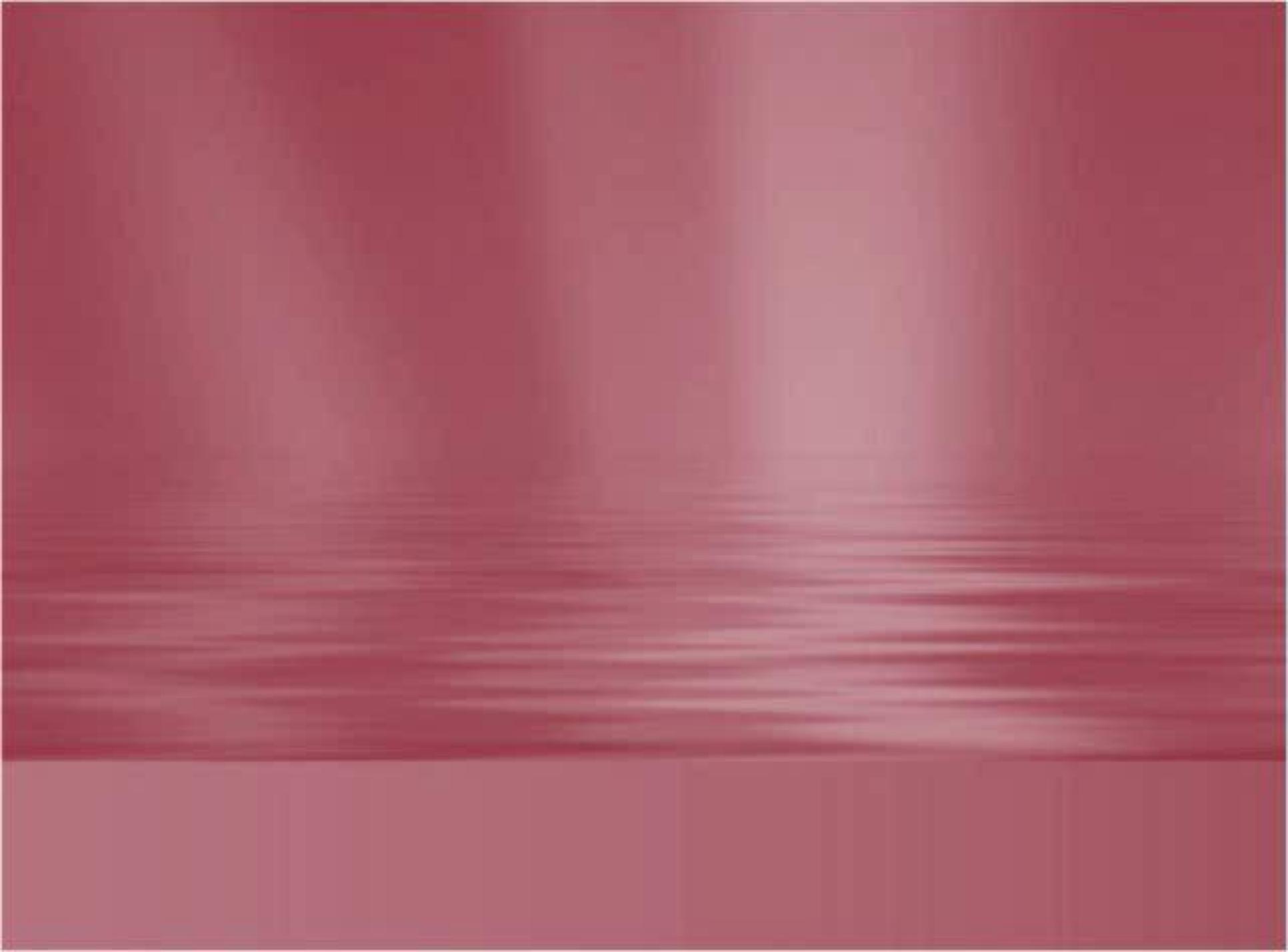


Situación actual

- Prototipo terminado
- Convenio de transferencia del IPN con la empresa
- Patente solicitada
- Proyecto AVANCE: Prototipo industrial



“Laser has proven its de thorning Capabilities in Food Products”, L. Ponce, M. Arronte, E. de Posada, T. Flores, ¹B. Lambert, and ¹J. Cabrera, Industrial Laser Solutions, V24, N6, pp 6-8, 2009.



Conclusiones

- El laser es una herramienta poderosa para nuevas y prometedoras aplicaciones industriales en limpieza de superficies
- En nuestro entorno existen problemas que requieren soluciones nuevas, las cuales podemos acometer si desarrollamos tecnología propia

GRACIAS