

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE BELLAS ARTES**

**DEPARTAMENTO DE DIBUJO I (DIBUJO Y GRABADO)**



**TESIS DOCTORAL**

**El grabado sobre vidrio como origen de una matriz de estampación**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Ma. Isabel Martínez Ronda

DIRIGIDA POR

Álvaro Paricio Latasa

**Madrid, 2001**

ISBN: 978-84-8466-171-9

© Ma. Isabel Martínez Ronda, 1994

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE BELLAS ARTES

DEPARTAMENTO DE DIBUJO



BIBLIOTECA U.C.M.



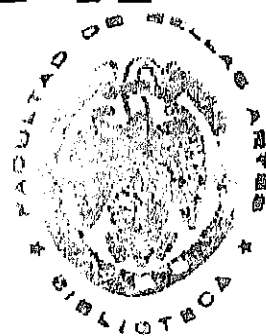
5308328793

TESIS DOCTORAL

EL GRABADO SOBRE VIDRIO COMO

ORIGEN DE UNA MATRIZ DE

ESTAMPACION

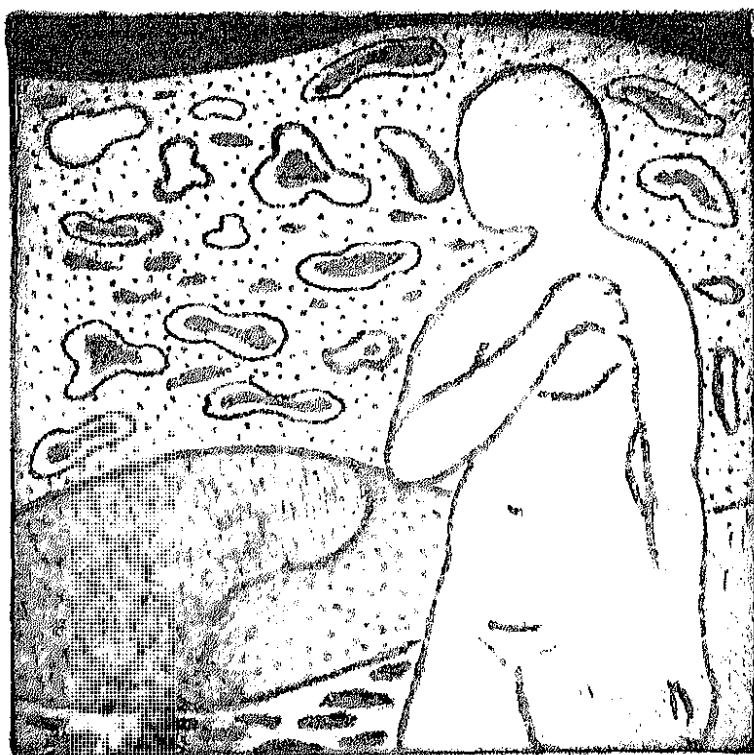


T 140

POR: M<sup>ª</sup> ISABEL MARTINEZ RONDA

DTOR: DR. D. ALVARO PARICIO LATASA

MADRID, 1993.



P.A.

M. Rombi 93

## INDICE

	<u>Página</u>
- INTRODUCCION .....	1
- CAPITULO 1.- EL GRABADO SOBRE VIDRIO.	
MANIFESTACIONES A TRAVES DE LA	
HISTORIA .....	5
1.1.- Vidrio grabado en Europa .....	8
1.2.- Vidrio grabado en España .....	34
1.2.1.- Vidrio grabado de la Real	
Fábrica de la Granja .....	39
1.3.- Fuentes Doctrinales .....	68
Notas bibliográficas .....	72
- CAPITULO 2.- NATURALEZA Y TIPOS DE VIDRIO COMO	
MATRIZ PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS.	76
2.1.- Componentes y tipos de vidrio .	82
2.2.- Proceso de elaboración y	
fabricación del vidrio .....	88
2.3.- Propiedades físicas y químicas	
del vidrio .....	94
2.3.1. Dureza del vidrio como	
incisión .....	95
2.3.2. Resistencia mecánica del	
vidrio .....	96
2.3.3. Resistencia al ataque	
químico aplicado al grabado.	102
Notas bibliográficas .....	106

- CAPITULO 3.- GRABADO SOBRE VIDRIO MEDIANTE METODOS DIRECTOS. PUNTA DE DIAMANTE. RUEDA. CHORRO DE ARENA .....	107
3.1.- Técnica del grabado con punta de diamante .....	109
3.1.1. Aspectos históricos .....	110
3.1.2. Análisis de la técnica del grabado de vidrio con punta de diamante .....	118
3.2.- Técnica del grabado sobre vidrio a la rueda o muela .....	122
3.2.1. Situación histórica .....	125
3.2.2. Utiles del grabado a la rueda .....	132
3.2.2.1. Rueda .....	134
3.2.2.2. Motor eléctrico .....	136
3.2.2.3. Torno eléctrico .....	137
3.2.2.4. Pluma grabadora .....	138
3.2.2.5. Muelas .....	138
3.2.2.6. Fresas .....	141
3.3.- Técnica del grabado de vidrio por abrasión mecánica mediante chorro de arena .....	143
3.3.1. Preparación de plantillas ..	145
3.3.2. Equipos e instalaciones ....	150
3.3.3. Métodos utilizados para	

propulsar el abrasivo .....	151
3.3.4. Características de los equipos .....	152
3.3.5. Experimentación de incisiones prácticas del grabado por chorro de arena.	154
Notas bibliográficas .....	160

- CAPITULO 4.- GRABADO SOBRE VIDRIO. METODOS

INDIRECTOS O MORDIENTES MEDIANTE ATAQUES ACIDOS .....	162
4.1.- Introducción histórica .....	167
4.2.- Vidrios mateados .....	169
4.3.- Acción corrosiva del ácido fluorhídrico .....	169
4.4.- Materiales y barnices resistentes a la acción del ácido fluorhídrico .....	173
4.5.- Procedimientos de ataque por ácido .....	176
4.5.1.- Grabado por ácido fluorhídrico gaseoso .....	176
4.5.2.- Grabado por ácido fluorhídrico concentrado y diluído con agua .....	177
4.5.3.- Grabado mediante sales de ácido fluorhídrico .....	179

4.6.- Técnicas de grabado sobre	
vidrio .....	180
4.6.1.- Pulido al ácido del relieve	180
4.6.2.- Grabado claro y profundo ..	186
4.6.3.- Grabado al mateado .....	190
4.7.- Seguridad en el trabajo.....	195
Notas bibliográficas .....	198
- CAPITULO 5.- EXPERIMENTACION PRACTICA Y	
SISTEMATICA DEL GRABADO EN LA	
CREACION Y ELABORACION DE PLANCHAS	
MATRIZ .....	199
5.1.- Seguimiento microscópico de	
diversos métodos de ataque	
sobre planchas de vidrio .....	201
5.2.- Creación de planchas matriz ...	213
5.2.1.- Elaboración de las planchas	
matriz .....	219
- CAPITULO 6.- ESTAMPACION DE LAS MATRICES.....	
6.1.- La estampación.....	303
6.2.- Estampas realizadas y fichas de	
taller del N° 1 al 23.....	310
- RESUMEN.....	363
- CONCLUSIONES A LA TESIS.....	368

- APENDICES.....	373
Bibliotecas consultadas.....	373
Personas y Centros consultados.	374
Talleres y Laboratorios.....	375
- MATRICES DE VIDRIO Y ESTAMPAS DE LA AUTORA.....	376
- BIBLIOGRAFIA.....	379

## AGRADECIMIENTOS

Deseo manifestar, ante todo, que el encauzamiento definitivo de la presente obra temática, lo debo a mi profesor y director de este trabajo, Dr. D. Alvaro Paricio Latasa, quien conocedor de mis inquietudes, unió, en un momento muy acertado, la posibilidad de utilizar las técnicas tradicionales de grabar el vidrio, con la creación de una matriz de estampación para su reproducción múltiple - artística. Las ideas me parecieron arriesgadas, pero surgieron al fin, ordenadas en mi mente, con una visión de la problemática y de su experimentación.

Del mismo modo, quiero expresar mi agradecimiento, a todas aquellas personas, entidades, talleres, amigos y familiares, que de un modo u otro me ofrecieron su ayuda durante la consecución de este trabajo.

## INTRODUCCION

El estudio del "GRABADO SOBRE VIDRIO" y sus posibilidades artísticas y plásticas, es un aspecto poco tratado a lo largo de la historia en relación con su importancia dentro de la riqueza artística y creativa. El deseo de contribuir al conocimiento y difusión de una nueva forma de expresión gráfica, que utiliza las incisiones como matriz de estampación, ha determinado el presente estudio al que apporto mis experiencias como grabadora, adaptándolas a un nuevo medio técnico.

La investigación de esta nueva forma de expresión gráfica, constituye una ayuda importante a la libertad que necesita el artista para enfrentarse a la obra. Esta libertad para ser realmente útil en su desarrollo e investigación, como realizaremos, exige un conocimiento amplio de las propiedades intrínsecas del vidrio, para tener la posibilidad de elaborar una matriz que pueda colocarse sobre la platina de una prensa, para la obtención de una obra estampada.

Los objetivos que se persiguen con este estudio son fundamentalmente dos: en primer lugar, investigar sobre el tema y anotar las escasas fuentes documentales y vías de estudio de las técnicas tradicionales del grabado sobre vidrio. En segundo lugar, racionalizar con un planteamiento

experimental, los procesos de creación de planchas grabadas y su posible estampación, investigando los distintos procedimientos de ataque a este noble material. Finalmente tomar conciencia del valor estético y artístico que tiene el grabado sobre vidrio, al ser éste, uno de los materiales de mayor utilización artística contemporánea.

El grabado sobre vidrio requiere un proceso de aprendizaje particular, aunque es útil y ventajoso el conocimiento de las técnicas tradicionales del grabado en hueco y en relieve, para interpretación de ideas. Bien sea como medio independiente o en combinación con otros métodos o técnicas tradicionales, el vidrio, incorporado a estas formas de expresión, enriquece la elaboración de la " imagen - original - múltiple ".

Los puntos esenciales que pueden justificar esta investigación son:

1º Aportar un estudio sobre las técnicas tradicionales y actuales del grabado sobre vidrio, con un planteamiento didáctico.

2º Dar a conocer un proceso, a la vez que se suministra información práctica a las personas interesadas en el conocimiento de este noble material, y sus posibles

ventajas en las técnicas del grabado, así como las presiones que soporta el vidrio.

39 Abordar con claridad los procesos de elaboración de la plancha, entintado, limpieza y posibles métodos de estampación de una matriz vítrea.

Algo ineludible en el desarrollo de esta tesis, fue la consulta bibliográfica y visitas a museos. A pesar de estas consultas, que podríamos llamar "teóricas", complementadas con visitas a fábricas y talleres artesanales de grabado sobre vidrio, ha habido mucha dificultad tanto para encontrar documentación como para encontrar ejemplos en vidrios grabados, conservados en museos, dada su fragilidad.

En las experiencias realizadas en talleres y laboratorios, he recibido apoyo teórico de técnicos y químicos para obtener unos resultados satisfactorios, y dar forma a esta investigación. Ha sido indispensable el contacto directo con los artesanos grabadores, para profundizar en las diversas técnicas de incisión en vidrio. Para ello se han dedicado muchas jornadas a compartir los procesos de elaboración del vidrio y del grabado, con los vidrieros y grabadores, herederos hoy, en el siglo XX, de una antigua tradición. A pesar de los llamados "secretos vidrieros", la información oral recibida ha sido muy útil

y valiosa. Por último, se ha recurrido a fuentes orales de varios especialistas que han colaborado, de una u otra forma, con la aportación de sus conocimientos.

El trabajo se ha realizado, intentando agotar todas las posibilidades conocidas, manipulando los procedimientos de incisión directa e indirecta hasta crear una matriz de estampación. Se han obtenido estampas utilizando los procedimientos tradicionales de estampación: prensa plana hidráulica, tórculo por presión tangencial, prensa manual etc.

El presente trabajo podríamos definirlo como un medio para satisfacer ciertas necesidades expresivas de nuestro tiempo. En la fase final del desarrollo de esta tesis, descubrimos la existencia, en Estados Unidos, de un taller especializado en el arte del " Vitreographs ". Su trabajo me ha permitido confirmar, básicamente, las conclusiones de esta tesis.

CAPITULO 1

EL GRABADO SOBRE VIDRIO, MANIFESTACIONES

A TRAVES DE LA HISTORIA

## CAPITULO 1

### EL GRABADO SOBRE VIDRIO, MANIFESTACIONES A TRAVES DE LA HISTORIA.

El grabado sobre vidrio, va confrontando el acontecer histórico de los pueblos, reflejando la evolución de sus gustos, los progresos y las decadencias de su sociedad.

El vidrio grabado forma parte de las manifestaciones artísticas, permitiendo satisfacer la doble finalidad, funcional y ornamental que el hombre, en todas sus épocas, ha buscado siempre en los diversos materiales que ha manejado.

El grabado sobre vidrio generalmente aplicado a objetos de lujo, ha formado parte de la pompa de las grandes dinastías europeas en la Edad Moderna y a su vez ha estado siempre presente en la cultura popular. Su vertiente artística, ha sido considerada motivo de colección de príncipes, nobles y personajes cultos.

El vidrio ha sido clasificado algunas veces con valoración peyorativa, como "arte del fuego", "arte aplicada", "arte menor" o como "artesanía", (1). Pero podemos hablar del vidrio grabado como arte creativo y no

repetitivo, donde el artista busca la forma de manifestarse y vierte toda su capacidad expresiva y creadora. El vidrio grabado entraña una nobleza y una valía enorme avaladas por sus valores estéticos.

Se desprende que el grabado sobre vidrio obedece exclusivamente a un impulso creativo de comunicación artística, es decir, a la voluntad del grabador de hacer arte con los medios que le son propios. Se afianza este concepto ya en el S. XVII , con la realización de grabados sobre vidrio como obra única y firmada, como demostraremos más adelante.

Las diversas técnicas de grabado sobre vidrio han sufrido la evolución de los procesos mecánicos, el desarrollo de nuevas tecnologías y la adaptación o adopción de otras técnicas comunes artísticas. Constituye un nuevo medio el hecho en sí de utilizar el vidrio como matriz de estampación, tal y como se hace en el grabado calcográfico donde se utilizan planchas de metales tales como cobre y zinc.

En esencia puede decirse que el grabado sobre vidrio utilizado como una matriz de estampación sobre el papel, aporta una nueva dimensión al arte del grabado.

### 1.1.- VIDRIO GRABADO EN EUROPA.

La escasez de restos de vidrios grabados dada su fragilidad y la falta de fuentes muy antiguas, nos impiden determinar cronológica y geográficamente dónde apareció por primera vez.

El historiador CAYO PLINIO SECUNDO (23-79 d.C) recogió en su obra "Naturalis Historia" en el libro XXXVI, capítulo 26 una versión sobre el descubrimiento del vidrio muy discutida por muchos historiadores. La traducción de algunos fragmentos dice así: (2)

*"En una parte de Siria, limítrofe con Judea, que lleva el nombre de Fenicia, existe al pie del Monte Carmelo un pantano llamado Candebes, del que se supone nace el río Belus, el cual, después de recorrer unos siete kilómetros, desemboca en el mar... Se cuenta que habiendo arribado un barco de unos mercaderes que transportaban trona\*, éstos desembarcaron en estas orillas y fueron a preparar su comida. Al no encontrar piedras sobre las que apoyar sus marmitas para calentarlas, tomaron gruesos pedazos de su*

\* Trona es una mezcla de carbonato y bicarbonato sódicos; aunque algunos autores han traducido el término latino "nitrum" por nitro.

*mercancía. Cuando la trona se fundió y se mezcló con la arena de la playa , comenzó a correr un líquido transparente, hasta entonces desconocido que fue el origen del vidrio."*

No obstante, la teoría ha sido rebatida por numerosos historiadores con argumentos tales como, por ejemplo, que a la temperatura ambiente el vidrio no puede lograr los 600°C que necesita como mínimo para entrar en fusión

Parece ser, que el primer móvil en la fabricación del vidrio, fue el imitar piedras preciosas y los modelos preexistentes en cerámica (3).

Es en la zona del Mediterráneo oriental, cuna de tantas culturas, donde convergen los focos vidrieros más antiguos conocidos y documentados. El Mediterráneo latino recogió la cultura vidriera de los sirios, mesopotámicos, griegos, púnicos y egipcios, gracias al comercio fenicio en el s.VI a.C..

En el siglo IV las conquistas de Alejandro arruinaron la industria mesopotámica, que nos dejó como herencia la técnica de la talla y su utilización artística. En la época helenística, al morir Alejandro Magno, había dos focos vidrieros: Alejandría, en Egipto, y Sidón, en Siria.

Aleandría se convierte en el centro de la cultura helenística. vidrieros y talladores de Mesopotamia emigraron a esta zona, donde desarrollaron la fabricación del vidrio mosaico, vidrio colado o fundido en un molde a la cera perdida, así, como decoraciones ornamentales de talla, grabado y esmalte.

Aleandría exporta vidrio de lujo a Italia y Grecia y realiza la última innovación técnica: el vidrio "sandwich or", que consiste en colocar una hoja de oro grabada entre dos capas de vidrio; el ejemplo más famoso es el Vaso Canosa, actualmente en Londres (4).

Con la dominación de Egipto y Siria por Roma a mediados del S.I.a.C. comenzaron a llegar a la metropoli artesanos vidrieros de Aleandría y Sidón. A partir de ahí, se produjo la difusión por todo el Imperio de la técnica de fabricación de vidrio. (5).

De todo lo expuesto, se desprende que la cuna del vidrio grabado estuvo sin duda en el Mediterráneo oriental. Algunos objetos eran soplados en moldes con relieves de racimos de uvas, conchas, dátiles, cabezas humanas y otras formas.

En el siglo I d.C., el vidrio de estilo sirio se extiende por todo el Imperio Romano, exportando sus

productos a todo el Mediterráneo, y creando talleres y escuelas, primero en la zona del Mar Egeo, y luego en Italia y Renania. En los siglos II y III la expansión llega a España (6), Inglaterra, Holanda, Suiza y Bélgica.

Las piezas fabricadas por vidrieros de Sidón, hacia el siglo II a.C. llevaban la marca y firma del autor; entre los más afamados vidrieros destacan Aristón, Artas y Ennión, de cuyos talleres salieron, vasos soplados, en molde, con motivos en relieve y con inscripciones grabadas en griego (7).

Durante todo el Imperio romano se revivieron las técnicas de decorado "millefiori", el vidrio tallado y grabado con técnica de punta de diamante o con una pequeña muela, que giraba rápidamente, a la que el operario aproximaba el objeto por donde había que rasparlo, logrando con su habilidad realizar incisiones de forma perpetua con temas de adornos ligeros, frisos y composiciones de figuras, tales como bacanales y escenas de caza.

Es conocido que los primeros grabadores de vidrio surgieron de la glíptica, que aplicaron su técnica de incisión al vidrio o cristal.

Los artesanos del vidrio romano alcanzaron una gran perfección artística; de acuerdo con su especialidad

estaban clasificados en dos grupos: los "vitreararii", que eran los que trabajaban el vidrio por soplado y en moldes, y los "diatretarii" especializados en trabajos de corte, tallado y pulido. Los primeros, introdujeron algunas variantes de soplado heredadas de los orientales. La mayor parte de las piezas eran sopladas dentro de moldes, que tenían una decoración en su superficie.

Los "diatretarii" aplicaron al tallado del vidrio los procedimientos que desde muy antiguo utilizaban para trabajar el cristal de roca y las piedras preciosas. Las piezas más famosas que salieron de las manos de estos artistas fueron los famosos "vasos diatreta", consistentes en vasos en forma de campana adornados con inscripciones y personajes, las diatretas se realizaban manipulando las piezas de vidrio en frío por medio de incisiones y tallas, excavando el vidrio por debajo del relieve de su envoltura que, finalmente, semejaba un fino encaje aprisionando el vaso en su interior.(8).

Los mejores ejemplos y el mayor número de "vasos diatreta" se han encontrado en la región del Rin y se exhiben en museos de este país. El Museo Arqueológico de Madrid conserva un fragmento de una pieza procedente de Termes.

Otra habilidad artística de los romanos es la técnica de los vidrios camafeo, heredada también de la costumbre de grabar piedras finas (arte de la glíptica) entre caldeos y asirios.

La constante de la fabricación del vidrio ha sido siempre la imitación de piedras duras, como cristal de roca, piedra transparente y piedras en capas como el ónix y el ágata. Estas piedras en capas eran trabajadas por artistas, devastándolas y transformándolas en camafeos. La técnica del camafeo en vidrio fue realizada en la época helenística. Se supone que el origen de esta técnica fue en Alejandría y que probablemente pasó más tarde a Italia. (9).

La técnica del camafeo se realizaba a partir de un vidrio base, generalmente de color azul oscuro, el cual se cubría con una capa de vidrio opaco blanco, que se tallaba en relieve con instrumentos como buriles y limas. Con el desbastado de la capa superior se conseguían transparencias y tonalidades sobre el color base del vidrio oscuro, obteniéndose delicados efectos de sombreado que acentuaban su relieve. (10). ( Fig. 1 ). El camafeo romano se desarrolló durante los dos primeros siglos del cristianismo; el ejemplo más característico es el " Vaso Portland ", hallado en la tumba de Alejandro Severo y conservado en el Museo Británico. ( Fig.2. ).

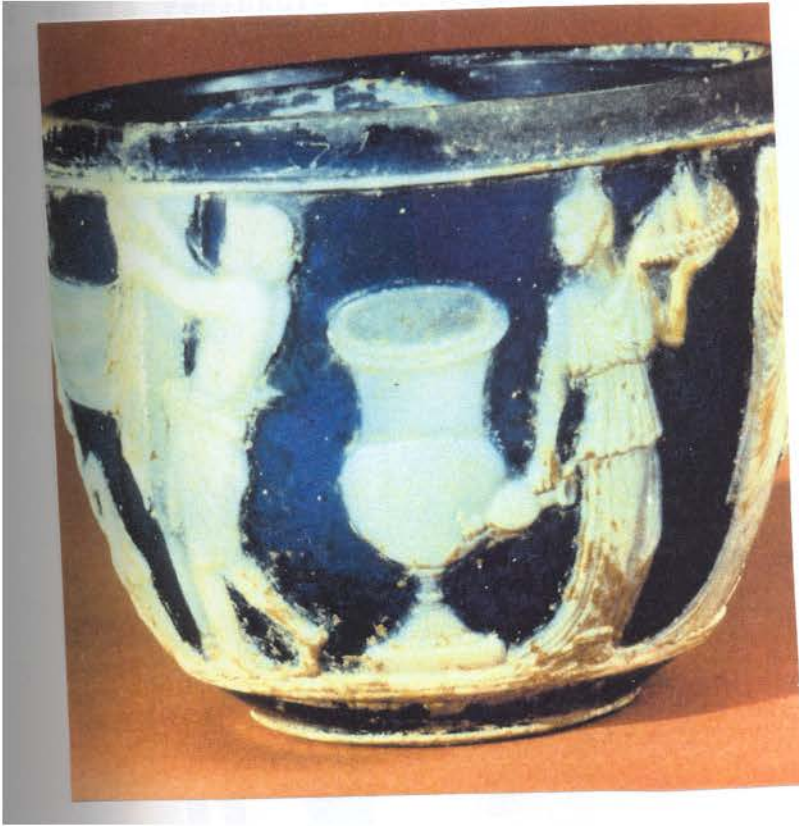


Fig. 1. Copa de vidrio grabada en relieve con técnica de canafeo. Siglo I A.C.

Hacia finales del siglo II, los vidrieros de Alejandría abandonan el vidrio tipo mosaico en busca de un vidrio incoloro, para realzar la talla y el grabado que exige una materia prima más pura.

Los artesanos vidrieros, muchos de origen sirio, fueron estableciendo talleres al sur de las Galias: en el Valle del Ródano y Valle del Sena; en Germania: a lo largo

del Rin, Estrasburgo, Treberis y en las inmediaciones de Colonia; en la Península Ibérica: en Cataluña, Valle del Guadalquivir, Mérida, Palencia e Ibiza. (11).

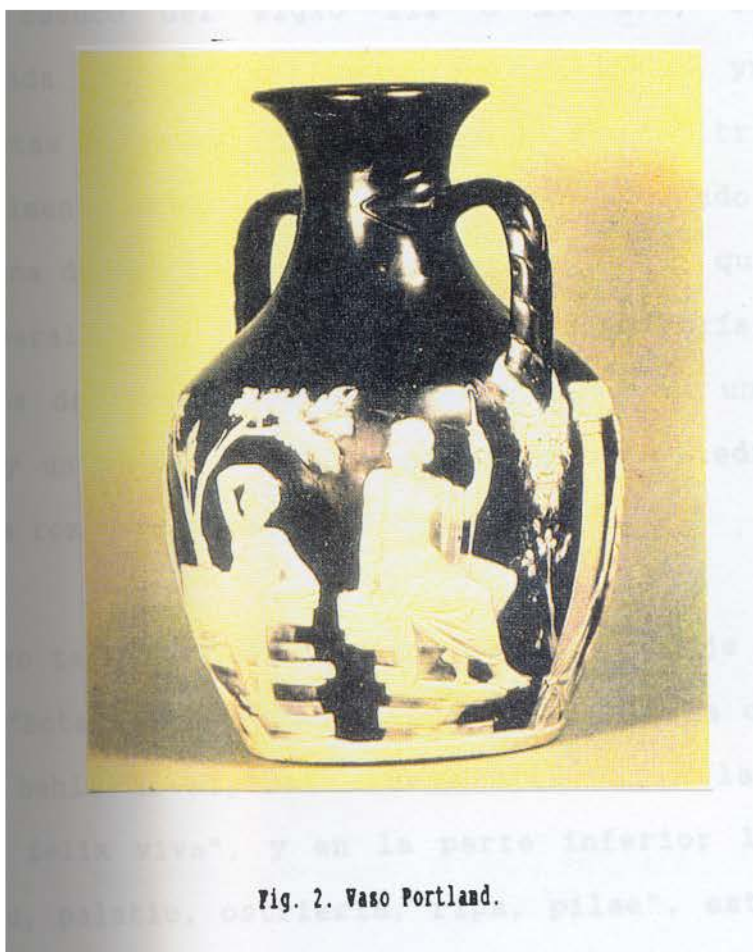


Fig. 2. Vaso Portland.

No se ha encontrado hasta la fecha ningún equipo de grabar el vidrio; solamente es posible la especulación, pues se cree que los grabadores de vidrio utilizaron las mismas herramientas que los talladores de gemas y piedras duras; tales instrumentos debieron de ser: puntas más duras

que el vidrio, rueda giratoria alimentada con polvo abrasivo y muelas de diferentes dimensiones y perfiles de corte.

Un ejemplo característico del grabado lo encontramos en el cuenco del siglo III o IV d.C, cuya técnica denominada "intaglio", se produce mediante yuxtaposición de facetas cóncavas, que generan un efecto tridimensional esencialmente escultórico. Este cuenco, grabado a la rueda, lleva una decoración de tipo cristiano en la que Jesús cura a un paralítico. ( Fig.3 ). Otra característica de los grabados del siglo III y IV es el uso de una punta muy basta y un grabado a la rueda donde la piedra solamente llega a rozar la superficie del vidrio.

Otro tema de grabado romano es el paisaje representado en la "Botella Recuerdo", grabado a la rueda con decorados de la bahía de Nápoles. La botella lleva la inscripción "anima felix viva", y en la parte inferior las palabras: "stagnum, palatium, ostiaria, ripa, pilae", estando escrita cada una encima del gráfico que lo representa. ( Fig. 4. ).

Con la invasión de Europa por los pueblos bárbaros del Norte, se deshizo la cultura del Imperio Romano y, como consecuencia, hubo una gran crisis en las actividades artísticas vidrieras y supuso, de igual modo, la destrucción de casi todas las piezas de vidrio.



Fig.3. Cuenco romano grabado a la rueda S. III ó IV D.C..  
Corning Museum. E.E.U.U.

La industria del vidrio de la Edad Media sigue dos tendencias: una es la fabricación derivada de talleres romanos, continuada en la mayor parte de los países como industria exclusivamente utilitaria; la otra en la que se

crean obras con decorados en láminas de oro, mosaicos bizantinos y vidrios esmaltados.



Fig. 4. " Botella Recuerdo ". Grabado a la rueda.

Las pocas noticias que tenemos de este período nos hablan de un vidrio tosco, no translúcido y muy imperfecto; entre los pocos restos documentados están los conservados en el tesoro de San Marcos de Venecia (12).

En 1204, Venecia toma parte en la conquista de Constantinopla y abre Europa al contacto con las viejas tradiciones perdidas. Así Venecia comenzó su protagonismo en el arte del vidrio ejerciendo gran influencia en todo Europa.

Ya en el siglo X Venecia importaba vidrio de Oriente, y en el año 1050 hace venir de Bizancio a los mejores vidrieros para decorar con mosaicos de tipo vidrio "millefiori" la Basílica de San Marcos. A partir del siglo XIII se traspasó la actividad a la Isla de Murano con la excusa de que los hornos ubicados en Venecia amenazaban con riesgo de incendio, cuando en realidad el fin último de este traspaso fue mantener controlada su técnica y sus secretos, a fin de evitar que los vidrieros salieran a difundirlos. Al que así lo hiciere podía ser castigado hasta con la pena de muerte.

El artículo 26 del decreto del 27 de octubre de 1547 decía: " Si un obrero transporta su arte a un país extranjero en perjuicio de la República, le será enviada orden de regresar; si no obedece, se encarcelarán las personas de su familia y afectas. si ni con esto regresa, se enviará un emisario para que lo mate." (Daru: Histoire de la Republique de Venise). (13)

En la búsqueda del cristal claro, que pudiera imitar el cristal de roca, los venecianos triunfaron al descubrir el "cristallo" vidrio delgado y quebradizo, no útil para grabar a la rueda de cobre, pero sí idóneo para el grabado realizado con puntas de diamantes de diversos grosores y formas (14).

Esta técnica de grabado se trabajaba con líneas entramadas de varios tipos, que proporcionaba una apariencia delicada al cristal.

Los temas de grabado eran variados, encontrándose motivos florales animales, escudos de armas y caligrafía decorativa. Las piezas grabadas eran generalmente de cristalería de fantasía, espejos y bisutería.

Desde el punto de vista técnico, el vidrio veneciano pertenece a la familia de los vidrios del Mediterráneo que provienen de Siria y Grecia.

En el siglo XVII y XVIII fueron muchos los países que trataron de imitar el vidrio veneciano trayendo vidrieros italianos. Estos países fueron: Países Bajos, Centroeuropa, Inglaterra, Suiza, Francia, Portugal y España.

Muchos autores describen como vidrio alemán al perteneciente a un área mucho más amplia de lo que es

Alemania hoy día; por ello sería más conveniente denominarlo vidrio Centro Europeo. La tradición del grabado propiamente dicho está muy asentada en esta zona.

El vidrio Centro Europeo, pues, durante los siglos X y XI, sobrevivió oscuramente durante las invasiones bárbaras, realizándose en pequeños talleres escondidos en los bosques, donde la madera, combustible esencial, era fácil de obtener.

En esta época se fabricaba vidrio soplado al estilo veneciano, pero sus diseños se iban alejando cada vez más de la delicadeza italiana, volviéndose más toscos. Los grabados de Bohemia, Silesia, Sajonia y Bavaria muestran el tipo de grabado veneciano; esto dura hasta el fin del siglo XVI. Una vez aprendida la técnica de grabado de los maestros venecianos lo adaptan a las características propias de sus lugares de origen.

Durante varios siglos el denominado vidrio alemán estaba teñido de tonos marrones, verdes o amarillos. Esta coloración se debía a la sustitución del fundente sódico tradicional por el potásico, encontrado en las cenizas de vegetales como hayas y helechos. De todas formas este vidrio potásico no consiguió derrocar totalmente al vidrio de sosa veneciano (15). Con el tiempo su composición evoluciona dando origen al vidrio de Bohemia que tenía la ventaja de que se podía tallar mejor (16).

Es en el siglo XVI cuando el emperador Rodolfo II (1576-1612), amante de las Bellas Artes, llevó a Praga artistas italianos célebres en la talla de piedras y grabado del cristal de roca. Los vidrios que se hacían hasta entonces estaban marcados de un profundo estilo veneciano. Pero en el siglo XVI aparecen los vidrios de fabricación alemana con una característica propia de la técnica decorativa del tallado y grabado a la rueda. Así, surge el renacimiento de vidrio grabado y tallado, como se hacía antiguamente en Egipto y Persia.

A finales del siglo XVI trabajaban en Praga numerosos talladores y grabadores de piedras semipreciosas. Uno de los más famosos artífices fue Gaspar Lehmann, establecido en Praga. Rodolfo II concedió en 1609 a Gaspar Lehmann, el privilegio de Grabador de vidrio imperial. Una carta dirigida en 1608 por Lehmann al Duque de Baviera, Maximiliano, revela que aprendió a grabar sobre vidrio y sobre piedra en la Corte de Guillermo V, en Munich (17).

La energía necesaria para cortar las piedras duras se obtenía mediante grandes ruedas que se movían a mano. Pero a finales de la década de 1580, se crean cerca de los ríos molinos movidos por agua (18), que sirve como fuerza motriz.

De las múltiples obras que realizó Gaspar Lehmann como grabador de vidrio a la rueda, tan sólo se conoce una obra con su firma; se trata de un vaso grabado con las alegorías *Potestas, nobilitas y liberalitas*, realizado en Praga en 1605, según la ilustración de un grabado en cobre de Johann Sadeler (19). Otras obras realizadas por Lehmann son las placas con los retratos de sus mecenas: Rodolfo II y Christian II, grabados a la rueda. Fig.5. Su especialidad fueron flores, paisajes, escenas de caza y emblemas grabados con muela o con diamante.

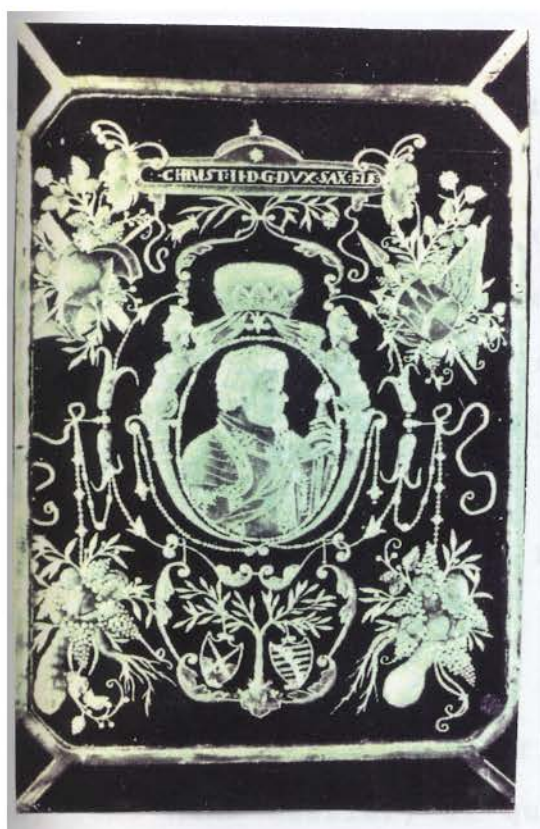


Fig. 5. Placa de vidrio grabada a la rueda. Retrato de Christian II.

Su discípulo, Georg Schwannhardt, heredó después de Lehmann, el privilegio imperial de ser grabador de vidrio de Núremberg. En el taller de Schwannhardt trabajaron sus dos hijos y las tres hijas, que se consagraron a la misma profesión del padre. Entre estos destacó su hijo Heinrich, que alcanzó extremada soltura en el dibujo y en la perspectiva, siendo sus inscripciones latinas comparadas a las obras maestras de los mejores calígrafos de su tiempo. Se distinguió así mismo en la talla de figuras en relieve, pero lo que en realidad le ha conquistado un nombre más eminente en la historia de las artes del vidrio fue la invención del " grabado al ácido ", que se debió a una feliz casualidad, que J. G. Doppelmeyr narra en su "Historische machricht von der Nürenbergischen matne maticer und Künsteern" (Nurenberg, 1730). Según este autor, un día Heinrich Swannhardt dejó caer inadvertidamente una gota de ácido sobre uno de los vidrios de sus gafas, y observó que en el lugar donde aquella había caído el vidrio se volvía mate. Pensó en seguida en dar aplicación a aquel fortuito hallazgo, y aplicándolo con su arte, produjo vidrios de fondo mate con dibujos en claro. No obstante, su descubrimiento no tuvo entonces repercusión. (20).

Parece ser que también grabaron el vidrio en Núremberg artistas orfebres, como Hans Wessler, al que el Museum de Corning atribuye la placa de vidrio, copiada de un grabado en cobre del artista de Núremberg Georg Pencz (1500 -

1550). Esta obra firmada representaba a Tomyris, reina de los Masagetes, llevando la cabeza del rey Ciro de los Persas, quien había invadido su reino y matado a su hijo.

(21) ( Fig. 6 ).

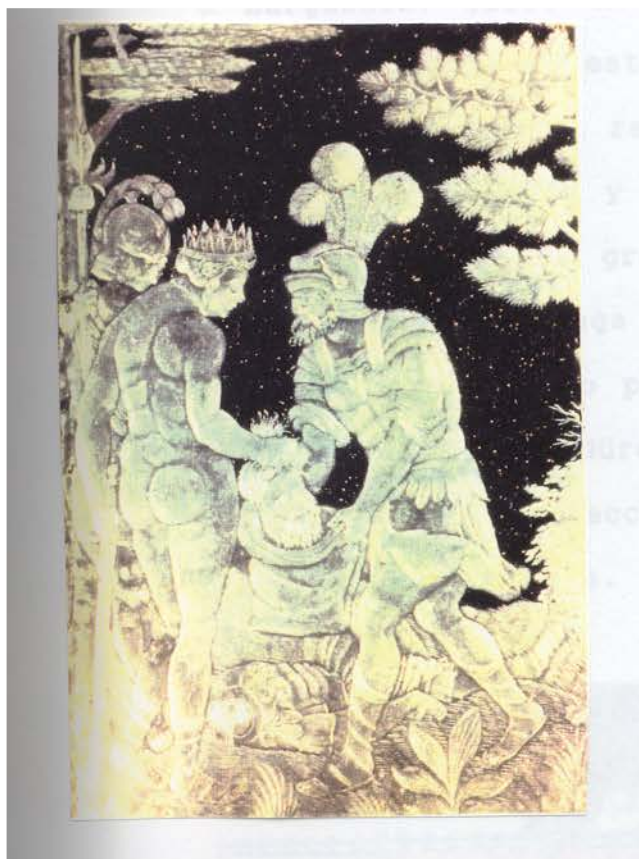


Fig. 6. Placa de vidrio grabada a la rueda, firmada con las iniciales M. W..

En muchas de las piezas grabadas en Núrenberg, encontramos que utilizan en la misma obra dos técnicas de grabado distintas: punta de diamante y grabado a la rueda, lo que produce un contraste de tonos, entre mate y brillante.

Toda una serie de grabadores de Nürenberg trabajaron en el arte de la glíptica y como orfebres lo que demuestra que el grabado sobre vidrio debe mucho a la técnica de estos artistas. Sus obras son talla de sellos y paneles de vidrio para cofrecitos o bargueños. (22). Un ejemplo de esta última aplicación se ha encontrado en este bargüefo, compuesto de once placas grabadas de vidrio, representando escenas del viaje de Marco Polo a Oriente y la flora y fauna que encontró durante dicho viaje. El grabado de la puerta central representa una escena palaciega donde Marco Polo es recibido por el Gran Khan, atendido por su paje. Parece ser que las placas están grabadas en Nürenberg hacia 1690. La pieza perteneció a la Ex. colección de los Electores de Sajonia y de los Reyes de Suecia. (23). Fig.7.



Fig. 7. Cajonera compuesta por ocho placas de vidrio grabadas a la rueda. Nürenberg 1690.

En Alemania existen hacia 1750 nueve centros productores de cristal : Praga, Baviera, Brandeburgo, Franconia, Hesse, Núrenberg, Sajonia, Turingia y Silesia. (24).

El vidrio grabado de Europa Central tuvo un mayor desarrollo que en los demás países. La creación, inspiración o protección de esta serie de industrias, fábricas y manufacturas estaban auspiciadas bajo el patrocinio de nobles, príncipes y gobernantes, cuya finalidad era promover la industrialización del país, fomentar el comercio, las artes y la producción de bellos objetos que tanto conviene al prestigio y la imagen- como se diría ahora del estado, corona, etc.

Es fácil encontrar grabadores de vidrio que a lo largo de su vida cambien de lugar de trabajo, esto es debido a que son llamados por los nobles, príncipes y comandatarios deseosos de rodearse de bellos objetos.

En Bohemia el vidrio grabado tuvo un mayor desarrollo que en los demás países de Europa Central. Quizás esto se debiera a la mejora de calidad del vidrio potásico (Cristal de Bohemia). Este era grueso, brillante y duro; permitía utilizar los útiles de la glíptica para ser grabado.

En el norte de Bohemia se crearon dos centros de grabado en cristal, en la región de Jablonec y en la región de Česká Lipa (aquí se formará el centro Checo más importante de grabado en vidrio), (25), conociéndose esta época como la edad de oro de este arte.

En Bohemia, en la primera mitad del siglo XVIII surge en los grabados una influencia de estilo francés con guirnaldas, molduras, y elementos grotescos. En este mismo lugar, así como en Cassel, Brandeburgo y Silesia se utilizaba el agua como fuerza motriz para grabar vidrio. En Berlín se construyó una máquina hidráulica para grabar y tallar en relieve, que utilizó Martin Winter, grabador del gran Elector Friederic Guillaume de Brandeburgo.

El grabado en relieve necesita una pasta de vidrio de excelente calidad. Este vidrio procedía de la vidriera de Potsdam que dirigía el famoso técnico del vidrio J. Kunckel (1630 - 1703). Este "cristal de Bohemia" era adecuado para grabar con rueda de cobre que puede penetrar profundamente en el vidrio.

Los temas para el grabado, ya sean en hueco o en relieve, han formado parte de recuerdos, de acontecimientos históricos y reflejan los gustos de cada época. Se han realizado grabados de acontecimientos militares, aniversarios, emblemas, retratos de emperadores y reyes,

escenas de caza y alegorías, según el gusto y la moda del momento. (26).

Estas piezas de excepcional belleza, salidas de los talleres de Silesia, Bohemia y Baviera constituyen la mejor representación del arte barroco del vidrio.

También el vidrio inglés había hecho un importante descubrimiento en 1670. Se trata de un vidrio de sílex con mezcla de sílice pulverizada, potasa, minio o plomo como fundente y bióxido de manganeso. El resultado se llamó "Flint glass"; su promotor fue Ravenscroft, que logró una gran fama durante los siglos XVIII y XIX. (27). Este cristal límpido y pesado se llegó a exportar a Holanda y a Alemania. Esta fue la primera vez en la historia del vidrio que se añadió óxido de plomo a la mezcla, y ocurrió porque el nuevo combustible que sustituyó a la leña, el carbón (hulla), no fundía convenientemente y hubo que agregar un fundente adecuado. (28).

El grabado a punta de diamante fue introducido en Inglaterra por el vidriero veneciano Verzallini, cuyas piezas sopladas fueron grabadas al diamante por el francés Anthony Lysle. (29).

Hacia 1780 predomina la corriente inglesa y a mediados del s.XVIII el cristal inglés e irlandés son los primeros

de Europa. Sus vidrieros habían conseguido una materia transparente y brillante, con unas cualidades de dureza ideales para el trabajo de tallado en prismas y para la propiedad de descomponer la luz. (30).

La técnica de grabado a la rueda se aplicó en Inglaterra en los famosos vasos Jacobitas y Williamitas, donde el arte va unido a la política del momento, reflejando la evolución de la lucha entre los Stuarts y la familia Orange. (31).

También Holanda sobresalió en el uso de las técnicas del grabado sobre vidrio. Alrededor del año 1600 comienza a producir vidrio al estilo veneciano, con una ornamentación grabada con punta de diamante similar a la realizada en Venecia en esa época, que se caracteriza por una decoración a base de formas diversas rellenas de trazos que no afectaban a la transparencia del vidrio. Fig. 8.

En Holanda, la técnica del grabado no está considerada como una profesión, sino que está muy directamente relacionada con aficiones artísticas, propias de intelectuales patricios y humanistas del arte. Quizás por esta nueva concepción en la realización del grabado hay más información de trabajos realizados como obra única, firmados y fechados. Esto justifica el hecho de que los

grabadores busquen piezas de exhibición; excepcionalmente grandes o por el contrario, muy pequeñas. Frecuentemente el grabado de temas conmemorativos iban acompañados de inscripciones realizadas por manos distintas.



Fig. 8. Copa grabada al estilo veneciano realizado con punta de diamante. ( portensor )

El grabado holandés con punta de diamante en el S.XVII alcanza su mayor esplendor con Anna Roemers Visscher que, junto con su hermana Maria Tesselschade, era una de las mujeres intelectuales más conocidas de su época.

Otra excelente grabadora fue Anna Maria von Schurman, también famosa por sus conocimientos intelectuales. En el Rijks-Museum de Amsterdam se encuentra una licorera de

vidrio con representaciones de insectos voladores unido a inscripciones caligráficas.

La técnica del grabado con punta de diamante de Anna Roemers no ha sido superada. Su trazo es delicado, puro, limpio y a la vez, ligero. Combina la máxima expresividad con la mayor transparencia posible. Su caligrafía es sobria pero irreprochable. Los temas de flores, frutas e insectos que ella reproduce están sacados de grabados de libros de historia natural. En general podemos decir que todos los temas grabados en vidrio obtenían su modelo de grabados o dibujos, que en ciertos casos, eran copiados de forma tan fidedigna que parece que los contornos están proyectados sobre el vidrio antes de grabar.

Una peculiaridad técnica en el trabajo de Anna Roemers es la forma en que graba una cereza en un vidrio de 1646, trazando las zonas suaves mediante una acumulación de puntos, para lo cual tuvo que colocar el diamante perpendicular al vidrio. (32). Esta moda de punteado fue difundida por Franz Greenwood, de origen inglés, pero que vivió en Rotterdam. (Fig. 9). El grabado punteado daba una impresión de relieve al variar la densidad de los puntos, que producía el golpe de la punta de diamante o de acero sobre el vidrio. Un siglo después, el pintor David Wolff realiza con esta técnica una obra considerable.

En la segunda mitad del S.XVII, el grabado holandés con diamante se vió influenciado, aparentemente, por la competencia del grabado a la rueda, que se introdujo desde Alemania. El grabado con diamante no se abandona, sino que trata de imitar el efecto que se obtiene mediante la rueda. El contraste de claroscuro, partes brillantes y mates se consiguen cruzando estas de forma compacta y cruzando igualmente los trazos en diferentes direcciones.



Fig. 9. Copa con retrato grabado con la técnica del puntillismo de F. Greenwood (pormenor).

## 1.2.- VIDRIO GRABADO EN ESPAÑA

Como expresión artística de cualquier época, el vidrio español es rico por su carácter popular, menos por su calidad. Es fruto de una variedad de influencias que recoge fundiéndolas en la ideosincracia hispánica.

Las primeras noticias de la fabricación del vidrio en la Hispania romana las encontramos en la "Historia Natural" de Plinio; en el libro LXXXVI, capítulo XXXII. (33). Los romanos son los que trajeron a España sus conocimientos vidrieros, pero ya España había importado vidrios de Tiro y Sidón, antes de la invasión romana. (34). Al caer el Imperio Romano, España experimenta una decadencia hasta que la invasión árabe en el S. VIII, reanimó la actividad vidriera. (35). De hecho, en el S.VIII encontramos pasta vítrea en el tesoro de Guarrazar, que se conserva parcialmente en el Museo Arqueológico Nacional de Madrid.

En el Museo Arqueológico Nacional (Madrid), también se encuentra el Tarro de Aliseda, que fue hallado en Cáceres en 1920. Está considerado como el vaso de vidrio más antiguo de España, y cronológicamente se sitúa en los siglos VIII y VII a.C.. Consta de un cuerpo ovoide y un cuello troncocónico, donde se ven grabadas dos cartelas con

inscripciones jeroglíficas; parece ser que fue importado de Siria o de Fenicia. (36).

En el S. VII, se aprendió a tallar con diamante, partiendo de una fórmula escrita en hebreo procedente de Oriente. (37). Los diamantes naturales o "naifes", como instrumentos de grabado, llegan a nuestro país a partir del S. VIII de la mano de los árabes, (38), que también trajeron el vidrio islámico; de la época califal se han hallado restos en Elvira y Medina Azahara. Se trata de vidrios moldeados, soplados y tallas en cristal de roca. La influencia islámica perduró en toda España a pesar de la llegada de la corriente veneciana. Los vidrios hispano-árabes presentan siempre tonos verdes y están decorados con signos geométricos.

Durante el S. XIII, hubo hornos en funcionamiento en Valencia, Cataluña y Andalucía, pero su momento álgido llegará en la Edad Moderna, con impronta veneciana. En todos los distintos centros de producción españoles, se fundieron la influencia romana y musulmana, excepto en Cataluña, donde la cultura veneciana se dejó sentir de manera más profunda. (39).

Uno de los componentes de la materia prima para la fabricación del vidrio lo constituía la "barrilla" procedente de la zona de Alicante, que abastecía a

vidrierías españolas y europeas; ésta era muy conocida, en el S.XVI, por sus excelentes resultados en la elaboración del vidrio transparente de base sódica. (40).

Los focos vidrieros más destacados desde finales del S.XVII en Cataluña, Aragón y Levante, son los siguientes: Barcelona y sus alrededores; Zaragoza, Caspe, Vistabella y Jaulín, en Zaragoza; Peñalva en Huesca; Ollería y Livia, en Valencia; Biar, Busot, Orihuela y Salinas, en Alicante. También Mallorca fue conocida por esta actividad. (41).

En Castilla destacaron los hornos de: Madrid, Cadalso de los Vidrios, Guadarrama, El Escorial, Nuevo Baztán y San Martín de Valdeiglesias, en Madrid; Vindel y Cuenca, en Cuenca; Recuenco y Villanueva de Alarcón, en Guadalajara; La Granja de San Ildefonso y Valquemada, en Segovia; Cebrenos, en Avila; Medina del Campo, en Valladolid; León, Burgos y Palencia. También se mencionan centros en Armallones y Arbeteta, en Guadalajara; La Torre de Esteban Hambrán, en Toledo; Collado de Contreras, en Avila; El Quejigal y Aranjuez, en Madrid. (42).

Los vidrios castellanos son de tipología intermedia, es decir, de influencia musulmana, como los andaluces, y de influencia veneciana, como los catalanes, valencianos y mallorquines. Estos vidrios eran de paredes delgadas, poco

aptos para ser grabados por estar hechos con sosa, igual que el veneciano, y no con potasa como el centroeuropeo.

En Andalucía, las vidrierías tienen una impronta decisivamente árabe. Destacaron hornos en Sevilla, Catril de la Peña, Puebla de Don Fadrique, Pinar de la Vidriería, Venta del Cura, Venta Quemada (Granada), María, Purchena, Tíjola, Serón y Nijar (Almería), Cala (Huelva), Arroyomolinos, La Carolina, Bailén, Hinojares y Alcalá la Real (Jaén), Isla del León (Córdoba). (43). Lo más característico de estos vidrios eran sus paredes gruesas de color verdoso amarillento, con abundante decoración, pero muy pobres en la técnica del grabado, sólo ocasionalmente se encuentran en ciertas piezas algunas incisiones grabadas que son las buscadas en este estudio.

En resumen, vemos que la técnica y la estética del vidrio español están definidas por la influencia árabe oriental, por una parte, y, por otra, por la veneciana, uniéndose así el refinamiento italiano y la riqueza decorativa árabe.

A finales del S.XVII Cataluña, Aragón, Valencia y Andalucía empiezan a ver empeorar sus vidrios por falta de buenos maestros. España entera entra en crisis, haciendo un vidrio vulgar y recargado; ello es debido a la importación

de vidrios centroeuropeos y la influencia ejercida por el cristal de Venecia.

Con la llegada de los monarcas de la Casa de Borbón, se produce un cambio notable en la dirección del país, que, pese a lo vasto de sus territorios, se halla sumido en un letargo premonitorio de su decadencia. Ayudados por ministros e ilustrados, estos monarcas practican una política de restauración nacional, basada en el progreso técnico y desarrollo económico a través de la industria. (44).

Esto se traduce en la inspiración, creación, y protección de una serie de industrias, fábricas y manufacturas, financiadas por la Real Hacienda, para la producción de bellos objetos; entre éstos, vidrios de lujo y vidrios grabados. Con este fin crea D. Juan de Goyeneche una fábrica en el Nuevo Baztán, que produce cristales de primera calidad de los que se proveía la Casa Real. Se vendieron, además, por toda la Península, y se exportaron a América. En esta fábrica se utilizó el grabado a la rueda para el decorado, por encargo, de piezas de vidrio con simples motivos o escudos de armas. Este vidrio, obtenido claro y trasparente, dió las pautas que más tarde seguiría la Fábrica de San Ildefonso. (45).

### 1.2.1.- Vidrio grabado de la Real Fábrica de la Granja.

Felipe V, educado al estilo francés, decide crear en 1736 una gran Manufactura Vidriera en los dominios reales de la Granja de San Ildefonso, al estilo de las que se estaban creando en toda Europa. (46).

Dos objetivos son los que favorecen esta decisión:

1º Reducir la fuerte demanda de vidrios planos y de lujo, y de objetos suntuarios que se importan para la Corte, y atender la fuerte necesidad de vidrio para las ventanas y decoración de los palacios que en esta época se construían: El Palacio Real, en Madrid; la Granja de San Ildefonso y Riofrío, en Segovia; y la reconstrucción o reforma de Aranjuez. Todos ellos seguían la moda de Versalles, establecida por Luis XIV, con la realización de la Galería de Espejos, siendo éstos también de gran importancia en la decoración interior.

2º El interés que tenía la reina Dña. Isabel de Farnesio por los pequeños hornos, ya instalados en el dominio real de la Granja de San Ildefonso por los vidrieros catalanes Ventura Sit y Carlos Sac. Ventura Sit, hombre hábil en la técnica de la vidriería y artista excelente, descubrió que las arenas de Balsaín no contenían vestigios de hierro; esto, unido a la gran cantidad de leña de fácil extracción

en los bosque próximos, le sugirió la creación de un pequeño horno. (47).

Felipe V decide tomar como base los pequeños hornos de esta fábrica de la Granja para montar una Manufactura Real. Su producción y funcionamiento constituyen un elemento fundamental para comprender el arte cortesano, auspiciado por los Borbones españoles, y su apertura a las artes industriales y decorativas del S. XVIII. (48). El objetivo es producir vidrio de lujo, lámparas y espejos al estilo francés y veneciano, y grabarlos al estilo centroeuropeo.

De acuerdo con sus orígenes, el rey llama en un principio a un equipo de maestros franceses que se establecen en 1746 y que al cabo de cuatro años se ven reforzados por artesanos que proceden de diversos países. En función de la especialidad de cada uno de ellos se fueron configurando los diferentes sectores de la estructura productiva de la nueva fábrica. Así, la llamada fábrica de Labrados o "franceses", por ser de esta nacionalidad la mayor parte del personal que trabajaba en ella, y cuyo maestro era Dionisio Sirvet. En el verano de 1750 llega a San Ildefonso un grupo de vidrieros alemanes, configurando la fábrica de "alemanes", a cuya cabeza estaba el maestro Jean Eder, quien introdujo la técnica del grabado a la muela. (49). Junto con estos vidrieros vinieron dos maestros grabadores Juan Wenceslao Guba y su hijo Francisco, quienes tallaban y grababan según modelos

traídos de Alemania, lo que explica la semejanza entre unos vasos grabados de La Granja, y otros realizados en vidrieras alemanas. Los Guba, padre e hijo, eran buenos grabadores, pero no tan buenos dibujantes, por lo que sus trabajos son siempre sencillos. En los comienzos del año 1751 llegaron los hermanos Brun: Henri, Daniel, Jean y Simón Segismond, que habían trabajado anteriormente bajo la dirección del maestro Eder (50), los cuales reclamaron un horno parecido a los que se utilizaban en Bohemia.

En lo que a nuestro tema de investigación de la tesis interesa, el taller de grabado y tallado estaba dirigido por el maestro Guba y en él trabajaban a sus ordenes dos oficiales y tres aprendices. Los técnicos extranjeros, más que vidrieros, eran buenos grabadores.

Dependiendo de La Real Fábrica se crean en Madrid cuatro talleres o salas. Una de ellas, la sala de grabado estaba dirigida por Carlos Munier y contaba con siete oficiales grabadores y siete oficiales talladores. Junto con Carlos Munier, entran un grupo de grabadores y tallistas que tienen nociones de su arte; estos son : Juan Bautista Nini, italiano, primer oficial, Federico Pérez, Miguel Angel García, Agustín de Llamas, José de Sola, Blas Belilla, Santiago Pomes y Manuel Pérez. (51).

La administración general, tanto de la fábrica de San Ildefonso como la del almacén de Madrid estaba a cargo de

Antonio Berger, comerciante que se había encargado del reclutamiento de los vidrieros franceses, a quien sucedería a mediados de la década de 1750 Bernardo Ward. (52).

En el taller de grabado y tallado de la fábrica de San Ildefonso se daba un acabado ornamental y artístico al gusto de la época, a los artículos elaborados en otras fábricas, por lo tanto tenía un carácter más artístico y menos industrial. Lo mismo ocurría en los talleres instalados en el almacén de Madrid.

El taller de grabado necesitaba crear gran número de dibujos y modelos para cubrir la demanda suntuaria de la Corte, y a los artistas grabadores se les exigía, aparte de una actividad manual necesaria para manejar los útiles tales como, punta de diamante o rueda, el ser buenos dibujantes y tener un sentido estético y artístico, cualidad necesaria cuando se pretendía realizar trabajos más complejos como son composiciones o retratos. Estas láminas o dibujos, los proporcionaba y auspiciaba en ocasiones la Academia de Bellas Artes, aunque es de suponer que el verdadero artista preparase el dibujo o la composición que iba a realizar.

Con la aportación de los alemanes de la técnica del grabado sobre vidrio, éste adquiere un papel hasta ahora desconocido en España; de artesano y utilitario, pasa a convertirse en elemento artístico y de lujo. No había

príncipe o noble que se preciara, que no poseyera algún espejo o cristal grabado.

Según notas encontradas en el Archivo de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, los artistas que deseaban ocupar una plaza de grabador de cristales en la Real Fábrica, tenían que aprobar una oposición conforme lo había dispuesto el Rey en una orden del 5 de Febrero de 1750. (53).

Un acta del 9 de Diciembre de 1753 dice así: Fig.10.

*"Don Francisco de Prada, que presentando varios dibujos pretende ser matriculado en la Academia y que se le dé certificado de ello para obtener una plaza de grabador de cristales que dice estar vacante en la Real Fábrica de ellos. En vista de que el director de la fábrica no ha dado aviso de vacante alguna como se confirmó en lo resuelto por S.M. el 5 de Febrero de 1750 debía hacerlo: no se ha creído haber vacante. En caso de haberla se deberá hacer oposición en la forma que se ha practicado hasta aquí. por cuyas razones y en atención a los dibujos que presentó el señor Prada se reconoce que tiene habilidad y quedó admitido para discípulo de la Academia".*

vas  
 Cex  
 eta  
 ce  
 J.  
 vas  
 X<sup>te</sup> Cigualm. se adm<sup>te</sup> que  
 ticos. otros quatro los  
 Discipulos. ~~\_\_\_\_\_~~ que  
 eta

rev  
 S.  
 Pic. Aguirre  
 Sarría  
 Saxeia  
 Forrepalma  
 Sagunto  
 S. W. C.  
 S. W. C.

Fig. 11. Acta de la Junta General de la Real Academia de Bellas Artes. 1753.

En la Real Fábrica de la Granja de San Ildefonso, sirvieron famosos grabadores nacionales y extranjeros.

Los grabadores de vidrio extranjeros, se contrataban con la condición de que enseñasen todos los secretos de su arte, pero en ocasiones eludían esta condición. Un comentario al respecto se encuentra reflejado en un acta del libro Juntas Particulares, Ordinarias y Públicas del Archivo de la Real Academia de San Fernando, que a continuación se reproduce: (54).

*" Habiendo entendido que los Maestros grabadores no comunican a los Discípulos todos los secretos de su Arte, manda a quien sea de su agrado cuide de evitar este prejuicio, haciendo que los Maestros los instruyan en todos los isinuados secretos, y demás partes de su profesión"*

Es lógico que la influencia de maestros grabadores extranjeros se vea reflejada en piezas de la fábrica de la Granja, ya que se han encontrado semejanzas con el vidrio europeo en su momento: Bohemia, Venecia y Francia. (55).

Es evidente que la transformación cultural artística y económica que hace Felipe V, no se aplicó de una forma radical a toda la actividad artística del país, sino tan sólo a las manufacturas de la Corte. (56). Tal es la preocupación de que se forme un grupo de grabadores españoles y se capaciten para realizar lo mismo que sus maestros extranjeros, que en la Ordenanza número 62, dadas

para la aprobación por el rey, el 24 de Mayo de 1749, de la sala de grabar dice: (57).

*"Grabadores: El maestro director de los grabadores ha de enseñar todo lo que supiere a todos los discípulos oficiales y aprendices, que el Rey ha señalado, y en adelante señalare, de modo, que con la posible brevedad haya maestros que le puedan sustituir y hacer lo mismo que él y con igual perfección de grabar, dibujar, modelar, hacer y enseñar en cristales y en piedras todo lo que supiese y es de su oficio"*

Desde la Corte y mediante el papel desempeñado por la Academia de Bellas Artes de auspiciar el gusto artístico, se van consolidando las formas y planteamientos del grabado de forma diversa. La presencia junto a los maestros extranjeros de españoles, provoca una españolización de los estilos importados. Algunos de sus vidrios grabados con punta de diamante o polvos de esmeril llevan la firma de artistas españoles.(58).

En la fábrica de la Granja, consta que se enviaban frecuentemente bocetos a los grabadores para que se realizasen las obras a gusto del cliente que las encargaba. Tanto es así, que en los Inventarios de los talleres de grabar y tallar, figuran repertorios de dibujos y libros

con grabados de animales que no han llegado a nosotros. (59). A este respecto M<sup>re</sup> Teresa Ruiz Alcón, en su libro "Arte y tecnología del vidrio" en un comentario sobre la Fábrica de Cristales de La Granja, dice que era constante en los encargos que se hacían a la Fábrica por particulares que se enviaran diseños; así consta muy frecuentemente en los pedidos: "... le envió este diseño", o "... ahí va el borroncito".

La Academia de Bellas Artes, también mandaba a la Real Fábrica dibujos o láminas para que sirvieran de modelos o fuesen copiados. A este respecto El Libro Primero de Actas dice así: (60)

*" En la Junta Particular del 18 de diciembre 1764 se resolvió hacer una colección de estampas de las fuentes, estatuas, vistas de jardines y edificios del Real sitio de San Ildefonso y en consecuencia de ello, previno su señoría a que los profesores propongan para hacer dibujos a las personas que juzguen más hábiles y capaces de desempeñar la idea a fin de enviar a aquel sitio los que crean precisos"*

Por otra parte en la Fábrica hubo siempre dibujantes que prepararan los diseños de las piezas, que se hacían en serie cuando se preparaban nuevos modelos, pues bien, desgraciadamente, la casi totalidad de estos dibujos ha

desaparecido. Esta sustracción fue hecha en La Granja entre los años 1931 y 1936 aproximadamente. (61).

En la relación de las diversas fábricas y en lo referente a grabadores y sueldos en reales de vellón al año dice así: (62).

#### FABRICA DE LABRADOS

Dibujante grabador	sueldo
Pedro Lafaye .....	4.380
Ayudante .....	1.460

#### FABRICA DE MADRID

Sala de grabar y tallar:

Carlos Munier (maestro) .....	8.000
-------------------------------	-------

Oficiales Grabadores

Juan Bautista Nini (primer oficial) .....	4.380
Federico Perer .....	3.825
Miguel Angel García .....	2.190
Agustín Llamas .....	1.825
José de sola .....	1.825
Blas Belilla .....	1.825

Las llamadas Fábricas de Cristales de Madrid no fueron nunca fábricas como la de La Granja, donde se producía vidrio o cristal, sino que eran dependencias de La Granja,

en donde se hacían labores complementarias. Se componía de almacenes generales y talleres de grabar, azogar y sala de óptica.

El taller de grabado y tallado de La Granja se crea posteriormente al de Madrid, quedando establecido en 1751 de la siguiente manera:

Maestro .....	Juan Wenceslao Guba
Oficiales .....	Francisco Guba
	Miguel Angel García
	José Villandiego
Aprendices .....	Francisco Nuñez
	Placido Rueda
	José Arándiga
Dibujante .....	Pedro Lafaye

Nuevamente se demuestra la preocupación de S.M. por la formación de los trabajadores de la fábrica así como de su conocimiento práctico del dibujo que en la "Ordenanza 50" dice así: (63)

*" Nombramiento de maestro de dibujo y su obligación y la de sus discípulos. Siéndo necesario el conocimiento práctico del dibujo para el perfecto uso de grabar, tallar y esmaltar, y debiendo estar continuamente ocupados en sus respectivos trabajos todos los maestros, oficiales y aprendices de la tres profesiones, no les queda lugar para*

que puedan asistir al estudio del dibujo en la Real Academia de Pintura de Madrid y porque S.M. quiere acudir a todo lo que sea enseñanza de estos empleados, resuelve que ahora y en lo futuro, en las fábricas de Madrid, uno de los Maestros oficiales, más adelante, sirva de maestro de dibujo de todos los otros, sus iguales, inferiores y más adelantados y graduados, y que este cargo se de por oposición, como se explica en la Ordenanza número 51, y porque S.M. tiene la satisfacción de la humildad y buena conducta de don Juan Bautista Nini, oficial mayor de grabados en la fábrica de Madrid, le elige y nombra por maestro de dibujo de ella y manda que dentro de la casa de la misma fábrica, se formalice una escuela o academia y que concurren a ella todos los maestros oficiales y aprendices de grabar, tallar y esmaltar... Por la aplicación y fatiga extraordinaria que se ha de seguir le concede S.M. una ayuda de coste mil reales de vellón".

Más tarde las clases de dibujo adquieren tanta importancia que se consigue del Rey, que se establezca una academia de dibujo y modelado. Se llamó Real Academia de Dibujo y Modelado de San Carlos y San Luis en honor de los patronos de los Reyes Carlos IV y M<sup>ra</sup> Luisa. Esta Academia, que sin grandes pretensiones creara Facundo Sani, consigue su hijo Ventura que sea declarada oficial para la enseñanza de los grabadores y maestros de la Real Fábrica, quedando constituida el 9 de junio de 1804. (64). El Rey concede una

prima de 300 reales de vellón al mes a los grabadores de la Fábrica que se interesaban de este arte. Es lógico que S.M. deseara potenciar la calidad artística de los grabadores.

Las enseñanzas artísticas impartidas constan de cuatro secciones que son:

- Principios rudimentarios del Dibujo. A cargo de Antonio Juan Maes, maestro del taller de grabado.
- Modelado de cabezas y figura. A cargo de Patricio Sanz, maestro dorador.
- Dibujo. a cargo de Manuel Badillo, escultor de los Reales Jardines.
- Geometría y Aritmética. A cargo de uno de los maestros anteriormente citados.

En las Academias, la enseñanza estuvo basada en la copia de las obras del maestro y en las láminas que mandaban de Madrid. Hay que tener en cuenta que la copia fue considerada hasta el siglo XIX como uno de los mejores métodos de enseñanza. Es en la Academia donde se hacían los exámenes correspondientes y se concedía al final de los estudios un diploma acreditativo. Fig 12.

Por otra parte en la década de 1770 se introdujeron nuevas técnicas en el grabado de vidrios, tomadas de la obra de Antonio Neri "Arte Vetraria", que se hizo traducir

e imprimir expresamente para uso exclusivo de los artesanos de San Ildefonso. (65).



Fig. 12. Diploma concedido por la Real Academia de San Carlos y San Luis de La Granja, al asistente a un curso.

Desgraciadamente la Academia tuvo poco tiempo de vida, ya que el 9 de Agosto de 1808, con motivo de la Invasión Francesa, se decide cerrarla, como se había hecho en la Corte con la Academia de San Fernando. Consecuencia de ésto, fue que la Real Academia de Dibujo no volvió a ponerse en marcha.

En 1810 el Gobierno de José Bonaparte, cedió en arrendamiento los talleres principales de la Fábrica, a algunos de los Maestros que no se habían incorporado a las guerrillas. Así, la Fábrica de Planos se arrendó a José Bel, y la Fábrica de Labrados a Antonio de Juan.

En 1815, con el advenimiento de la Paz, regresaron a la Fábrica algunos trabajadores, reanudándose la actividad, pero ese mismo año por cuestión política se ordenó cesar a todos los Maestros, suponiendo una pérdida irreparable de especialistas grabadores y talladores, lo que constituía el material más valioso de la Fábrica y de muy difícil sustitución, pues su formación había requerido largo tiempo y esfuerzos, en consecuencia no resultaba nada fácil reemplazarlos. (66).

Parece ser que la Fábrica como Manufactura era un negocio ruinoso, por lo que en el año 1833, muerto Fernando VI, pasó a ser explotada particularmente con fines industriales. Se cerró, en 1840 para convertirse en

industria moderna, fabricando en serie, con la ayuda del aire comprimido, grandes partidas de vidrio. (67).

Estilísticamente, la producción y la obra de la Real Fábrica, está influenciada por varias corrientes:

- a.- Corriente Veneciana, que en el S. XVII se deja sentir por toda Europa.
- b.- Corriente Francesa, los primeros Maestros franceses vienen a implantar su estilo que era el gusto de la época.
- c.- Corriente Alemana, con la aportación de su técnica en la fabricación y el grabado al gusto de Centroeuropa.
- d.- Corriente Inglesa, a mediados del S. XVIII sobre todo en la obtención de una mejor calidad de vidrio, reflejada en su transparencia y dureza, que eran los ideales para poder grabar y tallar.

Los temas grabados en piezas de vidrio de la Real Fábrica, presentan un carisma especial que los distingue dentro del panorama del vidrio internacional.

Los métodos de grabado, seguían la tradición de Centroeuropa, usando las técnicas tradicionales de los grabadores de piedras duras, utilizando de forma combinada las técnicas de punta de diamante y rueda.

Por otra parte el estilo del grabado va evolucionando y adaptándose al gusto de cada época, recorriendo el estilo de Luis XVI con representaciones de guirnaldas, flores, ramas y estrellas. Pasa luego al estilo Imperio, con representaciones de palmetas, ovas, trofeos de guerra y escudos de armas, siendo la habilidad del grabador lo que definía la complejidad del tema.

El vidrio plano de lujo que se graba generalmente son espejos y cornucopias, cuyos temas son sacados de estampas grabadas en cobre de los s. XVI y XVII, de la Calcografía Nacional de Madrid, representando escenas bíblicas, históricas, o legendarias. Un ejemplo son tres espejos que se conservan en el Museo Arqueológico de Madrid, con toda su superficie grabada con motivos vegetales y muy rococó, y en el centro una escena de caza: La caza del León, (Fig. 13), La caza del Ciervo, (Fig. 14), y La caza del Elefante. (68). Según la historiadora M<sup>ra</sup> Teresa Ruiz Alcón, estos temas fueron sacados de estampas grabadas de Nostradamus, aunque parece ser debe de tratarse de Stradamus, grabador del s. XV.

En el Museo de Artes Decorativas de Madrid, se encuentran dos cornucopias grabadas del s. XVIII, atribuidas a La Granja, correspondiendo con la primera época de Ventura Sit. Ambas cornucopias están grabadas a la rueda, representando una un tema Mitológico ( Fig 15 ), y



Fig. 13. Caza del león. Espejo grabado en La Granja ( 1750 - 1756 ).

la otra a un cazador ( Fig.16 ). El grabado sobre espejo se realizaba con las técnicas de rueda y punta de diamante, una vez que el vidrio había pasado por el proceso de azogado.

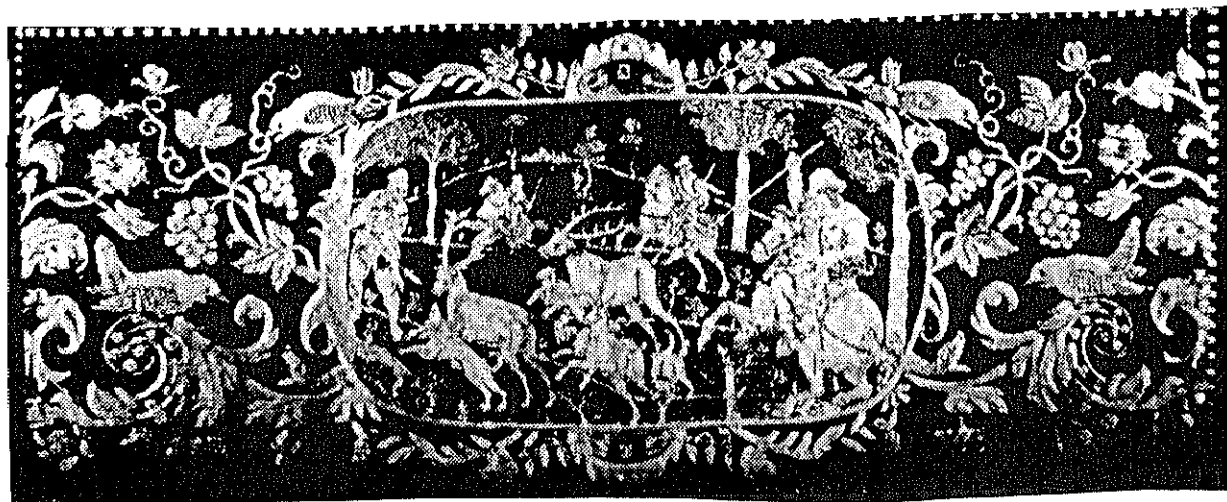


Fig. 14. Caza del ciervo. Espejo grabado en La Granja ( 1750-1756 ).

En el año 1775, el Maestro Brun descubre el método de dorar al fuego, que aplica a piezas grabadas. El motivo suele ser la flor de adormidera abierta o en forma de capullo. Los temas decorativos grabados, están inspirados, la mayoría de las veces en los grabados de Jean Berain. (69).



Fig.15. Espejo grabado a la rueda  
tema mitológico.



Fig.16. Espejo grabado a la rueda  
tema cazador.

La gran preparación de muchos años de los artistas grabadores tiene un ejemplo en el espejo con el retrato de Carlos III, que se conserva en la Biblioteca del Palacio Real, obra del grabador José Lagrú en 1782, denota una gran capacidad creadora. Fig.17. Por su labor artística S.M. le nombra Grabador de Cámara, y Maestro de la Sala de Grabado de la Real Fábrica de San Ildefonso. (70).



Fig. 17. Espejo grabado a la rueda con el retrato de Carlos III. Obra del grabador José Lagrú. 1782.

Uno de los grabadores que reúne las mejores condiciones técnicas junto a los conocimientos del dibujo, es Juan Bautista Nini, de origen italiano que es nombrado Maestro de Dibujo de la Academia de Madrid.

En la Real Fábrica, existía una jerarquía laboral, la promoción a cada nivel estaba rigurosamente reglamentada, sólo se accedía después de varios años de aprendizaje, llegando a oficial, para ser Maestro, había que presentar una obra de maestría. Ejemplo es la placa de maestría grabada por Antonio de Juan, de dimensiones 38 x 24,5 cm., con representación de un tema mitológico. Fig.18,

conservada en el Museo de Artes Decorativas de Madrid. En la parte superior los escudos de España y Portugal, rodeados del Toisón y sobremontados de corona real, en la parte central, el episodio de Hércules, donde se lee la siguiente inscripción: " HERCULES, ESPOSO DE MAGARA, LA RECOBRO DEL PODER DE NESO, QUE LA HABIA ROBADO Y QUITADO LA BIDA. A NESO LO AGARRO A SUS PIES COMO TROFEO. GRABADA EN SAN ILDEFONSO, AÑO 1788 POR ANTONIO JUAN." A este grabador se le concedió el título de Grabador de Cámara de Cristales



Fig. 18. Placa de Maestría grabada por Antonio de Juan. Tema mitológico

Se conserva en el Museo Arqueológico de Madrid otra placa de Maestría grabada a la rueda, cuyo tema es la fachada del Real Palacio de San Ildefonso por la parte de los jardines, grabada y firmada por Félix Ramos. Fig. 19.



Fig. 19. Placa de Maestría grabada por Félix Ramos.

En tiempos de Fernando VI, aparecen los vasos a dos colores, cuya técnica se denomina "cristal doblado" y que consiste en hacer una primera pieza de cristal transparente y cubrirla de una capa de cristal de color, que después se graba y talla dejando al descubierto la primera capa transparente. Con esta técnica está realizado este vaso (Fig. 20 ), propiedad de una colección particular, grabado a la rueda con representaciones arquitectónicas de una fuente del Palacio de Aranjuez. Dicho vaso fue un regalo del Rey Fernando VII a D. Manuel Luján y Ruiz Morillo.

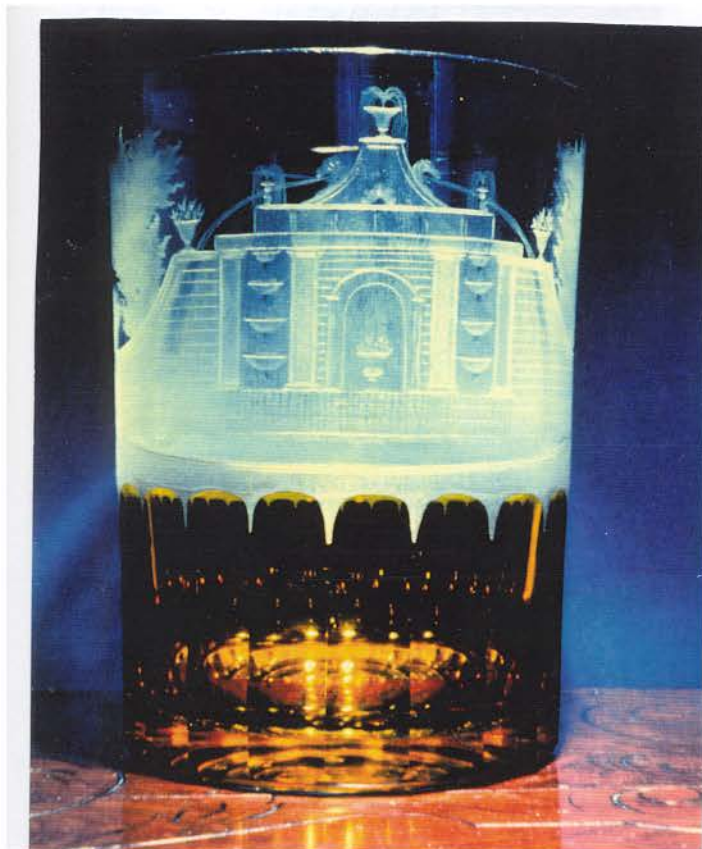


Fig. 20. Vaso de La Granja grabado a la rueda con representación de una fuente del Palacio de Aranjuez.

El cristal grabado en ocasiones se ha llegado a pintar al óleo, como lo demuestra un espejo de S. Ramón Nonnato del Museo de Artes Decorativas de Madrid. Este espejo grabado a la rueda, lleva pintadas al óleo las carnaciones, al igual que los pies en rojo. El personaje o figura, parece sacado de un grabado de la Mitología, aunque luego cambiaron las carnaciones transformándolo en Santo, con la Eucaristía y la Palma. ( Fig. 21 ).



Fig. 21. Espejo grabado a la rueda. Tema mitológico con adaptación de Santo.

En el Palacio de Oriente se conservan varias piezas grabadas de La Granja, entre las que destacan varios vasos, alguno de ellos firmados, y espejos. Habiendo sido posible ver estas piezas en los fondos-depósito de vidrio del Palacio Real, gracias a la amabilidad de D<sup>a</sup> Leticia Sánchez, Conservadora de cerámica y vidrio del Patrimonio Nacional.

Según algunos autores, en la última época de la Fábrica de La Granja, conocida como la Epoca del Candilón,

se efectuaron grabados sobre vasos, mediante la técnica del ataque por ácido.(72).

En el Palacio de Oriente, se conservan también vasos grabados al ácido, procedentes de la fábrica La Industria (Gijón), fundada en 1844 y perdurando hasta 1983. Aquí, al igual que en la Fábrica de La Granja, el personal cualificado dependía de extranjeros procedentes de Francia y Bohemia.

El iniciador del grabado en la fábrica de Gijón, en 1865, fue Gerner Klimt, nacido en Haida (Bohemia), que grabó a la rueda , vidrio de lujo tipo Bohemia; su presencia explica el estilo y la calidad de piezas grabadas con temas figurativos. ( Fig. 22 ). Discípulo de Klimt, fue el grabador español Ulpiano Alonso, considerado como el precursor del grabado al ácido en España.(73). Este "descubrimiento" está documentado en el pie de una copa con la siguiente inscripción: "Al digno de la Fábrica de vidrios de Gijón Sr. D. Antonio Truan, como muestra de grabado por el procedimiento puesto en práctica en dicha Fábrica. El 19 de Julio de 1890. Ulpiano Alonso Grabador al ácido ( Fig. 23 ).

Ulpiano Alonso, tuvo un reconocimiento universal por su serie de obras grabadas sobre vidrio a la rueda y al ácido, siendo premiado en diversas exposiciones nacionales

e internacionales. Con la técnica del grabado al ácido, llegó a obtener cinco tonos de un gran efecto, semejantes ópticamente a los distintos tonos obtenidos con resinas sucesivas en el grabado calcográfico. El tema más utilizado en el grabado al ácido fue el realizado en copas de "Recuerdo", con la imagen de la Virgen de Covadonga. ( Fig. 24 ).

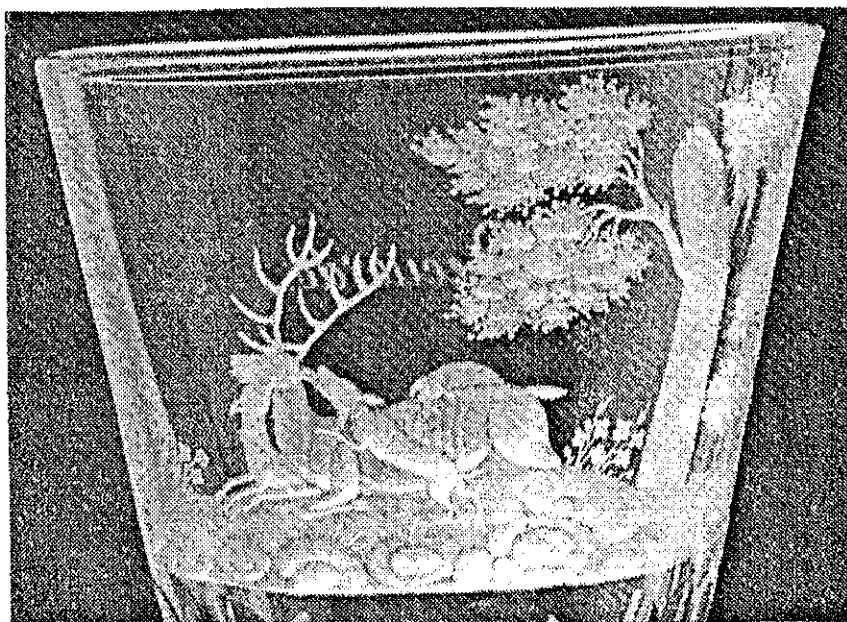


Fig. 22. Detalle de copa recuerdo tallada y grabada a la rueda. Escena de cacería.

La obra grabada sobre vidrio de finales del S. XIX, está muy ligada al estilo " fin de siglo " europeo, aunque con singular diferencia.

Los vidrios grabados en Cataluña por calidad, tamaño y grosor, se clasifican en dos tipos: muselinas y cristales.

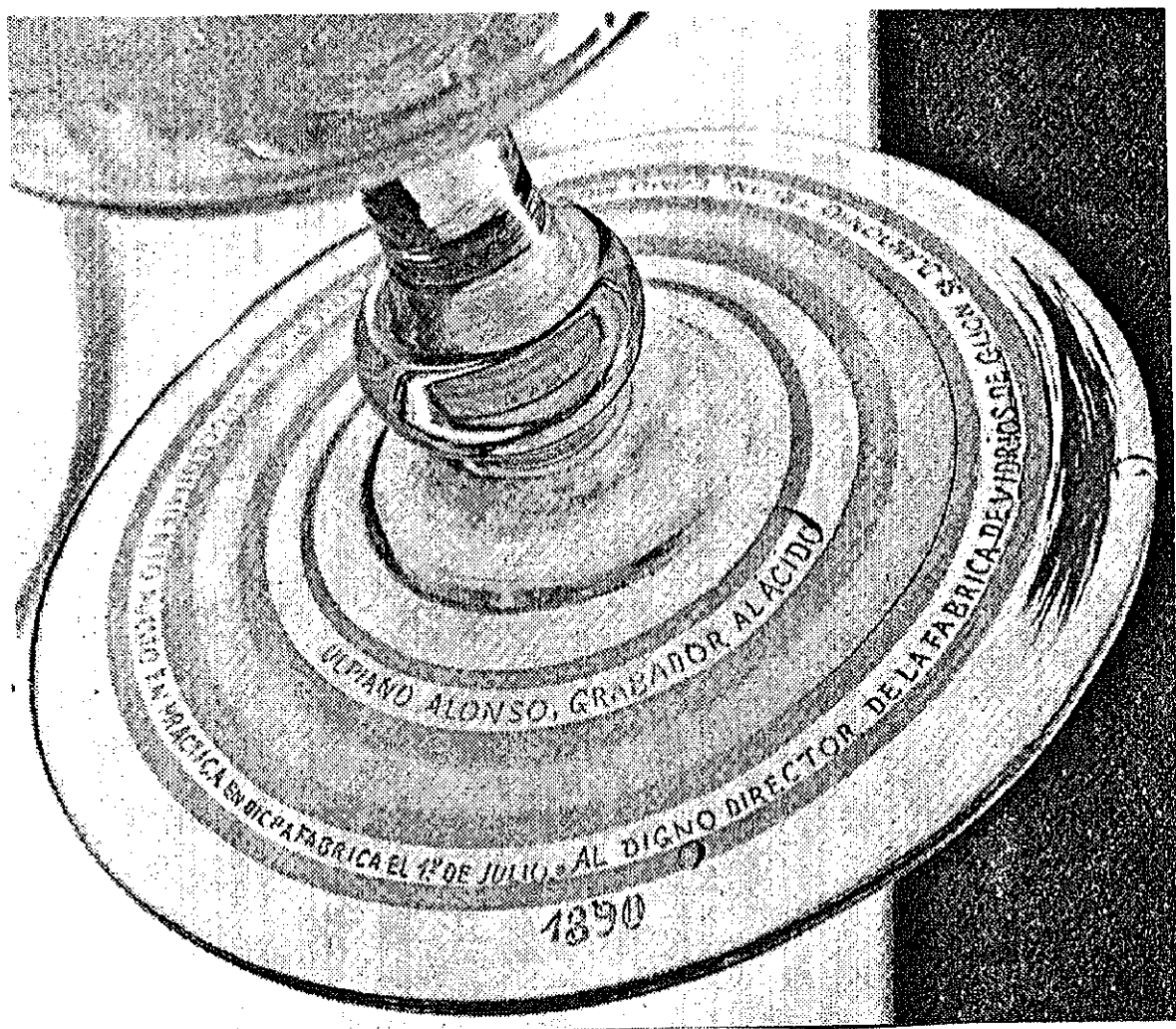


Fig. 23. Detalle de copa con inscripción en el pie.

Las muselinas están hechas con vidrios muy delgados, sobre los cuales se graba por el procedimiento al ácido. La misión de las muselinas era la de sustituir a la cortina de tejido delgado y poco tupido, lo que permitía, colocada detrás de los vidrios transparentes, filtrar la luz y aislar directamente de la vista los interiores de las casas. De ahí viene el nombre de muselina, que es un tejido ligero, generalmente de algodón que además de darle el

nombre le ofreció los dibujos que le eran propios, realizados en pequeños formatos y en serie. Estos dibujos que en sí mismos no definen una muselina, se encuentran alguna vez en cenefas y orlas de los cristales.

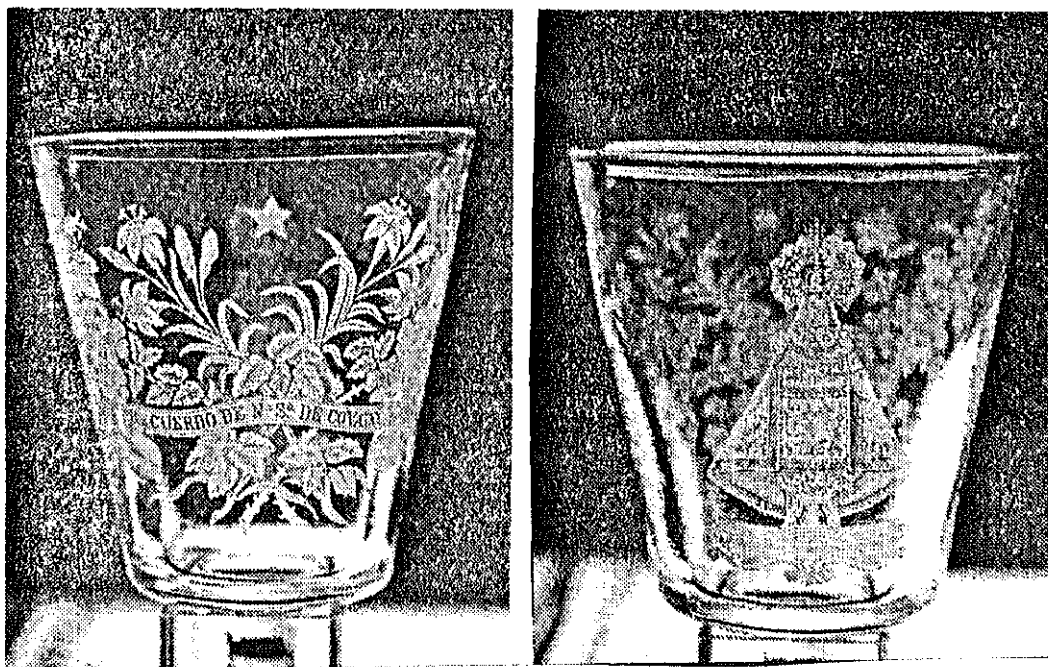


Fig. 24. Copa recuerdo grabada al ácido.

Las representaciones que se grabaron sobre vidrio son totalmente creativas con abundancia de hojas, flores, también algunas figuras e imitaciones de cortinas. Dentro de la temática, ocupa un lugar importante, iniciales de nombres propios, emblemas, escudos, etc.

Actualmente es en el norte de Europa donde el grabado sobre vidrio alcanza un gran esplendor, elevándolo a la categoría de Arte. Un ejemplo de diseño contemporáneo

es " Innerland " de Eric Hilton, ( Fig. 25 ), que se realizó en Corning, 1976 - 80, y en cuya realización se emplearon diversas técnicas de grabado tales como rueda, punta de diamante y chorro de arena.

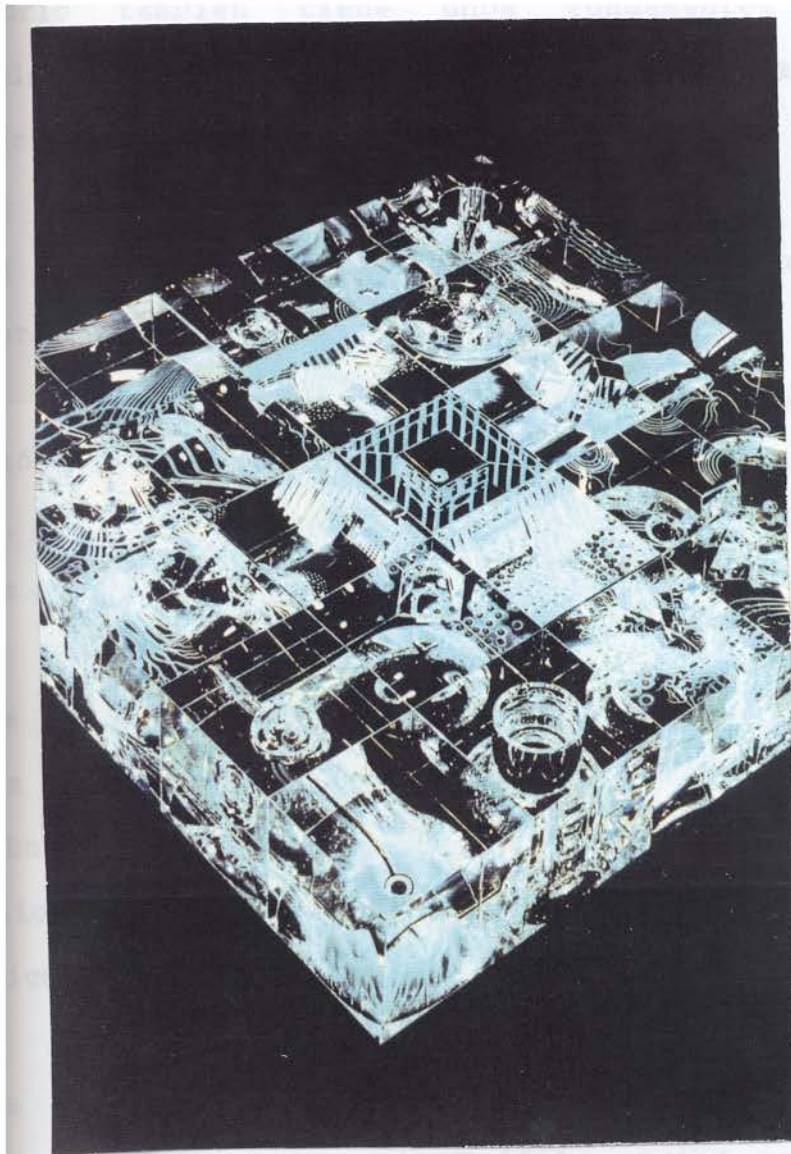


Fig. 25. Innerland de Eric Hilton.

### 1.3.- FUENTES DOCTRINALES

Es importante enumerar las fuentes doctrinales, en las que se basaron los vidrieros españoles para conocer la técnica y el arte de la vidriería. Pues al igual que se escribieron tratados de pintura y las demás artes, el arte del vidrio también tiene unos fundamentos teórico-doctrinales en sus propios libros. Estos tratados son recopilaciones de recetas antiguas.

La primera noticia sobre la fabricación del vidrio, la encontramos, en la Historia Natural de Plinio, ( 23 - 79 d. C.), y que explica, en forma de leyenda, como se consiguió la primera pasta vítrea. El Codex Luccensis, ( 800 d. C.), muestra como el saber de la antigüedad llega a Europa a través de Bizancio, Siria y Egipto.

De la Edad Media, tenemos el conocimiento documental sobre la fabricación del vidrio, en la obra De Originibus Verum. Un manuscrito de esta obra fechado 1023, hallado en la biblioteca de Montecasino, contiene la representación más antigua que se conoce de un horno de vidrio. ( 94 ).

En el siglo XII, el tratado Schedula Diversarum Artium, escrito por el monje Teófilo, quien para algunos autores es un monje de Wesfalia, que vivió a finales del siglo XI, comienzos del XII. Dentro de este tratado, el

segundo volumen, está dedicado al trabajo del vidrio. En él se habla de los hornos, crisoles, composición, así como de la preparación y coloración de la pasta vitrificable. También menciona algunas técnicas, tales como el grabado, la decoración en oro, y técnica del soplado. ( 95 ).

Entre los años 1243 y 1250, Alfonso X El Sabio, mandó traducir del árabe al castellano, a Yhuda Mosca el Menor y a Garcí Pérez el libro El Lapidario, que el moro Abolays supuestamente transcribió del original griego. El manuscrito se conserva en la biblioteca del Escorial. ( 96 ).

En el siglo XVI, tenemos el tratado titulado De la Pirotechnia, escrito por Vanoccio Biringuccio, en 1540. También en este siglo, aunque algo posterior, tenemos el tratado de título De Re Metallica, que habla de la fabricación del vidrio y de la construcción de hornos; escrito, por el médico Georg Agricola, en 1556 en Basilea. ( 97 ).

El tratado cumbre de la vidriería, está escrito por el monje florentino Antonio Neri, en el año 1612. L'Arte Vetraria es el primer libro didáctico completo sobre esta materia, siendo además un compendio químico que persigue como objetivo lograr el vidrio transparente e incoloro. ( 98 ). Este tratado fundamental, adquirió gran difusión

al ser traducido a varios idiomas; antes de finalizar el siglo ya se habían publicado catorce ediciones. ( Fig. 26 )

Christopher Merret, tradujo el libro arriba mencionado, al inglés en 1662 con el título The Art of Glass, aportando una serie de comentarios suyos.

Johann Kunckel en 1679, hizo posible la lectura de esta obra en alemán, dándole el título Ars Vitraria Experimentalia, que fue publicada en Franckfurt y Leipzig, añadiendo opiniones y comentarios propios.

La traducción al francés aparecida en Paris en 1752, incluye comentarios de Merret y Kunckel; la versión española publicada en 1776, es obra de Miguel Jerónimo Juarez y Nuñez. ( 99 ).

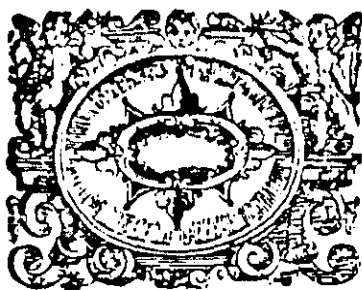
L'ART E  
**VETRARIA**

*Distinta in Libri Sette*

DEL

R. P. ANTONIO NERI  
FIORENTINO

Ne' quali si scoprono marauigliosi ef-  
fetti, e s'insegnano Segreti bellis-  
simi del Vetro nel Fuoco,  
& altre cose curiose.



**I N V E N E T I A ,**  
**M. DC. LXXVIII.**

Appresso Stefano Curti.  
*Con Licenza de' Superiori,*

Fig. 26. Tratado del Vidrio.

CAPITULO 2

NATURALEZA Y TIPOS DE VIDRIO COMO MATRIZ. PROPIEDADES  
FISICAS Y QUIMICAS

## CAPITULO 2

### NATURALEZA Y TIPOS DE VIDRIO COMO MATRIZ. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

El empleo generalizado de la palabra "cristal" cuando nos referimos al vidrio es incorrecto, ya que éste no es un cristal bajo el punto de vista cristalográfico, debido a que carece de una estructura cristalina.

Se llama cristal, a todo aquel sólido que posee una estructura perfectamente organizada, que se repite de forma periódica y que no admite variaciones de la misma.(1). Los cristales abundan en la Naturaleza: el diamante, el copo de nieve, los metales, etc..

El vidrio, por el contrario, no tiene una estructura de tipo cristalino, sino que su organización estructural no es perfectamente ordenada, presentando asimetrías en su desarrollo.(2). ( Fig. 27 ).

La diferencia se explica analizando el proceso de obtención de unos y otros. En el gráfico de la Fig. 28, vemos partiendo de A, el proceso de enfriamiento de un líquido desde altas temperaturas. Al llegar al punto B ó

temperatura  $T_f$  tenemos que, si el proceso de enfriamiento es lo suficientemente lento, se producirá la cristalización del líquido con una contracción brusca del volumen, y durante todo el proceso de cristalización la temperatura permanece constante (B-C), continuando luego el enfriamiento de forma normal.

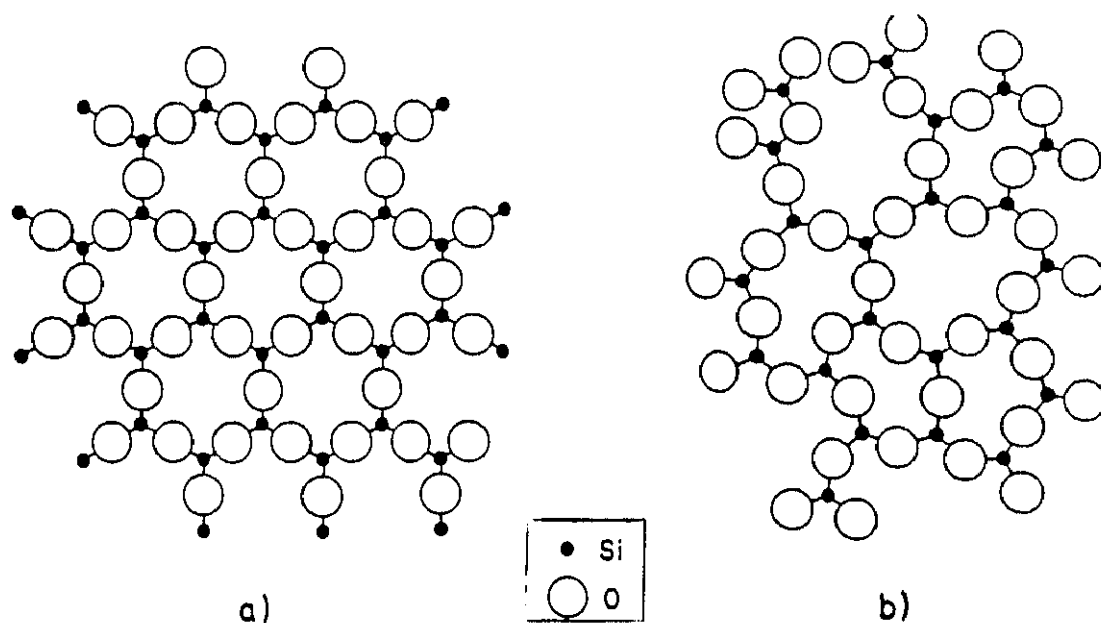


Fig. 27. Esquemas de estructuras cristalina ( a ), y vítrea ( b ).

En el caso de que el enfriamiento sea más rápido, se pasa por el punto B sin efecto alguno, llegando al punto E o temperatura  $T_g$ , donde la curva sufre una fuerte variación en la pendiente, continuando prácticamente paralela a la de enfriamiento del cristal. A partir de este punto, la viscosidad del vidrio es tal, que no se puede producir cristalización, por la imposibilidad de movimiento del componente estructural. Esta temperatura se llama de

transformación; a partir de este punto se puede comenzar a hablar de vidrio. Entre  $T_f$  y  $T_g$  el material es un líquido subenfriado, que cuando permanece durante cierto tiempo en un valor fijo de temperatura llega a cristalizar, no así el vidrio, el cual disminuye su volumen. (3).

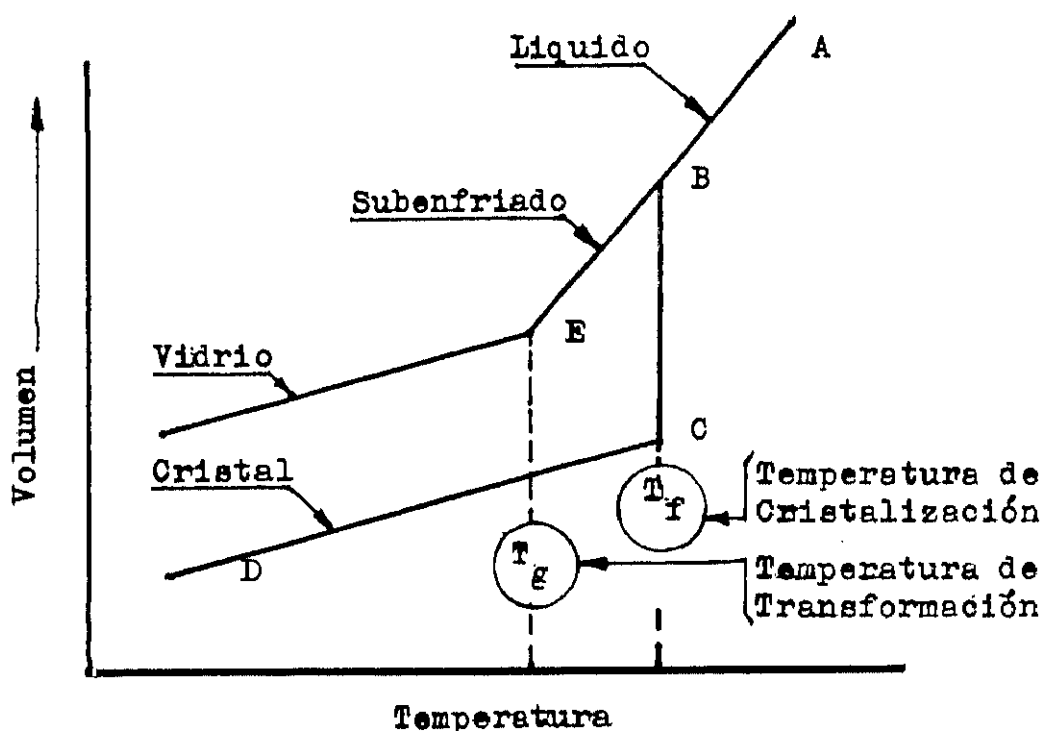


Fig. 28. Gráfico del proceso de enfriamiento de un líquido.

En cuanto a la estructura del vidrio propiamente dicha no existe una ley estructural, sino que todo lo que hasta ahora se sabe está sintetizado en muy variadas teorías. No vamos a profundizar en ninguna de ellas sino a enumerar las más importantes e indicar en qué consisten.

a.- Sistema desordenado. El vidrio forma un extenso sistema tridimensional que carece de periodicidad, por lo tanto se forma al azar o desordenado. También se conoce por la teoría de Zachariessen. (4).( Fig. 29 ).

b.- Teoría de las "cristalitas". La masa de vidrio estaría compuesta por grandes cantidades de cristalitas o microcristales unidos entre sí de forma desordenada, siendo su tamaño tan pequeño que no da ninguna característica cristalina a la masa. (5).( Fig. 30 ).

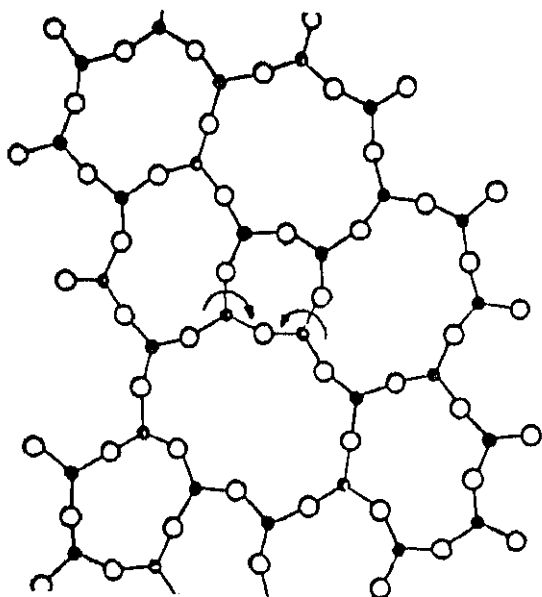


Fig.29. Sistema desordenado

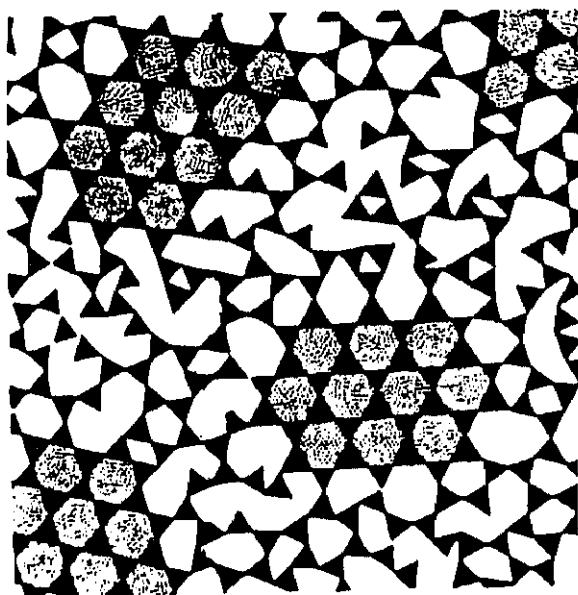


Fig.30. Teoría de las cristalitas.

Estas teorías no son las únicas, la primera es de las más antiguas y por ahora de las más convincentes pese a sus defectos; la otra es posterior, aunque no la última.

No existe en la actualidad ninguna teoría sobre la estructura del vidrio que pueda explicar todos los fenómenos que ocurren en el mismo. Esto es, una clara muestra de lo mucho que queda por conocer del comportamiento del vidrio pese a su antigüedad.

He comenzado diciendo que la estructura del vidrio es distinta a la de un cristal, hay dos aspectos que lo indican claramente: su comportamiento y propiedades, y los estudios realizados por rayos X, en los que ha podido observarse ese fenómeno de falta de continuidad si se compara con los cristales.

En lo que se refiere a la definición del vidrio, existe así mismo más de una:

- " Líquido subenfriado". ( Tamman ). ( 6 ).
- " Polímero inorgánico con una estructura altamente entrelazada, deformable a alta temperatura".  
(Greene). ( 7 ).
- " Sustancia inorgánica en una condición que es continua y análoga al estado líquido de la sustancia, pero que, como resultado de un cambio reversible en la viscosidad durante el enfriamiento, ha alcanzado un alto grado de

NOTAS BIBLIOGRAFICAS. -

1. BONET CORREA, A. (Coord). Historia de las Artes Aplicadas e Industriales en España. Manuales Arte Cátedra. Madrid 1987, p. 12
2. FERNANDEZ NAVARRO, J.M.. El vidrio. C.S.I.C. Instituto de Cerámica y Vidrio. Madrid 1985, p. 5.
3. ARTIÑANO, P.M. Los orígenes de la fabricación del vidrio y su introducción en España. Madrid, Hanser y Menet 1930. P. 19.
4. DRAHOVA, O., El arte del vidrio en Europa. Ed. Libsa, Madrid 1990. p. 14.
5. FERNANDEZ NAVARRO, J.M., Op. Cit., p. 14.
6. VIGIL PASCUAL, N., El vidrio en el mundo antiguo. Madrid, Instituto Español de Arqueología del C.S.I.C. 1969. p 81.
7. FERNANDEZ NAVARRO. J.M., Op. Cit., p. 13.
8. Ibidem, pp.17-18.
9. CHARLESTON, ROBERT J., Masterpieces of Glass, Harry W. Abrams, INC., Publishers, New York. edition 1990. p. 35.
10. HADEN H. J., Cameo Glass Artists. Glass Technology, Vol. 27, Nº 5, October 1986. p. 151.
11. BONET CORREA, A. Op. Cit., p. 464.
12. FERNANDEZ VILLAMIL, Ç., Las artes aplicadas. Madrid 1975. pp. 214 y 215.
13. GUDIOL y RICART, J. y ARTIÑANO, P. M., Resumen de la historia del Vidrio. 1935. p. 86.
14. NORMAN, BARBARA., Glass Engraving. Ed. David & Charles London. 1981. p. 12.
15. FERRAN, HUDIG., Diamond Engraving. 1935. p. 13.
16. DRAMATOVA, OLGA. Op. Cit., p.156.
17. DRAHOVA, OLGA., Ibidem, p. 91.
18. CHARLESTON, ROBERT J., Op. Cit., p. 135.
19. DRAHOVA, OLGA. Op. Cit. p. 91.
20. ENCICLOPEDIA UNIVERSAL ESPASA CALPE. Edición 1929. Tomo 68, p. 828.
21. CHARLESTON, ROBERT J., Op. Cit., p.135.

22. DRAHOTOVA, OLGA. Op. Cit., p. 94.
23. MOORE, PATRICK. Catálogo exposición. Dic. 1991. Madrid.
24. REAL FABRICA DE CRISTALES. LA GRANJA. Segovia. Catálogo Exposición de Strasburgo 1991. Ed. Fundación Centro Nacional del Vidrio. Pág. 40.
25. DRAHOTOVA, OLGA. Op. Cit., pp. 97-102.
26. NORMAN, BARBARA. Op. cit., p. 12.
27. GATEAU, J.CH. El Vidrio. Barcelona. Ed. Torres 1976. pp. 100-104.
28. RUIZ ALCON, M<sup>a</sup>. T., Vidrio y Cristal de La Granja. C.S.I.C., 1985. p. 8.
29. NORMAN, BARBARA. Op. Cit., p. 12.
30. RUIZ ALCON, M<sup>a</sup>. T., Op. Cit., p.18.
31. DRAHOTOVA, OLGA. Op. Cit., p.121.
32. HUDIG, FERRAND., Diamond Engraving. 1935. pp.15 - 18.
33. GONZALEZ PEÑA, M<sup>a</sup>. L., Origen y difusión del vidrio. Ed. Nacional. Colec. Artes del tiempo y del espacio. p. 15.
34. GATEAU, J.CH., Op. Cit., pp. 85 - 89.
35. NIHAJLOVA, O.E., Spanisch Glas aus der Ermitage. Leipzig, 1975 (versión española).
36. GONZALEZ PEÑA, M<sup>a</sup> L., Op. Cit., pp. 20-21.
37. RICO Y SINOBAS, M., Tratado del vidrio y sus artífices en España. Madrid 1973. pp. 4 - 13.
38. GONZALEZ PEÑA, M<sup>a</sup> LUISA. Op. Cit., p.63
39. GUDIOL Y RICART, J.. Los vidrios catalanes. Monumenta Cataoniae, Vol. III, Barcelona. Alpha 1941, Pág. 131.
40. RICO Y SINOBAS, M.. Tratado del vidrio y sus artífices en España. Madrid 1973. Págs. 4-13.
41. GONZALEZ PEÑA, M<sup>a</sup>. Op. Cit., p. 94.
42. RICO Y SINOBAS, M.. Op. Cit., pp. 4 - 13.
43. GONZALEZ PEÑA, M<sup>a</sup> LUISA. Op. Cit., p. 95.
44. REAL FABRICA DE CRISTALES. LA GRANJA. Segovia. Catálogo Exposición de Strasburgo 1991. Ed. Fundación Centro Nacional del Vidrio. p. 27.

45. GUDIOL Y RICART, J. Y ARTIÑANO, P. M., Op. Cit., p. 79.
46. NIETO ALCAIDE, VICTOR. Arte y tecnología del vidrio. Ed. Fundación Centro Nacional del Vidrio. Págs. 17-19.
47. GUDIOL Y RICART, J. Y ARTIÑANO, P.M., Op. Cit., p. 80.
48. BOTTINEAU, YVES. L'Art Baroque. Págs. 280-282.
49. GATEAU, J. CH., Op. Cit., p. 100.
50. RUIZ ALCON, M<sup>a</sup>. T.. Influence des verrieres de l'Europe Central dans la fabrication des cristaux, de La Granja de S. ILDEFONSO. ( Separata ). Publicación por la Academia de Budapest.
51. BONET CORREA, A. Op Cit., p. 495.
52. HELGUERA QUIJADA, J.. Arte y tecnología del vidrio. Ed. Fundación Centro Nacional del Vidrio. pp. 66-68.
53. ARCHIVO DE LA REAL ACADEMIA DE BELLAS ARTES DE S. FERNANDO. Libro de actas de Juntas Particulares Ordinarias y Públicas, desde 1753 hasta 1757. p.12.
54. ARCHIVO DE LA REAL ACADEMIA DE BELLAS ARTES DE S. FERNANDO. Libro Primero de las Juntas Particulares, Ordinarias y Públicas. p. 278.
55. PEREZ BUENO, L.. Vidrios españoles en el extranjero, S. XVI, XVII Y XVIII. Ed. Tipografía de Archivos de Olazaga 1936. p.130.
56. NIETO ALCAIDE, V.. Op. Cit., p. 53.
57. BONET CORREA, A.. Op. Cit., p. 487.
58. PEREZ BUENO, L.. Op. Cit., p. 13.
59. BONET CORREA, A. Op. Cit., p. 495.
60. ARCHIVO DE LA REAL ACADEMIA DE BELLAS ARTES DE S. FERNANDO. Libro Primero de Actas, Juntas Particulares, Ordinarias y Públicas. Acta del 18 del XII del 1764.
61. RUIZ ALCON, M<sup>a</sup>. T.. Arte y Tecnología del vidrio. Fundación C.N.V., p. 34.
62. RUIZ ALCON, M<sup>a</sup>. T. Ibidem. pp. 35-37.
63. BONET CORREA, A.. Op. Cit., pp. 499 - 500.
64. RUIZ ALCON, M<sup>a</sup>. T.. Reales Sitios. Revista del Patrimonio Nacional Año XII, Nº 44 1975, p.68.

65. HELGUERA QUIJADA, J.. Arte y tecnología del vidrio. Ed. Fundación Centro Nacional del Vidrio. p.74.
66. HELGUERA QUIJADA, J.. *Ibidem*. p. 84.
67. GUDIOL Y RICART, J. Y ARTIÑANO, P.M., *Op. Cit.*, p. 81.
68. BONET CORREA, A.. *Op. Cit.*,. 497.
69. RUIZ ALCON, M<sup>a</sup>.T.. *Op. Cit.* p. 21.
70. ARCHIVO GENERAL DE PALACIO. Caja 2697/23.
71. ARCHIVO GENERAL DE PALACIO. Caja 599/23.
72. RUIZ ALCON, M<sup>a</sup>.T.. *Op. Cit.*, p. 34.
73. CATALOGO MUSEO DE BELLAS ARTES DE ASTURIAS. Arte e Industria de Gijón. 1991. pp. 191-208.
74. GARCIA MARTIN, M.. Vidrieras de un jardín de vidrios. Ed. Catalana de Gas y Electricidad S.A. Barcelona 1981. pp. 81 - 82.
75. FERNANDEZ NAVARRO, J. M<sup>a</sup>.. *Op. Cit.*, p. 21.
76. PEREZ BUENO, L.. Vidrios y vidrieras. Barcelona. Ed. Alberto Martín. 1942. Pág.8.
77. RICO SIMOBAS, M.. Tratado del vidrio y sus artífices en España. Madrid 1873. Pág. 5.
78. FERNANDEZ NAVARRO, J. M<sup>a</sup>.. *Op. Cit.*, p. 37.
79. PEREZ BUENO, L.. L'Arte Vetraria de Neri, su conexión con las Reales Fábricas de cristales establecidas en S. Ildefonso. Archivo Español de Arte. Madrid, 1945. T. XVIII, N<sup>o</sup> 70, p. 201.
80. FERNANDEZ NAVARRO, J.M<sup>a</sup>.. *Op. Cit.*, p. 37.

- viscosidad hasta convertirse para todos los propósitos en rígido". ( Morey ). ( 8 ).
- " Vidrio es un producto inorgánico fundido que se ha enfriado hasta un estado rígido, sin experimentar cristalización". ( A.S.T.M. ). ( 9 ).
  - La Academia Rusa denomina vidrio a todos los sólidos amorfos obtenidos por enfriamiento de una masa fundida, cualquiera que sea su composición química y la zona de temperatura en que tenga lugar la solidificación. La transición del estado líquido al estado vítreo ha de ser reversible. ( 10 ).

## 2.1.- COMPONENTES Y TIPOS DE VIDRIO

El vidrio está formado por óxidos que se clasifican según su función en: formadores, modificadores de red e intermediarios.

a) Los óxidos formadores son los que, como su nombre indica, forman la red. Tienen como característica general el ser de un tamaño que les permite estar rodeados de cuatro átomos de oxígeno, formando un tetraedro. A este grupo pertenecen la sílice,  $\text{SiO}_2$ , y óxido de boro,  $\text{B}_2\text{O}_3$ , como más comunes, existiendo vidrios de orígenes muy distintos a éstos. Para su empleo en el grabado considero

más conveniente el de  $\text{SiO}_2$  por costo y facilidad de adquisición en forma de planchas.

b) Los modificadores de red lo que hacen es que al introducirse en ella modifican sus propiedades. Aquí tenemos en primer lugar los alcalinos: litio, sodio y potasio, a los que se denomina fundentes, pues hacen disminuir la temperatura de fusión.

Los óxidos de calcio, magnesio, bario y zinc, actúan como modificantes al mejorar su resistencia al ataque por el agua y favorecer su desvitrificación.

El óxido de plomo actúa fundamentalmente sobre su densidad. La alúmina es estabilizante 100%.

La Fig. 31 da una idea clara de los efectos que sobre el vidrio tiene cada uno de los óxidos mencionados previamente que son los más comunes. ( 11 ).

Podemos indicar que hay vidrios compuestos por elementos tales como el pentóxido de plomo  $\text{Pb}_2\text{O}_5$ , dióxido de germanio  $\text{GeO}_2$  y otros muchos. Por otra parte se utilizan también óxidos como colorantes o decolorantes del vidrio. Estos óxidos que actúan de una forma que se puede considerar como secundaria, se llaman intermediarios.

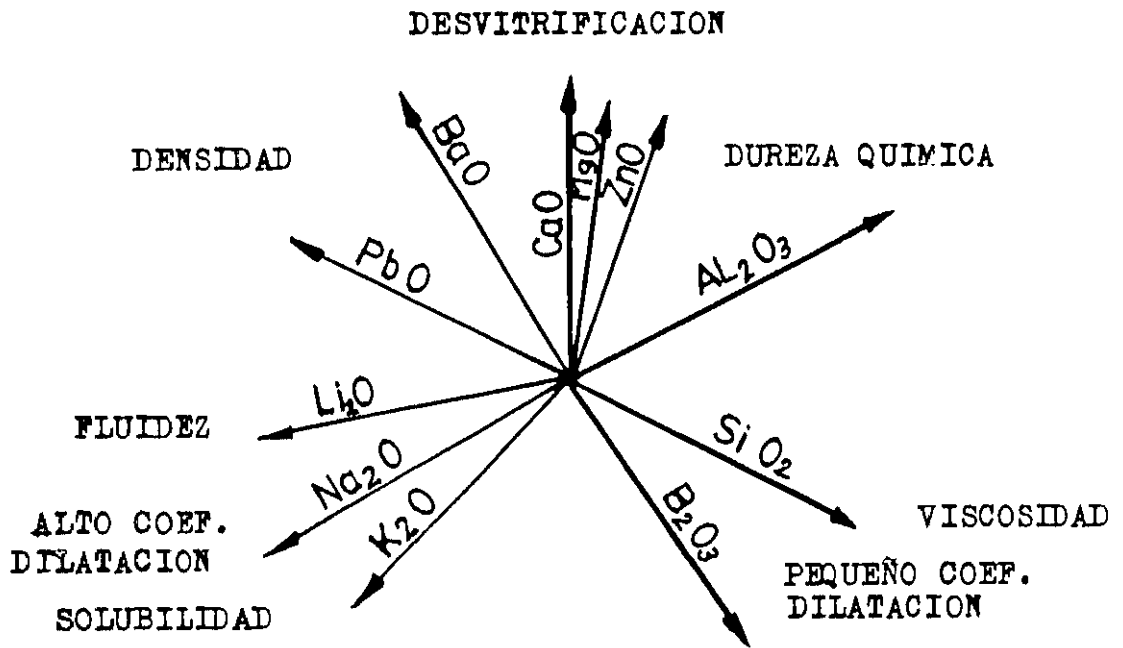


Fig. 31. Efectos que sobre el vidrio ejercen los distintos óxidos.

Existen una gran variedad de tipos de vidrio, ya que para obtener uno distinto basta con variar el porcentaje en que uno de los componentes entra a formar parte. De todas formas los vidrios se agrupan en grandes grupos dependiendo de los componentes que existen en mayor proporción. Así pues tenemos:

A. Vidrio sódico-cálcico. Es el tipo de vidrio utilizado en esta investigación. Su composición es la más parecida a los primeros vidrios fabricados por el hombre, una mezcla de óxidos de sílice, calcio y sodio. Aproximadamente el 90% del vidrio que se funde hoy en día es de este tipo.

B. Vidrio plomo-alkalino. Es otra posible alternativa no empleada en esta investigación por su alto costo y dificultad de obtener en plancha. Se le conoce como vidrio de plomo, y de forma popular recibe el nombre de "cristal" para las especialidades artísticas añadiendo el lugar de procedencia. Cuanto mayor es el porcentaje de plomo más pesado es el vidrio y de mayor calidad artística se le considera.

C.- Vidrio Borosilicato. Es el primer tipo de vidrio que se conoció que resistiera de forma apreciable el choque térmico. Su resistencia al ataque químico no lo hace utilizable en la fase de ataque de ácidos de esta tesis. Una marca internacionalmente conocida " PYREX " usa vidrios de este tipo.

D.- Vidrio aluminosilicato; Es otro vidrio resistente al choque térmico, pero con temperaturas de trabajo superiores a las del borosilicato. Son mucho más caros que cualquiera de los precedentes y de más difícil elaboración.

E.- Vidrio 96% de sílice; De una gran resistencia al choque térmico y con temperaturas de trabajo hasta de 900°C.

F.- Vidrio de sílice fundida: Tiene un sólo componente, sílice en estado vítreo; cualquier elemento añadido lo situaría en alguna de las categorías precedentes.

Estos tipos de vidrio pueden agruparse en dos grupos: Vidrios blandos, que funden a temperaturas relativamente bajas; vidrios duros, funden a temperaturas relativamente altas. Al primer grupo pertenecen los sódico-cálcicos y los de plomo, mientras que al segundo todos los demás, siendo el del 96% de sílice y el de sílice pura los más duros. Hay que hacer notar que el apelativo blando o duro no tiene nada que ver con las propiedades físicas sino que indican una propiedad térmica del vidrio.

En la Fig.32 vemos reflejada la composición de los tipos de vidrio industriales europeos más frecuentes:

DESIGNACION	SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	BaO	PbO	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Sílice Fundida	99,5								
Sód-cál. plano	71-73	12-14		10-12	1-4				0,5-1,5
Envases	70-74	13-16		10-13					1,5-2,5
Plomo-cristal	35		7,2				58		
Boro-silicato	78,5	3,8	0,4			2,2		12,9	2,2
Alumino-silic.	57	1		5,5	12			4	20,5

Fig. 32. Composiciones generales de vidrios en porcentaje de óxidos.

El Instituto de Racionalización del Trabajo, establece las denominaciones que deben emplearse para designar las diferentes categorías del cristal y vidrio sonoro, de acuerdo con su composición química y algunas propiedades físicas. ( 12 ). Así mismo, establece los correspondientes métodos de análisis químicos y de determinación de tales propiedades físicas. Según la Norma U.N.E. 43-603-79, las denominaciones específicas son las siguientes:

- Cristal Superior 30 %. Contenido en óxido de plomo (PbO) superior o igual al 30%. Densidad superior o igual a 3 grs/cm<sup>3</sup>. Índice de refracción superior o igual a 1,545.
- Cristal al Plomo 24 %. Contenido en óxido de plomo (PbO) superior o igual al 24 %. Densidad superior o igual a 2,9 grs/cm<sup>3</sup>. Índice de refracción superior o igual a 1,545.
- Vidrio Sonoro Superior. Contenido en óxidos metálicos (ZnO, BaO, PbO, K<sub>2</sub>O, solos o conjuntamente) superior o igual al 10 %. Densidad superior o igual a 2,45 grs./cm<sup>3</sup>.. Índice de refracción superior o igual a 1,520.
- Vidrio Sonoro. Contenidos en óxidos metálicos ( BaO, PbO, K<sub>2</sub>O solos o conjuntamente), superior o igual al 10 %. Densidad superior o igual a 2.4 grs/cm<sup>3</sup>. Dureza Vickers igual o superior a 550 +- 20.

- Vidrio de Alta Calidad. Este deberá ser de una perfecta homogeneidad y estar libre de todo tipo de inclusiones.

- Vidrio Incoloro. Deberá ser de una elevada transparencia, y en consecuencia, estar exento de constituyentes absorbentes de las radiaciones visibles, particularmente de óxidos de hierro.

## 2.2.- PROCESO DE ELABORACION Y FABRICACION DEL VIDRIO.

Antiguamente el arte o ciencia de elaborar vidrio se dividía en dos grandes operaciones: fusión y afinado. Este concepto, ha evolucionado con el tiempo, según el desarrollo de nuevos tipos de vidrio y aplicaciones, llegándose a aceptar un mayor número de variables de reconocida influencia en el proceso.

En el proceso, según aumenta la temperatura de la composición, pasando de materias primas a vidrio, tienen lugar una serie de reacciones físicas y químicas:

- Evaporación del agua de las materias primas.
- Formación y salida de constituyentes gaseosos como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ , etc., provenientes de la descomposición de las materias primas.

- Formación de fases líquidas por la fusión de algunos componentes.
- Solución de estas fases distintas que dan lugar al vidrio homogéneamente fundido.
- Volatilización de componentes del vidrio y materias primas,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{F}_2$ , etc.
- Disolución de fases gaseosas, llegando a veces a la sobresaturación, lo que da lugar a las burbujas y puntos finos.

Estas reacciones no ocurren siempre en el mismo orden ni a la vez en los distintos puntos del horno, pues dependerán de las condiciones que existan en el punto.

En el proceso de elaboración del vidrio y del cristal, los conceptos antiguos de fusión y afinado pasan a un concepto compuesto de cuatro fases: fusión, afinado, homogeneizado y acondicionamiento térmico.

- a).- Fusión.- Comienza con la introducción de la materia prima en el horno y acaba cuando ésta se convierte en vidrio sin restos de composición.
- b).- Afinado.- Es la parte, en la elaboración del vidrio o del cristal, que corresponde al momento en que la masa queda libre de burbujas.

c).- Homogeneización.- Existe homogeneidad, cuando no hay variación en las propiedades del vidrio. Los vidrios con piedras y / o burbujas son el caso extremo de falta de homogeneidad, mientras que los vidrios ópticos de gran calidad, representan el máximo.

d).- Acondicionamiento térmico.- Corresponde al período durante el cual, el vidrio es llevado a temperatura correcta de trabajo, siendo ésta variable en función del tipo de vidrio o cristal que se desea producir.

Dado que la tesis se ocupa del empleo del vidrio como matriz de estampación, se consideró que el tipo de vidrio en esta investigación es el denominado "plano" que como su nombre indica, es aquel que tiene sus caras paralelas, y cuya sección es plana.

Hacemos una pequeña referencia a los sistemas más comunes de fabricación de vidrio plano, de distintas clases utilizados en esta tesis.

En primer lugar describimos dos de los procesos que podemos considerar como clásicos, en los que el vidrio sale del horno y pasa por un sistema de rodillos que permiten

controlarse espesores. A partir de este punto se crea la diferencia entre lo que es vidrio plano normal y luna pulida. En el primer caso, el vidrio al salir del horno de recocido o enfriamiento controlado, pasa a la sección de corte, mientras que en el segundo caso, antes de llegar al corte, sufre un tratamiento mecánico de pulido en sus superficies, con lo que se garantiza un mayor paralelismo de sus caras, y por lo tanto unas propiedades ópticas mejores.

En la Fig. 33 vemos en esquema una instalación de fabricación de vidrio plano clásico, en la que se reflejan las zonas que corresponden al desvastado (D) y al pulido posterior (E).

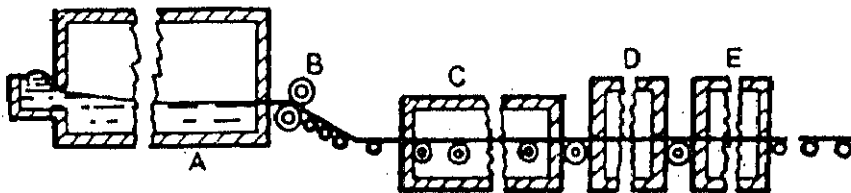


Fig. 33. Esquema de una instalación de fabricación de vidrio plano clásica.

Explicación del dibujo:

- A- Horno de fusión continua.
- B- Rodillos de arrastre y calibre.
- C- Horno de recocido.
- D- Zona de desvastado.
- E- Zona de pulido.

Si pasamos a considerar el sistema de vidrio flotado, su punto de partida es el mismo que el del punto anterior, un horno de fusión de vidrio (A), donde éste se elabora y, una vez afinado, cae por rebosamiento entre unos rodillos laminadores o un amplio canal situado a la salida del horno (B). De este canal el vidrio pasa a una cámara en cuya parte inferior hay estaño fundido, que actúa como el elemento sobre el que se desliza el vidrio, flotando sobre él (C). En esta cámara, el vidrio es pulido de forma automática por sus dos caras ; la inferior al deslizarse sobre el baño de estaño, y la superior sufre un pulido al fuego mediante calentamiento.

Este baño de estaño está dividido en varias zonas, siendo la primera la más caliente y donde el vidrio alcanza el espesor deseado; en la segunda, se efectúa un enfriamiento a unos  $700^{\circ}\text{C}$ ; y en la tercera, un nuevo calentamiento a  $850^{\circ}\text{C}$ . Esto proporciona un espesor definitivo y el pulido al fuego, pasando a una nueva zona de enfriamiento de  $650^{\circ}\text{C}$ , de la que ya sale al exterior del baño. A continuación, pasa al túnel u horno de recocido (D) y finalmente a la zona de corte (E), donde de forma automática se efectúa el corte dimensional según necesidades. ( Fig. 34 ).

Existe un tercer proceso, al que hago referencia, dado que parte de los vidrios utilizados en esta tesis son de

vidrio armado. En este caso, el vidrio que sale del horno, después de pasar por los rodillos de salida, recibe una malla o tela metálica que se incrusta en su superficie; y, a continuación, una nueva capa de vidrio se deposita sobre la anterior, formándose una especie de sandwich. Este tipo de vidrio es conocido con el nombre de "vidrio armado". Su empleo en la estampación ha sido satisfactorio.

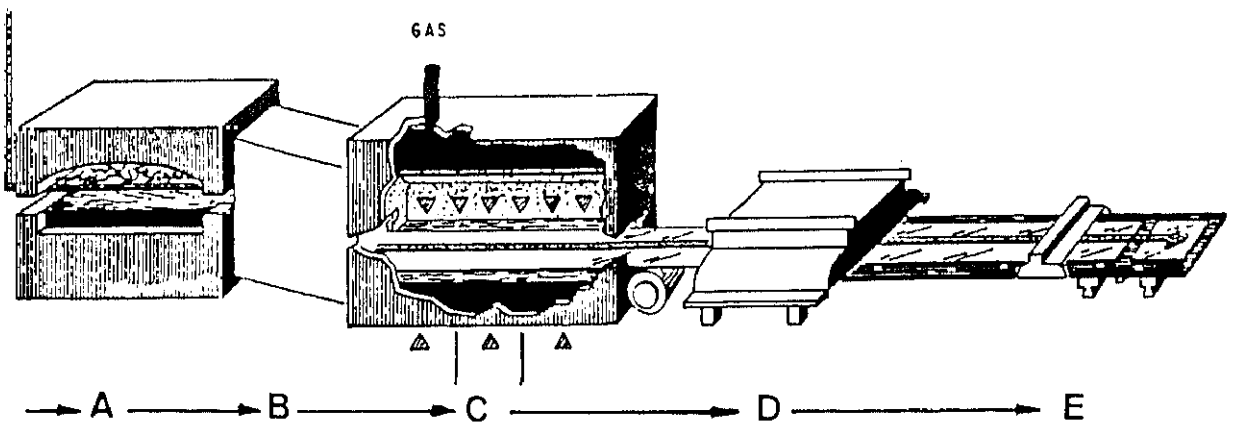


Fig. 34 . Esquema del sistema de vidrio flotado.

Finalmente, y como consecuencia también de su utilización en la tesis, hay que mencionar el vidrio laminar o de seguridad. Para la obtención de este vidrio laminar se parte de dos o más hojas de vidrio, cuyo espesor puede ser igual o distinto según el tipo de resultado que

se desea obtener. Se coloca entre cada dos hojas un film de butyrol, cuyo tamaño es ligeramente mayor al de las hojas de vidrio, y se introduce en una autoclave donde se produce la total adhesión del film orgánico, a las dos caras interiores de las hojas de vidrio.

Este tipo de vidrio se caracteriza porque la capa intermedia orgánica actúa como elemento de cohesión entre las hojas de vidrio, de tal forma que en el caso de rotura de una de estas hojas, la otra se comporta como elemento de soporte del conjunto, tal como ha ocurrido en la plancha número 14.

### 2.3. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL VIDRIO.

En el análisis de las propiedades físicas y químicas del vidrio, me refiero solamente a aquellas propiedades que pueden afectar al empleo del vidrio como matriz de estampación.

Abordaremos sucesivamente:

- Dureza del vidrio
- Resistencia mecánica del vidrio.
- Resistencia del vidrio a los gradientes de temperatura.
- Morfología de las fracturas del vidrio.

- Resistencia química.

El médico Christopher Merret, en los comentarios anejos a la traducción de 1662 de la obra de Antonio Neri "L'Arte Vetraria", hace los siguientes comentarios que definen el vidrio y resumen todas sus propiedades ( 13 ).

- Fundido, es viscoso y se suelda.
- No mengua ni se consume por el fuego.
- Cuando está fundido se pega al hierro.
- Es dúctil al rojo y moldeable en cualquier forma, pero no maleable y puede soplar en forma de objetos huecos.
- Sólo puede tallarse o cortarse con diamante o esmeril.
- Puede pulimentarse.
- Es el material más dócil y apreciable del mundo.

#### 2.3.1.- Dureza del vidrio como incisión.

El método de apreciación de la dureza del vidrio se basa en una clasificación por inserción en la escala de Mohs. Los minerales que constituyen dicha escala, en que la dureza crece de arriba a abajo, son los siguientes: talco, yeso, calcita, fluorita, apatita, ortosa, cuarzo, topacio, corindón y diamante.

La dureza del vidrio objeto de ensayo, se aprecia en función de esta serie testigo, clasificándose entre el último testigo rayado por el material y el primer testigo que raya el material estudiado. En estas condiciones de apreciación, el vidrio araña aún a la ortosa, pero es rayado por el cuarzo, luego el vidrio se clasifica entre los grados 6 (ortosa) y 7 (cuarzo). Se dice que la dureza del vidrio es 6,5.

Comparada con la dureza máxima 10 del diamante, la del vidrio 6,5 puede parecer baja; pero es preciso saber que todos los metales se clasifican por debajo de 6 y que la resistencia a la abrasión del vidrio, es más de 100 veces superior a la del mármol. Como consecuencia, si queremos utilizar las técnicas de grabado con desprendimiento o eliminación de material, el mejor material para grabar la superficie del vidrio es el diamante y sus derivados.

### 2.3.2. Resistencia mecánica del vidrio.

Se entiende por resistencia mecánica del vidrio, la resistencia a los esfuerzos que se le aplican. Se descomponen siempre en esfuerzos de compresión y/o de tracción.

La resistencia a los esfuerzos de compresión, es la capacidad que tiene el vidrio para soportar los esfuerzos que tienden a aplastarlo.

La resistencia del vidrio a los esfuerzos de compresión, es del orden de  $100\text{Kg/mm}^2$ . Esto significa que, para romper por aplastamiento un cubo de vidrio de un milímetro de lado, es preciso aplicarle una carga de 100 kg. Si el cubo de vidrio tiene 1 cm de lado, la fuerza requerida para aplastarlo es de 10 Tm. ( 14 ).

El sistema de trabajo del tórculo es transmitir una presión perpendicular entre la plancha y el papel mediante los rodillos para conseguir la estampación del dibujo de la plancha sobre el papel. En este caso no existe problema alguno para el empleo del vidrio como matriz. Por otra parte el tórculo, efectúa un esfuerzo de desplazamiento longitudinal de la plancha mediante el giro del rodillo superior, lo que ocasiona una fuerza de cizalladura, que en el caso de los bordes de la plancha de vidrio, puede producir su rotura en especial si los cantos no están bien pulidos. Con el fin de evitar este fenómeno, se desarrolló el marco perimetral.

La resistencia del vidrio a los esfuerzos de tracción, presenta caracteres bastante particulares:

- Es relativamente débil.
- Es tanto más elevada la resistencia, cuanto más corto es el tiempo de acción del esfuerzo de tracción.
- Depende esencialmente del estado de la superficie.

La resistencia del vidrio a la tracción,  $4,2 \text{ kg/mm}^2$ , es débil comparada con la del acero que alcanza  $40 \text{ kg/mm}^2$ . Este valor comparado con los  $100 \text{ Kg/mm}^2$  de resistencia a la compresión, es muy bajo.

Igualmente, el alargamiento del vidrio,  $0,05\%$ , es muy pequeño comparado con el del acero  $0,12\%$  en el límite elástico. El vidrio, en toda su playa de resistencia, es perfectamente elástico, no sufriendo nunca, deformación permanente. Esta notable propiedad, no es apreciada en general, inconscientemente, más que en su aspecto negativo: la fragilidad.

Se ve pues, claramente que, la rotura del vidrio no se producirá en la práctica, más que por tensiones de tracción. Esta resistencia se sitúa teóricamente entre  $200$  y  $100 \text{ kg/mm}^2$ , dependiendo muy directamente del estado de la superficie, y disminuye cuando aumenta el tiempo de aplicación de la carga.



La resistencia del vidrio se puede aumentar recurriendo al templado, pero, de hecho, el templado no aumenta la resistencia del vidrio a la compresión, aunque si a la tracción y al impacto. El templado del vidrio se basa en aplicar sobre sus caras externas esfuerzos de compresión. Esta característica no ha sido aplicada en este trabajo, porque el hecho de estar el vidrio templado, no permite atacar su superficie pues esto ocasionaría su rotura al descompensarse las tensiones de compresión superficiales.

Una de las características del vidrio que afecta como matriz en el momento del entintado son los gradientes de temperatura, entendiéndose por gradientes las variaciones "geográficas" de temperatura cuando, en una misma hoja y al mismo tiempo, se encuentran zonas cuyas temperaturas son diferentes. La existencia de estas zonas a temperaturas diferentes pueden conducir a la rotura de la hoja de vidrio.

El mecanismo de tales roturas, se le llama impropriamente, rotura por choque térmico. Si una hoja de vidrio se calienta y este calentamiento se limita a la zona central, la dilatación de esta zona central va a poner en extensión los bordes, los cuales permanecen fríos. En efecto, los bordes fríos, estarán obligados a sufrir

aumentos de longitud, que les serán impuestos por la dilatación de la zona central.

Las tensiones de tracción, que habrá creado la extensión de los bordes, podrán sobrepasar las posibilidades de resistencia del vidrio a la tracción, posibilidades bastantes reducidas como hemos visto.

El riesgo de rotura al calentar la plancha durante el entintado, o al intentar quemar una resina con un mechero de alcohol, puede producir la rotura de la plancha, como consecuencia de que el calentamiento localizado produce un desequilibrio en las tensiones internas del vidrio, así como una dilatación de éste. ( 15 ). El riesgo será será tanto mayor cuanto:

- La diferencia de temperatura entre la zona central caliente y los bordes fríos, sea mayor.
- La superficie de la zona caliente sea mayor que la superficie de las zonas frías.
- La calidad del corte sea peor, es decir cuando los bordes del vidrio presenten microfisuras más o menos importantes y numerosas.

Las microfisuras del vidrio que se dan incluso en un corte cuidado, pueden ser eliminadas por un canteado de los bordes trabajado en sentido longitudinal (es decir en el

que los granos de abrasivo se desplazan paralelamente a la arista del vidrio y no perpendicularmente a la misma).

El examen de los fragmentos de un vidrio roto, permitirá siempre encontrar cual fue el sentido de propagación de la rotura, e incluso la velocidad de propagación de la misma. Un ejemplo de rotura, lo hemos experimentado en algunas planchas al estamparla sobre papel, en que por deficiente cuidado de la prensa plana, la pletina no presentaba uniformidad, ocasionando la rotura de la plancha grabada.

Conociendo la débil resistencia del vidrio a los esfuerzos de tracción, comparada con su enorme resistencia a los de compresión, se ve muy claro, que el vidrio romperá únicamente en las zonas donde se originen esfuerzos de tracción.( 16 ).

Así, en una barra de vidrio flechada, ( Fig. 35 ), es evidente que la cara cóncava se encoge, mientras que la cara convexa se alarga. Estos acortamientos y alargamientos, que existe, en las caras respectivas, expresan esfuerzos de compresión y esfuerzos de tracción. La rotura de la barra se producirá siempre partiendo de la cara sometida a los esfuerzos de tracción, llamada cara tensada.



Fig. 35. Esfuerzos de compresión y tracción en las caras del vidrio.

### 2.3.3.- Resistencia al ataque químico aplicado al grabado.

Una de las propiedades más importantes del vidrio es su elevada resistencia al ataque por parte de la mayoría de los productos químicos, desde el agua a los ácidos, pasando por las soluciones alcalinas. Esta propiedad, es la que lo hace insustituible en multitud de aplicaciones prácticas, y ha sido y sigue siendo, una de las más estudiadas.

El ataque del vidrio por soluciones acuosas ácidas, se efectúa por disolución. La cantidad de álcalis que se desprende de la superficie de una plancha de vidrio, decrece en función de la raíz cuadrada del tiempo de ataque, por lo que la resistencia química del vidrio mejora con el paso del tiempo. Si, por el contrario, la solución acuosa es alcalina, y se mantiene en esta condición, el efecto es el contrario, dado que se produce una ruptura de la red estructural que, en condiciones adecuadas, puede

conducir a la formación de ácido silícico simple, que produciría una disolución del vidrio.( 17 ).

Si consideramos el vidrio en un medio ácido, que es el empleado no sólo en esta tesis sino por todos los grabadores, tendremos en cuenta lo siguiente: los vidrios exentos de álcali, ( por ejemplo sílice pura ), resultan prácticamente inatacables, si el Ph de la disolución se mantiene por debajo de 7 y, si los vidrios contienen óxidos modificadores, por ejemplo sodio, tiene lugar una extracción de iones alcalinos, que varía proporcionalmente a la raíz cuadrada del tiempo.

Si el contenido alcalino del vidrio es discreto, el ataque ácido inicial, mejora incluso su resistencias química frente a ataques posteriores, debido a la extracción de los iones alcalinos que determina la formación de una capa enriquecida en sílice, la cual, actúa como barrera protectora que dificulta el proceso de difusión y, por lo tanto, la extracción de nuevos iones alcalinos. Por el contrario, los vidrios muy alcalinos, experimentan un intenso intercambio iónico y pueden sufrir alteraciones muy importantes.

El empobrecimiento alcalino de la superficie del vidrio, da lugar a una disminución de su índice de refracción. De ello se hace uso en determinadas

aplicaciones para reducir, mediante tratamientos ácidos superficiales, la reflectancia del vidrio.

La naturaleza del ácido empleado como agente químico, no ejerce, salvo en algunos casos, una influencia importante sobre la atacabilidad del vidrio. No obstante, existen ciertas diferencias debidas a la distinta solubilidad de los productos extraídos. Así, en un medio nítrico, en que se forman nitratos más solubles que los correspondientes cloruros y sulfatos, el ataque del vidrio se produce, por lo general, de manera más rápida que en un medio clorhídrico o sulfúrico.

Un caso de excepción, es el ataque por ácido fluorhídrico. El conocido efecto fuertemente agresivo que ejerce este ácido sobre los vidrios de silicato responde a un mecanismo esencialmente diferente del anteriormente expuesto. Los iones  $F^-$  resultantes de la fuerte disociación del ácido en medio acuoso, actúan desplazando de sus lugares a los iones  $OH^-$ , unidos tetraédricamente a los iones de silicio. Esta sustitución está facilitada por la semejanza de tamaño de ambos iones. ( 18 ).

Si consideramos la influencia que la composición del vidrio tiene sobre el ataque químico, es necesario separar, el ataque por ácido y el ataque alcalino.

El caso del ataque por ácido, al ser un caso típico de intercambio iónico, es fácil de comprender. El vidrio de sílice pura, al no poseer en su red ningún ión positivo capaz de emigrar, es muy estable.

Si introducimos óxido de sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) en el vidrio, el número de iones  $\text{Na}^+$  aumenta, por lo que su atacabilidad también, aunque esta solubilidad en los ácidos no es lineal, dado que está influida por la estructura de la red, la cual es más abierta, en función del mayor número de iones  $\text{Na}^+$ , lo que hace que el ataque sea más acentuado.

El vidrio puede sufrir el ataque por parte de soluciones acuosas o alcalinas, aunque las condiciones en que se lleva a cabo y el tiempo necesario para el mismo, hacen imposible su empleo en planteamientos como el de esta tesis. En general, se puede decir, que si se refuerza la red vítrea mediante la introducción de  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{PbO}$  y  $\text{B}_2\text{O}_3$ , la resistencia al ataque de los vidrios aumenta. ( 19 ).

## NOTAS BIBLIOGRAFICAS

1. TOOLEY, F. Handbook of Glass Manufacture. Vol II. Books for the Industry Inc; p.1002.
2. *Ibidem*, p.1005.
3. FERNANDEZ NAVARRO, J. M<sup>a</sup>. El Vidrio. C.S.I.C., Madrid 1985, p.48.
4. RAWSON, M. Inorganic Glass Forming Systems. Academic Press, p.14.
5. TOOLEY, F. Op. Cit., p.1006.
6. SCHOLZ, H. Le Verre. Trad. Institut du Verre de Paris. 1974, p.335.
7. GREENE, C. Glass. Scientific American. Enero 1961, p.2.
8. SCHOLZ, S. Modern Glass Practice. Industrial Publications Inc. 1952, p.22.
9. A.S.T.M. Definitions of Terms Relating to Glass and Glass Products. Norma: C 162-80.
10. FERNANDEZ NAVARRO, J. M<sup>a</sup>. Op. Cit., p.53.
11. SCHOLZ, S. Op. Cit., p.17.
12. INSTITUTO DE RACIONALIZACION DEL TRABAJO. DEFINICIONES. p 34.
13. Tecnología y arte del vidrio del S.XVIII. Ed. Fundación Centro Nacional del Vidrio. ( Catálogo )  
p.58.
14. JACQUEMIN, J.M.. Propiedades mecánicas del vidrio. Separata Sept. 1977. p.5.
15. FERNÁNDEZ NAVARRO, J.M<sup>a</sup>..Op. Cit., pp. 309 - 398.
16. JACQUEMIN, J.M. Op. Cit., p. 12.
17. SCHOLZE, H.. Op. Cit., pp. 231-232.
18. FERNANDEZ NAVARRO, J.M<sup>a</sup>..Op. Cit., pp. 591-592.
19. SCHOLZE H.. Op. Cit., pp. 237-238.

### CAPITULO 3

#### GRABADO SOBRE VIDRIO

#### MEDIANTE METODOS DIRECTOS

- GRABADO CON PUNTA DE DIAMANTE
- GRABADO A LA RUEDA
- GRABADO POR CHORRO DE ARENA

**Cælator gemmarum, Steinschneyder**

**I**nscribo Regum preciosis nomina gemmis,  
 Arg. super lapides caelo sigilla Ducum.  
 Nunc & inaequales Berillos, inde Smaragdos,  
 Nunc quoq; Saphyrum, nunc Adamanta caelo.



Nunc quoq; Sardonicen polio, rubrumq; Pyropum  
 Chrysolithos etiam nunc ego limo rudes.  
 Deniq; principibus quæcumq; potentibus usquam  
 Conuenit, illa mea gemma paratur ope.  
 Hic mihi quo digiti decorentur Iaspi Eoa,  
 Hic mihi Chrystallus, leuis & ardet Onyx.

D 3 Statua.

Fig. 36. Grabado en madera que representa a un grabador de piedras duras, de Jost Amman, 1568.

British Museum.

## CAPITULO 3

### GRABADO SOBRE VIDRIO MEDIANTE METODOS DIRECTOS.

#### 3.1.- TECNICA DEL GRABADO CON PUNTA DE DIAMANTE

El vidrio es un material noble; en su estado sólido es un soporte idóneo para trabajos en frío, siendo el grabado con punta de diamante uno de los varios tipos de decoración que se pueden realizar en su superficie.

El grabado con punta de diamante es la técnica más directa y sencilla, que permite una incisión manual sobre el vidrio, semejante a la punta seca del grabado calcográfico. Está compuesta por incisiones de líneas, marcas y puntos, realizados sobre la superficie del vidrio con puntas de diferentes formas que dejan una huella grabada en hueco.

A la hora de utilizar los instrumentos para el grabado, uno de los factores que hay que tener en cuenta es la dureza de los materiales. Mohs clasificó los materiales, en una escala con siete grados de dureza. Dentro de ésta, el que obtiene el grado 1, es el diamante, por ser el material natural más duro existente.(1).

El diamante es una piedra preciosa, que se encuentra en estado natural con diferentes coloraciones y con distintos grados de pureza. Los diamantes incoloros, o las que poseen un colorido especial más suave (blanco-azulado, blanco-rosado), son las máspreciadas y usadas en orfebrería. Las impuras o aquellas de color acentuado, se utilizan para fines industriales. De los yacimientos esparcidos por el mundo, es en Australia donde se obtienen los diamantes más puros; alrededor de un 25% son incoloros, otro 25% presenta un colorido suave y, finalmente, el 50% posee colorido acentuado. (2).

### 3.1.1.- Aspectos históricos

Parece ser que el diamante no fue el elemento empleado en la Antigüedad para grabar el vidrio, ya que los diamantes naturales o "naifes", constituyen instrumentos venidos de Oriente, siendo utilizados por tallistas que trabajaban piedras preciosas y que tuvieron la idea de decorar el cristal de roca y el vidrio. El libro en el que se explica esta técnica, fue traducido al castellano en el siglo XIII. (3).

En Asia se conocía el diamante al menos desde el año 3000 a.C.; en Europa, se conoce a partir de la expedición de Alejandro Magno a la India. (4).

Los romanos ya conocían la técnica de grabar el vidrio en el siglo IV, pero utilizaban como instrumento el "pedernal" (variedad de cuarzo de gran dureza), en lugar de punta de diamante. (5). Los grabados estaban constituidos por sencillos grafismos que representaban escenas de la vida religiosa, paisajes y perspectivas arquitecturales que son testimonios del arte de grabar el vidrio.

A partir del siglo XVI, la técnica de grabar con punta de diamante comienza a extenderse, de una manera incipiente, desde Venecia (1530-1550), a varios países de Europa, siendo los venecianos los restauradores de la misma (6). ( Fig. 37 ).

Con esta técnica, se decoraban platos y jarrones de formas puras, con motivos florales o blasones de familias italianas. También, a mediados de este siglo, se introduce en Cataluña la técnica del grabado con punta de diamante, con representaciones de motivos aislados y orlas de gusto renacentista trazados a línea seca.(7).

Esta técnica, se fue amoldando a la naturaleza de los distintos tipos de vidrio cristalino del momento. A mediados del s. XVI, existían centros importantes de grabado que utilizaban la técnica de la punta de diamante en Holanda, Alemania ( Fig.38 ) y Austria, con una

característica temática muy variada y ambiciosa común a todos ellos.(8).

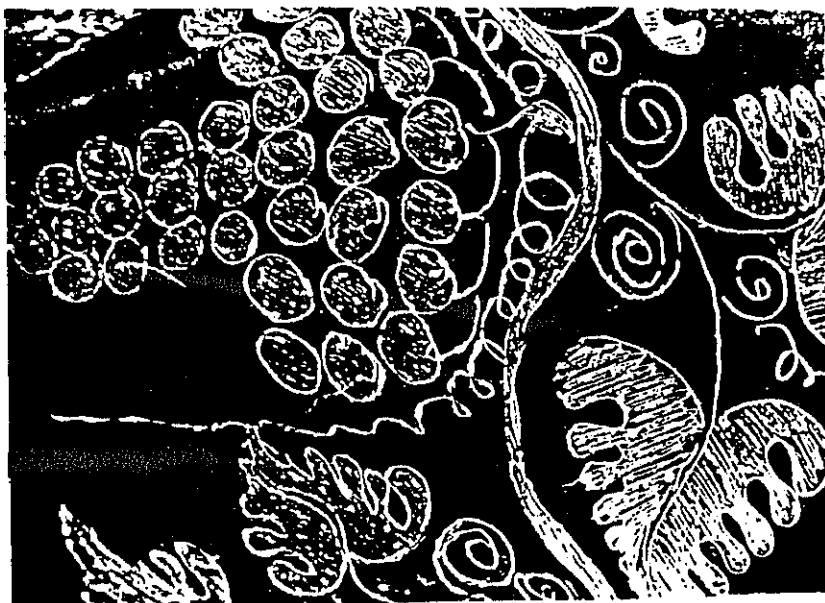


Fig. 37. Detalle de un grabado con punta de diamante veneciano.

El grabado con punta de diamante fue introducido en Inglaterra por Vercelini a finales del siglo XVI, encontrándose grabados de Vercelini realizados sobre copas.

Durante el s. XVII, muchos acontecimientos políticos ingleses fueron conmemorados mediante grabados en vidrio

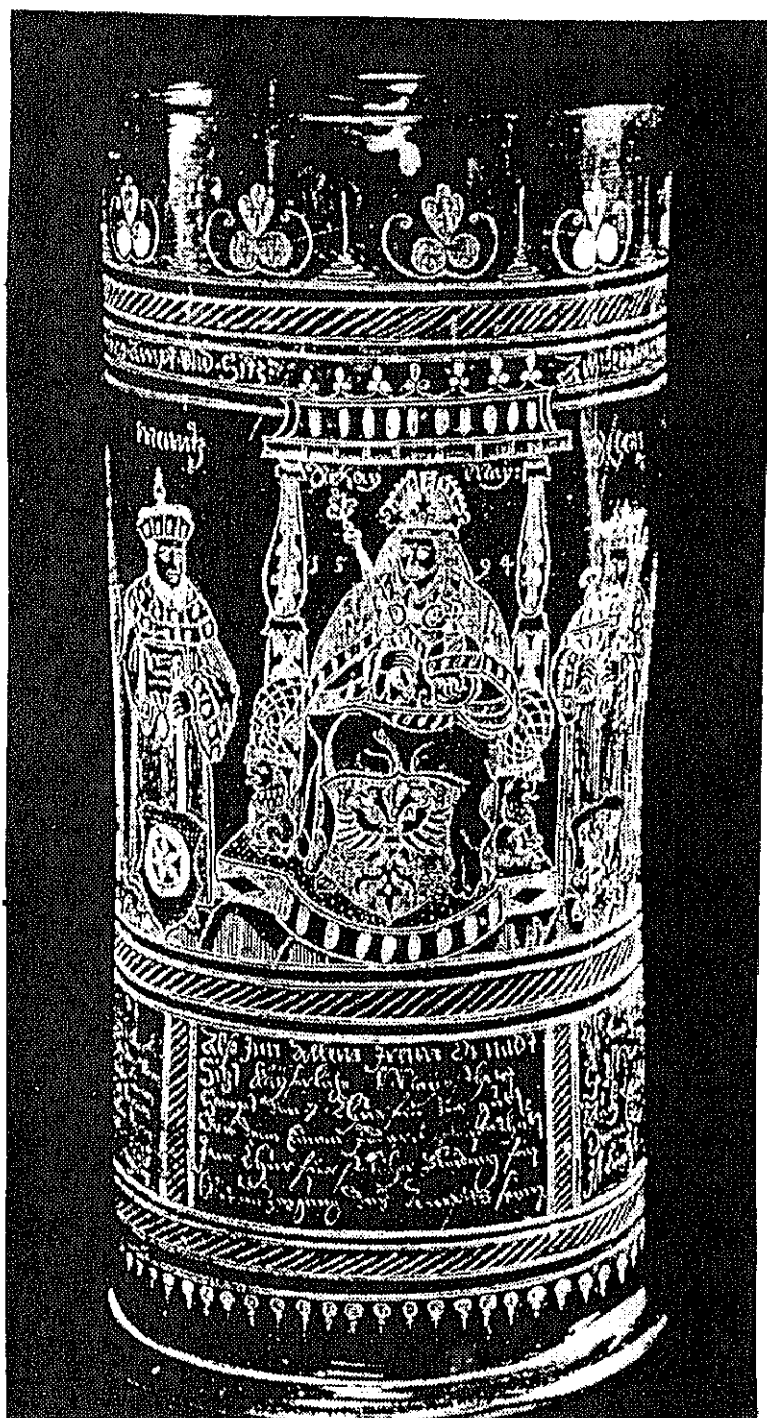


Fig. 38. Grabado con punta de diamante sobre vaso de vidrio alemán. Representa al Emperador Romano y sus Electores, con inscripciones en el vidrio. ( 1594 ).

procedimiento se puede considerar emparentado con el grabado sobre metal en mezzotinto. El claroscuro se obtiene dejando menos densas las partes sombreadas y, por consiguiente más acumulación de puntos en las luces y fondo de la pieza grabada, logrando de esta manera efectos de luz y sombra que aumentan el valor pictórico del grabado. Con este mismo concepto se usa la línea como tonalidad, con resultado muy espontáneo. ( Fig. 40 ).



Fig. 40. Grabado sobre copa con punta de diamante, usando la línea con trazo espontáneo. Obra de Frans Greenwood. ( pormenor ).

La calidad del vidrio holandés en la segunda mitad del siglo XVIII, era tan mediocre que los artistas trabajaban casi siempre con vidrio inglés, el cual, por su manejabilidad, dureza y brillantez era, sin duda, el mejor soporte para la técnica del punteado. (9).

La temática de los grabados, marcan el gusto de la época. Así, diseños florales, animales, escudos de armas, retratos, escenas románticas y caligrafía decorativa son los más frecuentes. ( Fig. 41. ).



Fig. 41. Retrato del Rey Jorge I realizado con punta de diamante sobre vidrio plano. ( 1714 ).

A lo largo de la historia del grabado sobre vidrio, parece ser, que las técnicas del grabado calcográfico ejercieron una influencia directa sobre este soporte, pues, temas de grandes láminas de grabado, fueron copiados, sirviendo de pauta en el comportamiento sobre el vidrio. Así tenemos un espejo de 13'1/2 x 9'1/2 con la representación del obispo de Genova, San Francisco de Sales (1567-1622) ( Fig. 42 ); la imagen grabada de este espejo



Fig. 42. El concepto de grabado sobre soporte de vidrio es evidente en esta imagen grabada de San Francisco de Sales.

está realizada sobre tinta sepia y negro, rayando a línea sobre esta pintura con una punta fina, que llega en ocasiones, a producir una incisión sobre el vidrio, como si de una plancha de grabado calcográfico se tratara. (10).

Hay que tener en cuenta que hasta el siglo XIX los fundamentos de la enseñanza del dibujo se basaban en la copia de láminas de maestros.

### 3.1.2.- Análisis de la técnica del grabado de vidrio con punta de diamante

La punta de diamante permite grabar el vidrio de forma directa con una precisión igual a la de una mina de grafito.

Esta técnica requiere de una serie de instrumentos o herramientas de trabajo duras y afiladas para efectuar sobre la superficie del vidrio una incisión. La incisión, aplicada al vidrio actúa directamente sobre la superficie desbastando; por lo tanto, sólo se puede aplicar a aquellos vidrios que posean un grado suficiente de espesor.

El utillaje para el grabado se reduce a un sencillo lápiz cuya punta contiene un pequeño trozo de diamante natural o sintético aguzado a la manera de mina.

Las puntas de diamante que sirven para grabar el vidrio son distintas de las de cortar. Para grabar, la punta de diamante no debe tener aristas vivas ni cortantes, pues lo que se desea, es desgastar la superficie del vidrio en ciertas zonas sin causar su rotura. Los diamantes para cortar el vidrio, por el contrario, deben tener aristas vivas y cortantes.

Existen diferentes formas de diamantes, siendo así sus puntas. La Enciclopedia de Diderot y D'Alembert, ofrece unas ilustraciones de los distintos tipos de diamantes.

Las puntas de diamante que se utilizan para grabar proceden generalmente de piedras pequeñas y defectuosas, que, generalmente, no admiten la talla y, por lo tanto, son desechadas por los joyeros y utilizadas para fines industriales. Estos trocitos de diamante, deben de presentar una punta aguda en forma de triedro, como aparece en la Fig. 43. Con la punta de diamante se trabaja según la arista SB, la cual, debe formar un ángulo pequeño con la superficie del vidrio, para que corte con suavidad ( Fig. 43 - 1 ) y no rasque como ocurriría si formase un ángulo grande (Fig. 43 - 2 ). Además, para que el corte salga limpio, es necesario que la proyección vertical de la arista SB permanezca constantemente tangente a la superficie de la pieza que se va cortando. (11).

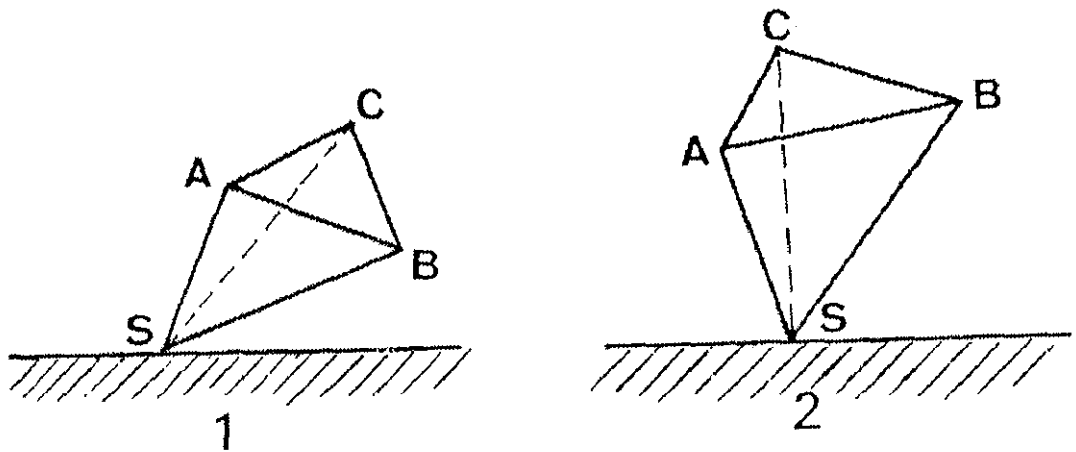


Fig. 43. Forma de punta de diamante utilizada para grabar. 1.- Posición correcta. 2.- Posición incorrecta.

Es raro encontrar dos diamantes que produzcan efectos idénticos; por esto, cada artista grabador debe poseer el suyo propio. Hoy día, generalmente, se sustituye la punta de diamante por un lápiz constituido por un solo bloque de acero al tungsteno, aguzado por uno de sus extremos; existen diferentes modelos:

- I - El lápiz metálico.
- II- La pluma estilográfica.
- III- El porta minas.

En los dos primeros el tungsteno es inamovible, pero con el portaminas de plástico o metal, pueden fijarse diferentes puntas intercambiables, que permiten una mayor diversidad de trazados. La punta de tungsteno exige un afilado frecuente, operación que se realiza con la ayuda del diamante. ( Fig. 44 ).

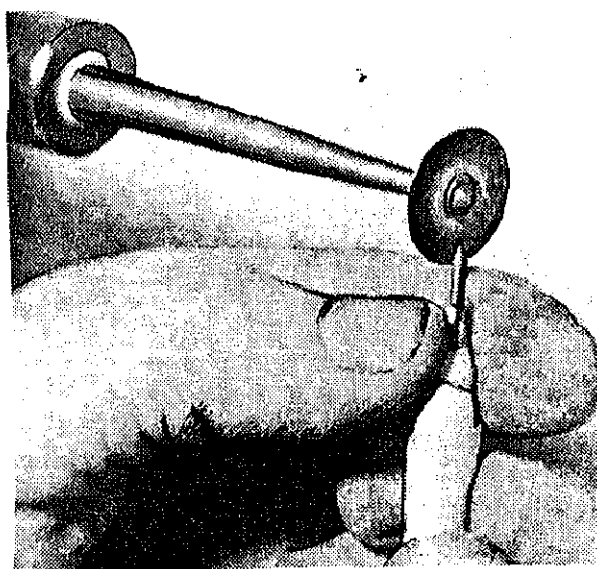


Fig. 44. Afilado de una punta de tungsteno mediante un disco de diamante.

### 3.2.- TECNICA DEL GRABADO SOBRE VIDRIO A LA RUEDA O MUELA

El grabado a la rueda o muela es la técnica tradicional más antigua y apreciada de la incisión sobre el vidrio. Se realiza sometiendo la pieza u objeto de vidrio o cristal a la acción rotatoria y abrasiva de ruedas y muelas de distintos tamaños y perfiles, que producen incisiones o

cortes sobre el vidrio de más o menos profundidad y con formas curvas o rectas, ovaladas o redondeadas, a voluntad del grabador. La mano del artista es la que siempre guía el movimiento de la pieza, y el útil trabaja directamente sobre la superficie del vidrio, sin ninguna protección de barniz o plantilla, es decir, como el lápiz sobre el papel. ( Fig. 45 ).



Fig. 45. Detalle de grabado a la rueda.

En la época de los romanos se utilizaba esta técnica, pero era necesario hacer girar la rueda de forma manual.

Lógicamente este sistema evolucionó con el tiempo, llegando a hacerse muy común situar los talleres de grabado cerca de los ríos, porque una rueda de madera con álabes o paletas se hacía girar mediante la corriente de agua, y su movimiento se transmitía mediante poleas y correas a la rueda del grabador, eliminando así el movimiento manual. (12).

Para facilitar la incisión sobre el vidrio, se introducía constantemente entre éste y la rueda una mezcla de agua y polvo de esmeril. La presión ejercida por la pieza de vidrio sobre la rueda giratoria produce unas incisiones opacas que se aprecian visualmente por contraste con la transparencia de las restantes zonas. ( Fig. 46 ): El grabador, trabaja a contra luz para apreciar mejor la dirección de las incisiones.

Cuando se utilizan ruedas o muelas, éstas se tornean con punta de diamante, produciendo filos y perfiles diferentes para conseguir distintos efectos en la superficie del vidrio.

Se suele denominar erróneamente vidrio tallado al vidrio grabado a la muela, en el que las incisiones suelen ser de menor profundidad, y el trabajo se realiza empleando muelas de diámetros mucho más pequeños que en la talla. Considero que el vidrio tallado es aquel que solamente

tiene grandes incisiones a base de planos, y los temas son, por lo general, geométricos.



Fig. 46. Detalle de tapa de tabor, "Cabezas de buey" de Simon Gate. Grabado a la rueda con efectos mates.

### 3.2.1.- Situación histórica

La técnica de grabar el vidrio a la rueda está instaurada en el arte lapidario. Los primeros grabadores aplicaron el método de grabar y tallar las piedras duras para grabar el cristal de roca. Esta técnica de grabar el vidrio era ya utilizada por los vidrieros egipcios.

Durante el Imperio Romano tenemos constancia de que se grabó con una pequeña rueda que giraba manualmente, a la que el artista u operario aproximaba el objeto. Esta rueda, generalmente de cobre, se alimentaba con un polvo abrasivo, que podía ser arena, siendo éste el que realmente deslustraba el cristal o vidrio, produciendo un efecto de bajorrelieve.

A finales de la Edad Media, el grabado de piedras duras creció de forma importante y se extendió a piedras de mayor tamaño, de las cuales se podían obtener copas y vasos. (13.). El cristal de roca utilizado en la Antigüedad y durante la Edad Media se puso de moda en la Italia del Renacimiento.

El S.XVI es uno de los períodos de máximo florecimiento del cristal de roca grabado, con complicadas historias paganas o bíblicas, realizadas con minúsculas figurillas grabadas sobre superficies planas y curvas con

útiles tales como el esmeril, el arco y la rueda. Estos grabadores habían desarrollado una habilidad tal que eran capaces de dar forma a piezas de gran tamaño y grabarlas al "intaglio".

Parece ser que el arte de grabar el cristal de roca, lo mismo que las piedras duras, parte del Norte de Italia, siendo esencialmente milanés. Milán se convierte en el lugar donde se trabajaba para diversas Cortes como Madrid, París, Praga, Munich y Florencia, siendo artistas milaneses los que se establecen en algunas de éstas ciudades. Durante la primera mitad del S.XVI destacaron grabadores como Valerio Belli y Giovanni Bernardi; el primero, de Vicenza, se nos presenta unido por lazos de amistad a Miguel Angel, en cuyo estilo se inspira con frecuencia al crear sus composiciones grabadas. (14).

A este momento del arte milanés, corresponde una obra de primer orden que se conserva en el Palacio de Oriente. Es la arqueta regalada a la infanta Isabel Clara Eugenia, al parecer hacia 1590. (Figs. 47 A y B ). Está compuesta por cuatro óvalos de cristal de roca grabados a la rueda, con aportaciones mitológicas de " Apolo en su carro ", " el Aire " y " el Agua ". ( 15 ). En la segunda mitad del S.XVI, artistas como Anibal Fontana, Belli, Bernardi y los Sarachi, graban historias en planchas de cristal.



Fig. 47 A. Dos de los óvalos grabados a la rueda sobre planchas de cristal de roca. Pertenecen a la arqueta de la Infanta Isabel Clara Eugenia. S. XVI.



Fig. 47 B. Planchas grabadas a la rueda con temas mitológicos, pertenecientes a la Arqueta de la Infanta Clara Eugenia. S. XVI. Palacio de Oriente.

con representaciones mitológicas de "Apolo en su carro", "el Aire" y "el Agua".(15). En la segunda mitad del S.XVI, artistas como Anibal Fontana, Belli, Bernardi y los Sarachi, graban historias en planchas de cristal.

Hemos seleccionado del Museo del Prado el "Vaso de la Vendimia" y la "Copa de las Cuatro Estaciones", grabados ambos a la rueda sobre cristal de roca, que forma parte de las alhajas del Delfín. "Vaso de la Vendimia" (Fig.48),



Fig. 48. Detalle del Vaso de la Vendimia, grabado a la rueda sobre cristal de roca. S.XVI.

último tercio del S.XVI. Alto cm.29. Cuerpo en forma de huso. Está decorado con grabado a la rueda con el tema de la historia de la vendimia. Unos jóvenes recogen los racimos de un emparrado que otros transportan en grandes cestos al lagar; entre ellos aparece un sátiro con patas de macho cabrío. En el fondo del vaso, dragones y monstruos alados.

"Copa de las Cuatro Estaciones" (Fig. 49 ). Ultimo



Fig. 49. Detalle de la copa de las Cuatro Estaciones con representación de Anfitrite.

tercio del S.XVI. Alto 25 cm. Grabado a la rueda. Se observan medallones alegóricos del Invierno, la Primavera, el Verano y el Otoño, representados bajo la forma de un anciano calentándose al fuego; otra con el cuerno de la abundancia , unas espigas y un anciano bajo un emparrado. En el fondo del vaso, mar con delfines sobre uno de los cuales marcha Anfítrite.

A principios del S.XVII, la técnica del grabado a la rueda sobre vidrio se extendió especialmente por Checoslovaquia (Bohemia), siendo el grabador Gaspar Lehmann, como ya se indicó anteriormente, quien resucita dicha técnica en la Corte de Rodolfo II (Praga).(16). Los primeros paneles de vidrio grabados con ésta técnica son atribuidos a él ( año 1610 ).

El cristal de Bohemia era adecuado para grabar con la rueda de cobre que permitía penetrar profundamente en el vidrio (17).

El grabado a la rueda tuvo una gran importancia en España durante los siglos XVI y XVII gracias a la Real Fábrica de Cristal de la Granja.

En el S. XX es en el Norte de Europa donde esta técnica es utilizada por maestros grabadores, que por sus trabajos y diseños elevan sus obras a la categoría de arte.

Un ejemplo de diseño y grabado lo tenemos en la obra de Simón Gate, " El cortejo de Baco " que se encuentra en el Orrefors Museum. ( Figs. 50 y 51 ).



Fig. 50. Diseño y desarrollo sobre papel para el grabado de la copa " Cortejo de Baco ", realizada por Simón Gate en 1925.

### 3.2.2.- Útiles del grabado a la rueda.

El grabado a la rueda, a pesar de ser un método directo y manual, necesita de una serie de útiles para trabajar sobre la superficie del vidrio. Los útiles de grabado son semejantes a los de la técnica del tallado, con

la única diferencia de que son de pequeña dimensión y en su mayor parte de cobre.(18).



Fig. 51. Copa "Cortejo de Baco" grabada a la rueda por Simón Gate.

Antiguamente se empleaban para el grabado útiles como el arco y la rueda rotativa generalmente de cobre, cebadas ambas por una mezcla de arena y agua, haciéndolas girar manualmente por medio de correas de transmisión que son accionadas por el pie a través de un pedal.(19).

Actualmente se utilizan diversos equipos y útiles entre los que destacan:

3.2.2.1. Rueda: Considero que es conveniente diferenciar dos tipos de ruedas: la más común es aquella que no lleva incorporado el elemento abrasivo, como son la de cobre y la de corcho, ( Fig. 52 ), el otro tipo, al que llamamos muela, lleva incorporada en su superficie el elemento abrasivo o está toda ella hecha de elemento abrasivo.

Actualmente las ruedas sintéticas y de diamante son las alternativas de la rueda de cobre. También las ruedas de piedras naturales y de abrasivos sintéticos están en uso desde hace largo tiempo, dado que su ventaja sobre la rueda de cobre reside en la velocidad a la que se puede trabajar.

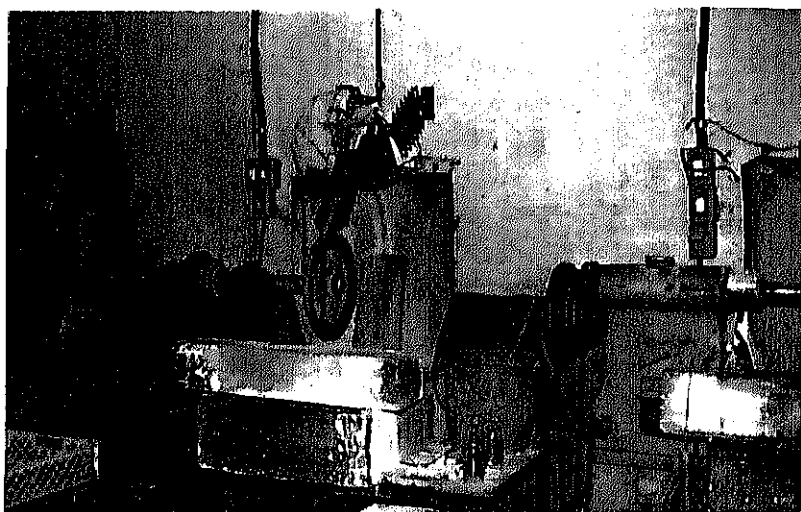


Fig. 52. Rueda de corcho sobre motor eléctrico utilizada para abrillantar y pulir.

Las ruedas de piedra llegan a tener un diámetro de 180mm. o mayor; con ella se obtiene una abrasión muy fuerte a la vez que sus perfiles tienen una gran resistencia al desgaste. (20).

Los abrasivos utilizados en las ruedas sintéticas están generalmente basados en dos tipos:

a) Oxido de aluminio, conocido por corindón, y con una dureza de 9 en la escala de Mohs.

b) Carburo de silicio, (carborundum), dureza 9,5 en la escala de Mohs, es un compuesto sintético formado por sílice y carbono.

La dureza de estos dos materiales de abrasión debe ser comparada a la del vidrio cuyas características les otorgan una dureza entre 5 y 5,5.

Estos abrasivos en forma de partículas, generalmente van adheridos por un aglutinante a una base de cerámica, goma, o resina sintética. El grado de dureza de la unión del abrasivo con el aglutinante varía de blando a muy duro, y se clasifica con las letras del alfabeto, desde la A a la Z, siendo la A el tipo más blando. Las centrales M, N, O y P son las más usadas. (21).

Las ruedas de diamante, son de alta precisión. Las partículas de diamante se distribuyen sobre una matriz metálica, la cual se forma mediante soldadura de polvo de metal y diamante a muy alta temperatura y presión.

3.2.2.2.- Motor eléctrico: acciona a un eje, sobre el cual se pueden adaptar los distintos tipos de ruedas de diversos diámetros. La transmisión del movimiento del motor al eje se efectúa mediante una correa que varía de posición en poleas de distinto diámetro, permitiendo así variar la velocidad del eje sin modificar la del motor. Sobre la rueda y de forma continuada, se va humedeciendo el trabajo con el fin de no calentar el vidrio. (Fig. 53 ).

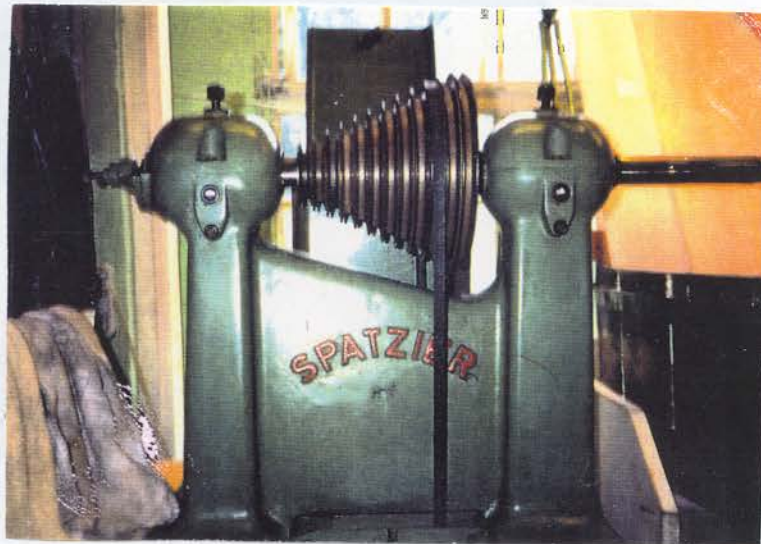


Fig. 53. Motor eléctrico sobre el cual se adaptan distintos tipos de rueda.

3.2.2.3.- Torno eléctrico: formado por un motor fijo de altas revoluciones (150 y 200.000 r.p.m.) con un brazo flexible de metal, de longitud aproximada de 1 metro, en cuya punta se coloca una pieza especial en la que se incorporan distintas brocas o fresas de pequeño tamaño. ( Fig. 54 ).

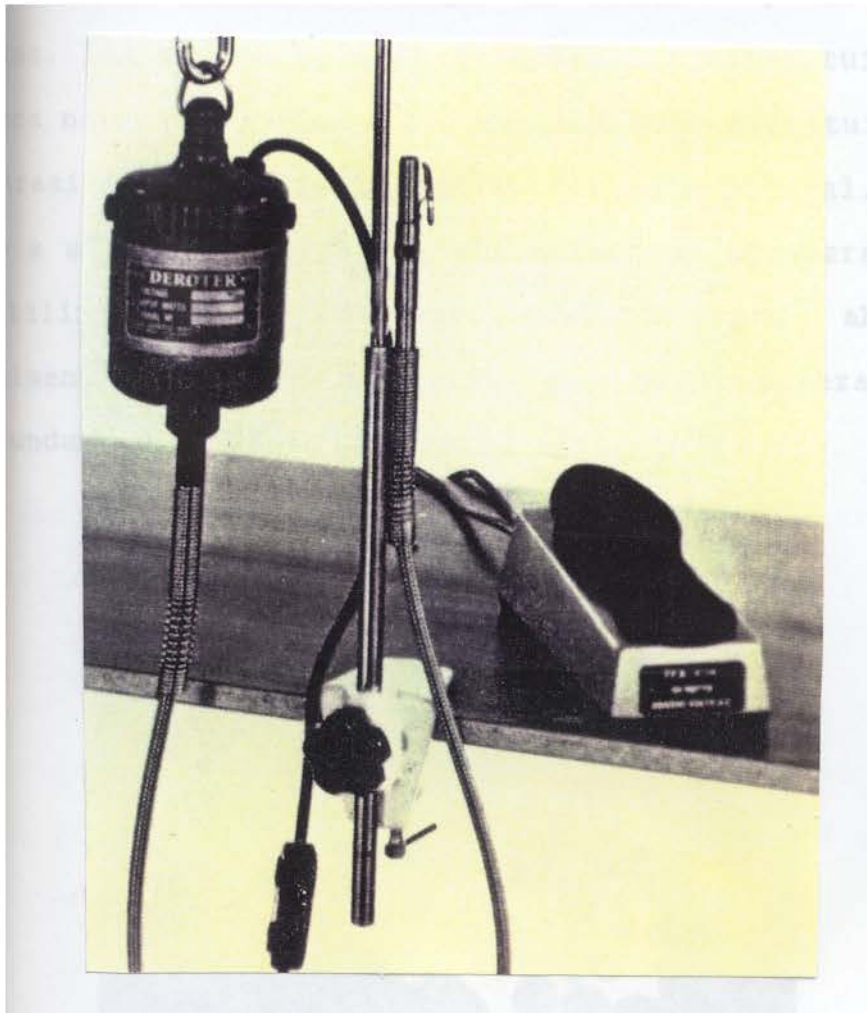


Fig. 54. Pequeño torno eléctrico con brazo flexible de metal, en cuyo extremo se colocan las fresas.

3.2.2.4.- Pluma grabadora: Compuesta por un equipo pequeño de motor eléctrico (12.000 r.p.m.) que lleva directamente acopladas las distintas fresas de pequeño tamaño con las que puede trabajar.

3.2.2.5.- Muelas: son ruedas que llevan incorporado el elemento abrasivo. El cuerpo es sólido y de formas variadas. Las muelas estaban inicialmente constituidas por una roca natural (greda, etc), que han sido sustituidos por los abrasivos naturales (esmeril, corindón natural, etc.), siendo a su vez reemplazados por abrasivos aglomerados que se utilizan para realizar trabajos por abrasión. Generalmente son de material de gran dureza como: carborundum, corindón y diamante. (Fig. 55 ).



55. Conjunto de ruedas y muelas de diferentes formas y materiales.

A continuación se exponen los distintos tipos de muelas utilizados en la tesis:

a) Muelas de carborundum: son muy devastadoras y el grano de carborundum va en una escala de 0 a 1000. Este último demasiado grueso para esta técnica, solamente es utilizable hasta el 0,800 o 0,750.(9). Estas muelas producen un efecto blanquecino al grabar el vidrio.

b) Muelas de Corindón: de grano más fino que el carborundum. Produce, también, un efecto blanquecino al trabajar el vidrio.

c) Muelas de diamante. tienen un excesivo costo pero son muy duraderas, generalmente se utilizan para detalles. Muy pocas son de diamante natural en polvo; lo más corriente es obtenerlas de diamante artificial o sintético.

Las muelas deben ser afiladas y torneadas constantemente con punta de diamante o piedra adiamantada y agua, formando diferentes perfiles que producen distintos efectos en el vidrio.

Existen diversas formas de muelas que permiten modificar la intensidad y provocar diferentes efectos sobre el vidrio. Las muelas pueden tener formas cilíndricas,

cónicas, planas, en forma de plato, de tronco, de cono o de bastón.

Del auto-afilado de la muela, del grado de abrasión y de las velocidades relativas de la pieza y de la muela, depende el trabajo de grabado en función del dibujo.

Para la preparación de las muelas se utilizan los siguientes aglutinantes:

- Minerales: preparados en frío (magnesio) o a alta temperatura (mezclas de arcilla y de feldespatos).
- Orgánicos: resinas naturales (goma laca), caucho o resinas sintéticas, principalmente fenol, formol y urea formol.
- Metálicos: Como soporte de grano en casos particulares (diamante, nitruro de bario).

Una muela se caracteriza por su naturaleza, grosor, la separación (estructura) de los granos abrasivos, y la naturaleza y cantidad de aglomerante, del que depende su dureza (grado). Cuando los granos abrasivos están gastados se debe sustituir la muela por otra nueva.

3.2.2.6.- **Fresas:** Generalmente son muelas montadas adaptadas para trabajar con torno eléctrico. Existen formas muy variadas, que van desde la forma de "abeto" a la de "sierra" y desde la "esférica", pasando por el "cono", hasta la llana o de "disco", permitiendo modificar y provocar diversos efectos sobre el vidrio que van en función de sus perfiles. ( Fig 56 ).



Fig. 56. Formas de fresas adiamantadas más comunes aptas para grabar vidrio.

### Tipos de fresas más comunes:

a) Fresas de carborundum (carburo de silicio): Generalmente de punta de color rosa o verde; son de coste bajo y tienen una vida corta. En el comercio se presentan en cajas o "Kits" de 4 ó 6 fresas. Es imprescindible que el diámetro de la varilla se corresponda con el de su pieza de mano; en caso contrario y para efectuar su acoplamiento, se recurre a un adaptador que recibe el nombre de mandril.

b) Fresas de acero adiamantadas: son de gran dureza y producen unos resultados muy finos y fáciles de apreciar. Este tipo de puntas tienen una duración superior, aproximadamente de 3 a 4 meses utilizándose regularmente. Los pequeños diamantes se encuentran engastados en la superficie exterior o en la masa de la fresa. Los primeros duran menos que los segundos, pero tienen la misma precisión y calidad de trazo. Una punta adiamantada en la masa se conserva durante varios meses.

De manera general los aceros adiamantados permiten diversos trabajos, además del grabado. Por ejemplo, la sierra adiamantada que existe en modelos muy finos y planos, corta con facilidad una hoja de vidrio fino de 2 mm. de espesor y es útil de trabajo en joyería.

### 3.3.- GRABADO DEL VIDRIO POR ABRASION MECANICA MEDIANTE CHORRO DE ARENA.

El método de grabar el vidrio por el procedimiento mecánico de chorro de arena consiste fundamentalmente en la realización de incisiones más o menos profundas sobre el material vítreo, mediante el lanzamiento a gran velocidad de un chorro de partículas de arena u otro material de alta dureza, arrastrados por una corriente de aire continuo.

Este sistema mecánico fue introducido en el año 1871 por TILGHMAN en E.E.U.U. y rápidamente se extendió por toda Europa. (24).

Este método mecánico, constituye una herramienta artística que, manipulada libremente, permite obtener trabajos altamente estéticos. Cada grano o partícula del abrasivo utilizado, al chocar contra la superficie del vidrio, determina una ligera erosión. El conjunto de partículas al chocar contra el vidrio le quita, a éste vidrio todo el pulido y lo vuelve mate. Es decir, que con el choque y el roce de las partículas de arena, el vidrio se desgasta, quedándose áspero y opaco y dejando en él una huella indeleble, lo que algunos autores llaman "vidrio esmerilado".

Para obtener un dibujo por este procedimiento, se protege la superficie del vidrio que no debe desgastarse mediante una plantilla protectora, bien sea de metal, goma, plástico o mediante papel secante empapado en una solución de cola dejada secar. En ellas van recortadas las partes por donde debe atacar la arena. (25).

A pesar de su nombre raramente se utiliza en la actualidad la arena como abrasivo, debido a los posibles efectos dañinos producidos al inhalar grandes cantidades de polvo de sílice.

Es común utilizar una composición de diferentes abrasivos para obtener distintas calidades estéticas de mateado. Los abrasivos más comúnmente utilizados son, por orden de preferencia, los siguientes: (26).

- a.- Abrasivos de Alúmina.
- b.- Abrasivos de Carburo de Silíceo.
- c.- Corindón Electro-Fundido.
- d.- Circón.
- e.- Mullita Electro-Fundida.

Esta técnica de mateado del vidrio por chorro de arena requiere la utilización de máquinas de diversos grados de sofisticación técnica; existen en el mercado una amplia variedad, disponibles todas ellas, para ser utilizadas en

la industria; de ellas se puede seleccionar la más apropiada en cada caso, según el trabajo a realizar, aunque se puede ir adaptando progresivamente a las distintas necesidades artísticas de cada usuario y a sus aplicaciones. En la fig. 57, se representa una máquina para grabar por abrasión mecánica.

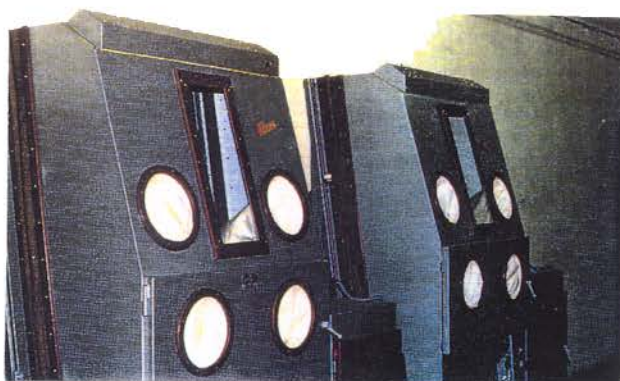


Fig.57. Cabinas de chorro de arena.

### 3.3.1.- Preparación de plantillas para el grabado por chorro de arena.

La plantilla y su correcta preparación son fundamentales para obtener buenos resultados en el empleo de la técnica del chorro de arena, dado que se utiliza para proteger las zonas de la plancha de vidrio que no deben ser atacadas.

El vidrio debe de estar perfectamente desengrasado y seco antes de colocar la plantilla. Esto se realiza mediante Blanco de España, algodón y agua, aclarándolo abundantemente, y secándolo con la ayuda de un secador eléctrico. También se puede utilizar cualquier tipo de limpiador de vidrio de los que se pueden adquirir en el comercio.

Además de las plantillas anteriormente mencionadas, existen otro tipo de plantillas cuya elaboración se basa en el proceso serigráfico, es decir, partiendo de una malla de acero inoxidable, nylon, o poliéster del tamaño deseado. Se recubre esta de una solución sensible a la luz que se seca posteriormente con aire, conocida comercialmente con el nombre de "ALCOSET". Esta plantilla se expone a través de un dispositivo fotográfico a la radiación ultravioleta. Las partes donde recibió la luz son insolubles en agua, dejando libres las zonas no iluminadas que son solubles. Estas plantillas permiten reproducir sobre papeles especiales dibujos en goma o pintura plástica que, recortados y adheridos posteriormente sobre la superficie del vidrio, son expuestos al chorro de partículas de arena, donde la pintura plástica protege ciertas zonas de su superficie.

Para llevar a cabo esta técnica es necesaria una instalación con tres unidades:

- a.- Unidad de pintado serigráfico.
- b.- Unidad de exposición a la luz ultravioleta.
- c.- Unidad de proyección del chorro de arena.

Una vez adheridas la plantillas sobre la plancha de vidrio, ésta se introduce en la cabina para someterla al ataque del chorro de arena, empezando siempre por bajas presiones, del orden de  $2,6 \text{ Kp/cm}^2$ . Se pueden obtener diferentes efectos variando la presión del aire inyectado y los tiempos de ataque, así como utilizando diferentes grados y tipos de abrasivos. Por este procedimiento se puede construir una imagen global de el claroscuro, utilizando una secuencia de diferentes plantillas.

Con el chorro de arena, aparte de grabar, se puede llegar a esculpir en bulto redondo, variando la presión del chorro según sea la penetración que se necesite. Es imprescindible para esta técnica el utilizar gafas de protección ocular, guantes, gorro y mascarilla, debido a que el polvo de abrasivo que se produce, es nocivo para la salud.

En el arte actual, ésta técnica es utilizada por grandes artistas y maestros del vidrio que elevaron éste a arte, al dotarlo de nuevas formas y conceptos.

En la técnica del chorro de arena, las plantillas, que como hemos visto son un elemento primordial, pueden ser sustituidas por otras sustancias que sirvan como protectoras de las zonas reserva del vidrio, es decir, aquellas zonas que no deseamos atacar. Esta reserva se ha experimentado aplicando una capa de cola de carpintero, obteniendo unos resultados favorables y muy interesantes. Este material de reserva se aplicó mediante pincel. Con el empleo de estas sustancias protectoras, ha sido factible la obtención de distintos grados de ataque, de manera mucho más espontánea y eficaz, permitiendo la obtención de claroscuros y distintas profundidades de ataque. (Fig. 59 ).



Fig. 59. Plancha de vidrio atacada mediante chorro de arena, utilizando con reserva una cola.

### 3.3.2.- Equipos e instalaciones

La maquinaria utilizada para este tipo de trabajo es muy simple. Se ha contado con una típica instalación, la cual comprende una cabina de abrasión, un colector de polvo y un sistema de suministro de aire comprimido ( Fig. 60 ).

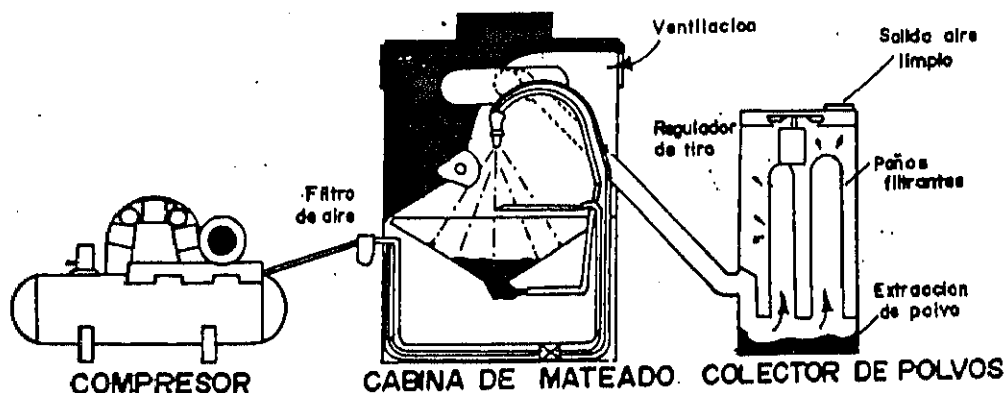


Fig. 60. Instalación de mateado por chorro de arena.

La potencia apropiada para el compresor es de 20-30 HP. En el interior de la cabina se encuentra la pistola que se manipula fácilmente suministrando el chorro de arena(6). La plancha de vidrio puede ser grabada manteniendo fija la pistola y moviendo manualmente la plancha, o bien dirigiendo la pistola sobre la superficie del vidrio que

permanece fija. Una vez cerrada la cabina, ésta proporciona una total visión de la plancha. El suministro de aire comprimido es accionado por un pedal. La utilización de una pistola de grabado por aire comprimido es de gran utilidad para la limpieza de la plancha, visibilidad y control de los resultados mientras se está trabajando.

### 3.3.3.- Métodos utilizados para propulsar el abrasivo.

Se conocen tres métodos básicos para propulsar abrasivo seco:

- a) Método de alimentación por succión.
- b) Método de alimentación por presión.
- c) Método de alimentación centrífuga.

Debido a la mayor flexibilidad de operación que permite el método de succión , es el que generalmente, se utiliza industrialmente para el decorado de vidrio. La pistola opera en virtud del vacío que se crea en la cámara de inducción por el paso de aire comprimido a través de un fino canal, antes de llegar a la zona más ancha de pulverización. El abrasivo es impulsado a la pistola a través de una manguera por la succión creada en la cámara de inducción como consecuencia de la alta velocidad del aire comprimido. La cantidad de abrasivo puede ser

succionada según el vacío creado y el tipo de abrasivo utilizado.

Todo el aire es extraído del fondo de la cabina. Esto origina una corriente de aire limpio que produce buena visibilidad en el interior del equipo. Todo el abrasivo gastado y los despojos de vidrio son enviados a un colector de polvo donde las partículas quedan retenidas en unos filtros de paño, y el aire limpio sale libremente al exterior. Las partículas de polvo retenidas por los filtros del colector son periódicamente eliminadas a través de compuertas metálicas.

#### 3.3.4.- Características de los equipos.

Cualquier equipo que vaya a ser utilizado para el mateado por chorro de arena, ha de reunir una serie de características:

a) Facilidad de instalación. Los equipos pueden ser instalados en el suelo sin necesidad de obras, y como requisitos para su funcionamiento exigen la disponibilidad de aire comprimido y suministro eléctrico .

b) Manipulado fácil y seguro. Los equipos de mateado por chorro de arena no requieren habilidades especiales

para su manejo, de tal manera que cualquier persona puede utilizarlo con la misma eficacia y la mínima supervisión. Diferentes accesos a la cabina facilitan el trabajo.

c) Versatilidad. Para el grabado del vidrio es esencial que la operación de mateado se realice a la presión correcta. Usualmente los mejores resultados se alcanzan a la presión de 1'5-3 Kp/cm<sup>2</sup>. El control del aire es muy importante. Consecuentemente las máquinas vienen equipadas con reguladores de presión en el intervalo 0-14 bar.

Finas y delicadas superficies esmeriladas pueden ser obtenidas utilizando una de las más bajas presiones, o sea, de 1'5-4 Kp/cm<sup>2</sup> junto a un abrasivo especialmente seleccionado, 180/220 mallas. La versatilidad del proceso puede permitir su uso en otras aplicaciones tales como joyería, instrumentos metálicos, limpieza de moldes y calderas, etc. Igualmente pueden ser realizadas esculturas de bulto redondo.

En la actualidad, la delicada naturaleza de las planchas de vidrio y el tipo de grabado, exigen un cuidado especial en las operaciones de mateado por chorro de arena. Esto restringe el uso de esta técnica a operaciones de tipo manual, lo cual es favorable para este tipo de grabado.

### 3.3.5.- Experimentación de incisiones prácticas del grabado por chorro de arena.

En ésta fase práctica de la tesis se llevaron a cabo una serie de pruebas de las cuales pasamos a comentar dos. El tema para las pruebas mencionadas fue "Composición de aves", utilizando para la primera plancha un positivo y para la segunda el negativo.

Los elementos utilizados fueron los siguientes:

- 1- Plancha de vidrio sódico-cálcico.
- 2- Plantillas realizadas sobre papel plástico adhesivo.
- 3- Material de protección personal: mascarilla, gafas de protección ocular y guantes de goma o caucho.
- 4- Cabina de proyección de chorro de arena con método de alimentación por presión.
- 5- El abrasivo utilizado fue corindón en grano de 120 y 80 mezclado en partes iguales.

El proceso de ejecución fue el siguiente:

Se utilizaron dos planchas, de vidrio sodico-cálcico, de formato DIN A4 y 6 mm de espesor, con fines distintos, a las cuales previamente se habían canteado los bordes con

una máquina eléctrica que utilizaba cinta de esmeril y agua. ( Fig.61 ).



Fig. 61. Canteado de una plancha de vidrio con cinta de esmeril y agua.

Se desengrasaron las planchas con Blanco de España, algodón y agua, para una perfecta adhesión de las plantillas.

Se utilizó como protección de las planchas cinta plástica adhesiva, colocada en la parte posterior, con el fin de preservarlas de los posibles arañazos que pudiera

provocar el corindón (en este caso), durante el proceso de chorreado. ( Fig.62 ).

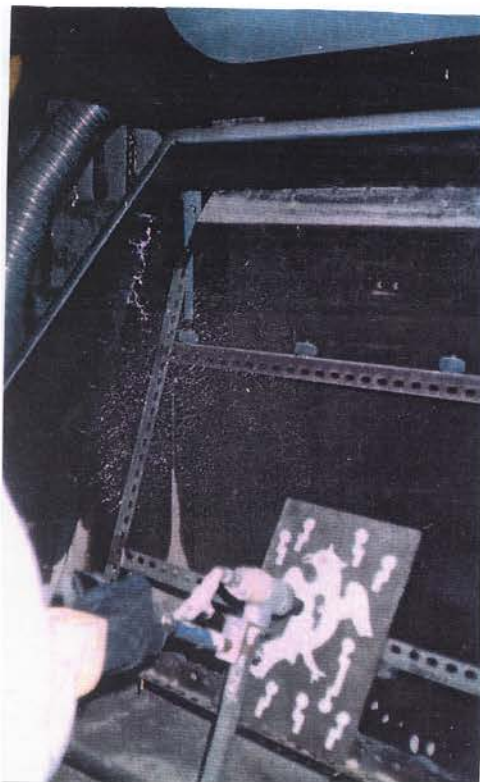


Fig. 62. Colocación de la plancha en el interior de la cabina para el chorreado de arena.

El dibujo original, es transferido sobre plantillas de papel plástico adhesivo (tipo epoxi), que permite ser dibujado con grafito y relizar un posterior recorte. A continuación fue trasladado y adherido a la plancha de vidrio. El papel plástico o plantilla, protege los lugares que no deben de ser sometidos a la abrasión del chorreado de arena.

La plancha de vidrio, para mayor estabilidad, se coloca en el interior de la cabina sobre una especie de atril que existe en el interior de la misma.

Es fundamental y necesario utilizar para la protección física de la persona al realizar este trabajo una mascarilla que impida la inhalación del polvo de sílice, así como gafas de protección ocular y guantes de goma o caucho.

Para este trabajo se utilizó en el interior de la cabina el abrasivo compuesto de corindón en grano de 120 y 80 mezclado en partes iguales.

Una vez cerrada la cabina, se introducen las manos provistas de guantes por los orificios y manualmente, se va dirigiendo la pistola de chorreado sobre la plancha de vidrio, empezando con bajas presiones, que luego se han ido incrementando en aquellas zonas donde interesaba una mayor abrasión, alcanzando como máximo una presión de ocho atmósferas. Este ataque produjo sobre la superficie de la plancha un mateado agresivo y áspero, debido a la acción de abrasión mecánica de las partículas de corindón sobre ésta.

Para poder vigilar el trabajo sumergido en una nube de polvo, y al mismo tiempo observar el nivel de abrasión producido, se limpia periódicamente con un chorro de aire

limpio a presión que lanza la misma pistola accionando un pedal; de ésta forma se observa el nivel de abrasión producido, así como la calidad obtenida.

Las distintas profundidades de ataque se fueron consiguiendo no sólo mediante tiempo de ataque, sino también, una vez efectuado el primer chorreado, levantando las plantillas en aquellas zonas en que se quería conseguir un matiz distinto, al ser atacadas en menor intensidad. (Número de veces expuestas al impacto del abrasivo.).

Los resultados estéticos y las calidades que se obtienen son de pulido y mateado blanquecino, proporcionando una valoración de grises. Plásticamente, los blancos son zonas del vidrio cubiertas por plantillas que no han sido retiradas de la plancha durante el proceso de chorreado.

Ópticamente sabemos que una superficie plana de un vidrio pulido, iluminada por un haz paralelo de rayos luminosos, da lugar a un haz de rayos reflejados. Pero como consecuencia del mateado se produce un determinado relieve en la superficie del vidrio que, al ser iluminado por un haz de rayos paralelos, determina la aparición de múltiples rayos reflejados y refractados en todas las direcciones y por consiguiente una dispersión de la luz. Por este

método, se obtienen superficies más rugosas que por vía química.

En una nueva práctica experimental, se han combinado ambos procedimientos. Al principio se ha efectuado un ataque de abrasión mecánica por chorro de arena y luego un ataque químico con ácido fluorhídrico. Los resultados obtenidos han sido la obtención de texturas mucho más delicadas que cuando se emplea uno de los dos sistemas. (Fig. 63 ).



Fig. 63. Plancha matriz de vidrio grabada con técnica mixta: chorro de arena y ataque ácido.

## NOTAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- BONET CORREA, A. (Coord), "Historia de las Artes Aplicadas e Industriales de España". Ediciones Cátedra S.A.; 1987; p.434.
- 2.- MALTESSE, C (Coord), "Las Técnicas Artísticas"; Ediciones Cátedra.p.72.
- 3.- GONZALEZ PEÑA.MªLUISA. "Origen y difusión del vidrio"; Editorial Nacional. p.63.
- 4.- MALTESSE, C., (Coord). Op. Cit., p.73.
- 5.- MALTESSE, C., (Coord). Ibidem, p.150.
- 6.- GUDIOL Y RICART, J. Y ARTIÑANO, P.M., "Resumen de la Historia del Vidrio"; 1935; p.26.
- 7.- GONZALEZ PEÑA.MªLUISA. Op. Cit.,p.63.
- 8.- NORMAN, B., "Glass engraving"; David & Charles; London 1981; p.13.
- 9.- DRABOTOVA, O., "El Arte del Vidrio en Europa"; Editorial Libsa 1990. p.156.
- 10.- KLEIN, D. Y LLOYD, W., "The History of the Glass"; Crescent Books, New York. p.23.
- 11.- ENCICLOPEDIA ESPASA-CALPE. S.A., "Vidrio". Vol.68; p.857.
- 12.- CHARLESTON, ROBERT J., "Masterpieces of glass". Harry W. Abrams, Inc., Publishers, N.Y. 1990, cit., p.35.
- 13.- FERNANDEZ NAVARRO, J.M., "El vidrio". C.S.I.C., Madrid 1985, p. 18.
- 14.- ANGULO IÑIGUEZ, D., "Catálogo de las alhajas del Delfin", Museo del Prado, 1989, pp. 12-13.
- 15.- RUIZ ALCON, Mª TERESA, "Dos arquetas de arte italiano en el Palacio de Oriente", Reales Sitios. Revista del Patrimonio Nacional. Madrid 1973. Nº 35.
- 16.- GONZALEZ PEÑA, Mª LUISA, "Vidrios Españoles", Artes del Tiempo y del Espacio, Editora Nacional, p. 64.
- 17.- NORMAN, B., Op. Cit., p. 12.
- 18.- GONZALEZ PEÑA, Mª LUISA, Op. Cit.p. 63.
- 19.- GATEAU JEAN CHARLES, "El vidrio", Ed. Ert. R. Torres. Barcelona, 1976, cit., p. 71.
- 20.- Noticia comunicada por el grabador a la rueda D. J. Santiago Abad. Pinillos de Polendos (Segovia) 1991.

- 21.- GRABADO EN VIDRIO II. Revista Tecni-Arte Nº8. Enero 1989, cit., p. 76.
- 22.- GATEAU, J. C., Op. Cit., p. 67.
- 24.- MALTESE, C. (Coord); Op. Cit., p.150.
- 25.- BALDRICH, J., "El Trabajo del Vidrio"; Ed. Sintesis, Enciclopedia Práctica nº 103, p. 108.
- 26.- ORGAZ, F. Y JIMENEZ CALVO, I., "El Proceso de Mateado del Vidrio", Instituto de Cerámica y Vidrio, C.S.I.C., Arganda del Rey, pp. 171-173.
- 27.- FRANCESCHINI, F., "Vetro e Silicat", 14 del 1970, 1 del 79, págs.13-16; 2 del 80, Págs.18-24.
- 28.- RUBIO MARTINEZ M; "Ayer y Hoy del Grabado"; p. 214.
- 29.- ORGAZ, F. Y JIMENEZ CALVO, I., Op. Cit., pp.171-173.

CAPITULO 4

GRABADO SOBRE VIDRIO. METODOS INDIRECTOS O MORDIENTES  
ACIDOS

## CAPITULO 4

### EL GRABADO SOBRE VIDRIO MEDIANTE ATAQUES ACIDOS.

Una de las características principales del vidrio es su elevada resistencia química, que le acredita como material insustituible para un sinnúmero de aplicaciones prácticas. A pesar de sus buenas cualidades, ni siquiera los mejores vidrios pueden considerarse inertes a todos los agentes químicos con los que se ponen en contacto. ( 1 ).

En un medio ácido, el ataque del vidrio se produce fundamentalmente por el proceso de difusión iónica. Como consecuencia de esto, los vidrios exentos de álcalis, p. ej. los de sílice pura, resultan prácticamente inatacables en condiciones ácidas, dado que no se puede producir la extracción de iones alcalinos de su superficie.

En el caso de que el contenido en iones alcalinos del vidrio sea pequeño, el ataque inicial puede llegar a realizar una protección del mismo frente a ataques posteriores, pues al retirar los iones alcalinos de su superficie se produce un enriquecimiento en sílice de ésta, que dificulta el proceso de difusión y, por lo tanto, la extracción de más iones alcalinos. ( 2 ).

El comportamiento del vidrio frente a los distintos ácidos es prácticamente el mismo, existiendo diferencias en función de la solubilidad mayor o menor de las sales resultantes, siendo el ácido nítrico el más activo comparado con el clorhídrico y el sulfúrico.

Un caso de excepción es el comportamiento frente al ácido fluorhídrico, y de mezclas de éste con algunas sales y / u otros ácidos. El ácido fluorhídrico ejerce un efecto fuertemente agresivo sobre los vidrios de silicato. El mecanismo de ataque es esencialmente diferente al comentado previamente para los otros ácidos. Los iones  $F^-$  resultantes de la fuerte disociación del ácido en medio acuoso, actúan desplazando de sus lugares a los iones  $OH^-$  unidos tetraédricamente a los iones silicio, acción que es favorecida por la similitud en el tamaño de los iones. ( 3 )

Lo que caracteriza más objetivamente el grabado al ácido sobre vidrio es la pérdida de transparencia y el mateado blanquecino que, en uno o varios tonos, ofrecen las representaciones formales.

La velocidad de disolución de un vidrio por un ataque ácido viene determinada por diversos factores: la variación del tiempo de ataque, la temperatura, la concentración del ácido, el grado de agotamiento, la agitación y de otras condiciones experimentales del ataque.

Entre los métodos químicos empleados para el ataque del vidrio, existen también amplias variaciones que cambian dependiendo de la pérdida de actividad que experimenta el líquido de ataque, y también de la concentración de algunos de los componentes del vidrio extraídos durante el ataque ácido.

En cuanto a la forma de evaluar el grado de ataque sufrido por el vidrio, caben diversos criterios de estimación. Si el ataque es muy ligero, se recurre a métodos físicos más sensibles, que, basándose en observaciones y medidas ópticas, nos permitan determinar las alteraciones producidas sobre la superficie del vidrio. Por la física sabemos que una superficie plana de vidrio, iluminada por un haz paralelo de rayos luminosos, da lugar a un haz de rayos refractados, y un haz de rayos reflejados ( Fig. 64 ).

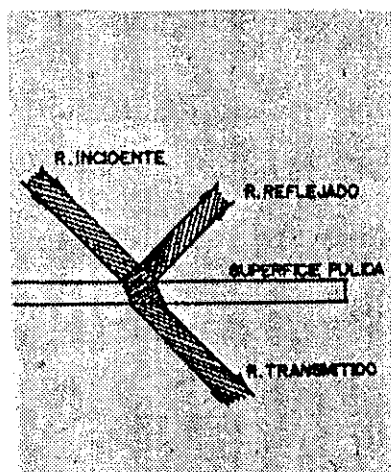


Fig. 64. Efectos de refracción y reflexión.

Como consecuencia del ataque ácido, se produce una determinada profundización en la superficie del vidrio, que determina la aparición de múltiples rayos reflejados y refractados en todas las direcciones y por consiguiente una dispersión de la luz ( Fig. 65 ). ( 4 ).

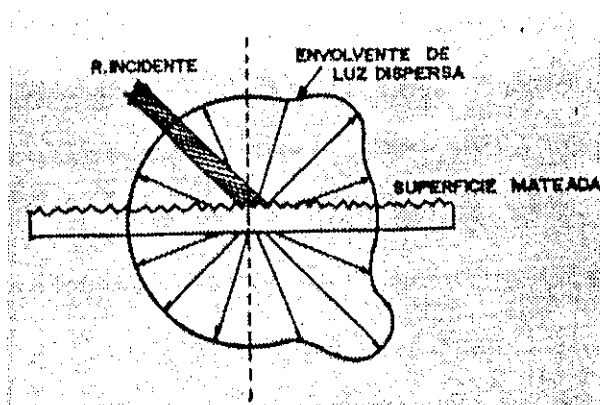


Fig. 65. Efecto de dispersión de la luz.

Con microscopio electrónico se ha podido estudiar y diferenciar la aparición de poros superficiales, la evolución según las condiciones de ataque, el tiempo y la intensidad de la corrosión, deslustre o la formación de cristales.

#### 4.1.- INTRODUCCION HISTORICA.

La aplicación práctica del sistema de grabado al ácido parece que comienza en 1725. Se dice que Mateo Pauli, de Dresden, ya atacaba el vidrio y el cristal con una solución de ácido nítrico y otra substancia. ( Es de suponer que esta otra substancia no definida ha de ser un fluoruro). Pero es más seguro lo que Joan Gabriel Doppelmeier ( 1671-1756 ), matemático alemán, escribe sobre Enrique Schwanhard, en su *Historiche Nachricht von der Nürubergischen Mathematicer und Künstler*, Nurenberg 1730: "... que uno de los seis hijos de Jorge Schwanhard de Nurenberg, famoso tallista que se perfeccionó en el taller de Gaspar Lehmann en Praga hacia el año 1609, dejó caer por casualidad una gota de ácido sobre el cristal de unas gafas. Vió como el lugar donde había caído el ácido se tornaba blanquecino y comprobando este efecto, lo aplicó reservando con cera los espacios que no quería atacar con el ácido ". ( 5 ).

El descubrimiento no interesó, hasta que en 1771 Carlos Guillermo Sheele, químico sueco, confirmó que el ácido fluorhídrico obtenido por descomposición de la fluorita con ácido sulfúrico concentrado era el único producto químico que atacaba al vidrio con rapidez, combinándose con los silicatos para formar fluoruros de silicio que, lavados, podían eliminarse de la superficie. Es

conocido que el ataque ácido era ya realizado en La Haya hacia 1780. ( 6 ). Más tarde Ampere, en 1810, observó la analogía entre el ácido fluorhídrico y el color hídrico. Pero fue el inglés Gore, físico-químico, quien lo obtuvo completamente puro en 1868.

La aplicación práctica del descubrimiento de Enrique Schwanhard lo llevó de Alemania a Francia Juan Pedro Casimir de Marccasus ( 1757-1841 ), político y hombre de ciencia, que fue director de la fábrica de la moneda de su país, y que copió el procedimiento del aguafuerte para grabar al vidrio. ( 7 ). Artísticamente, hasta hace diez años, no tenemos noticias de la experimentación del vidrio como matriz para estampación.

Al comprobar en la práctica el relato anterior, es decir, utilizar ácido fluorhídrico puro, no conseguimos matear ningún vidrio, lo que si logramos es rebajar el grueso del vidrio en los lugares donde se aplica el ácido fluorhídrico. El hecho de que una gota de ácido fluorhídrico caiga sobre un vidrio y lo vuelva blanquecino no produce el mateado, sino que deshace la composición del vidrio y, a lo sumo, forma un polvo que produce la sensación de mateado. Es decir, la sola acción del ácido fluorhídrico rebaja el grueso, pero lo conserva brillante y transparente como antes.

#### 4.2.- VIDRIOS MATEADOS.

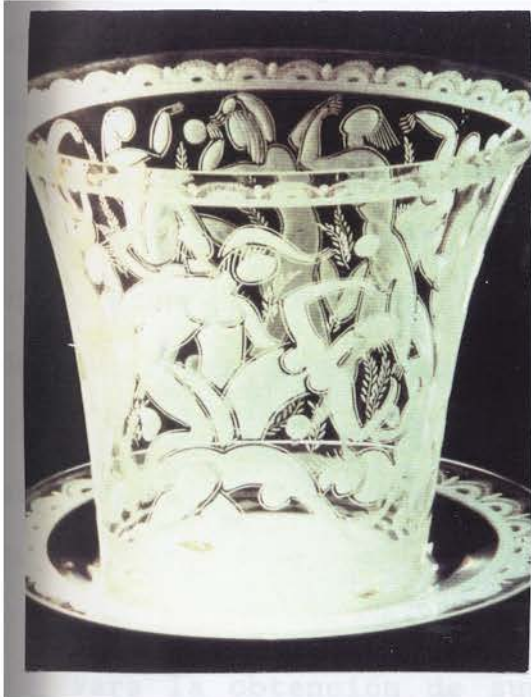
Se denomina genéricamente vidrio mateado o deslustrado a un vidrio transparente cuando se le somete a una acción de corrosión química o a una abrasión mecánica que altere su superficie; se crea en ella un conjunto de irregularidades, más o menos uniformes, obteniendo un efecto llamado de vidrio translúcido.

Dependiendo del tratamiento que demos al vidrio, sea químico o mecánico, obtenemos diferentes tipos de texturas, que varían desde el aspecto brillante y satinado, al áspero y rugoso. Un ejemplo de esta diferenciación lo encontramos en el vaso grabado al ácido " Ball - playing Girls " ( Fig. 66 ) de Edward Hald, realizado en 1919, donde las texturas son sedosas y satinadas, si lo comparamos con el vaso grabado a la rueda del mismo artista ( Fig. 67 ) donde las calidades obtenidas son mucho más ásperas y rugosas. Ambas piezas se conservan en el National Museum of Sweden.

#### 4.3.- ACCION CORROSIVA DEL ACIDO FLUORHIDRICO.

El ácido fluorhídrico es el ácido que ataca de forma más energética y rápida el vidrio o cristal. El compuesto más importante del flúor es el fluoruro de hidrógeno ( $H_2F_2$ ), que disuelto en agua da el ácido fluorhídrico. Este ácido

se presenta siempre en solución acuosa y no puede existir sin agua. El vidrio puede ser corroído con ácido fluorhídrico y también con mezclas de éste con algunas sales u otros ácidos.



66. Vaso grabado al ácido.



Fig.67. Vaso grabado a la rueda.

En vidriería se utilizan los siguientes fluoruros:

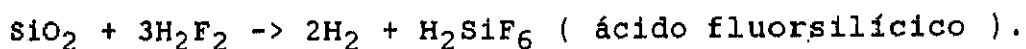
a) Espato-flúor ( $\text{CaF}_2$ ), no soluble en agua. Es la materia prima inicial en la fabricación del ácido fluorhídrico por calentamiento con el ácido sulfúrico.  
 $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{F}_2$ .

b) Fluoruros neutros, de potasio  $\text{K}_2\text{F}_2$ , de sodio  $\text{Na}_2\text{F}_2$  y de amonio  $(\text{NH}_4)\text{HF}_2$ . Estas sales neutras no reaccionan con

el vidrio excepto el fluoruro de amonio, que lo hace muy débilmente.

c) Fluoruros ácidos de potasio  $\text{KHF}_2$ , de sodio  $\text{NaHF}_2$  y de amonio  $(\text{NH}_4)\text{HF}_2$ . Sólo se utilizan en el grabado sobre vidrio las sales ácidas, sobre todo para obtener superficies mateadas. ( 8 ).

La acción del ácido fluorhídrico sobre la sílice del vidrio produce dos reacciones posibles, según la cantidad de ácido fluorhídrico disponible:



Para la obtención de superficies grabadas mates, se emplea una solución de fluoruros ácidos y/o sulfatos alcalinos, generalmente diluidos en dicho ácido, o bien mezclas de fluoruros y ácido sulfúrico. En ambos casos el agente agresivo es el ácido fluorhídrico; reacciona con la sílice y los álcalis del vidrio formando minúsculos cristales de fluoruros, los cuales se pueden quedar depositados sobre la superficie del vidrio y se extraen por lavado con agua y frotando con un cepillo, siempre que no dañemos el grabado.

El ataque de un vidrio por ácido puede efectuarse estando el agente atacante, reactivo, en distintos estados físicos: a) en fase de vapor; b) en fase líquida por aspersión e inmersión; c) en fase espesa por aplicación de una pasta preparada, que se encuentra en el comercio, compuesta por sulfato de bario precipitado, bifluoruro amónico y ácido fluorhídrico.

El ácido fluorhídrico actúa sobre el vidrio sódico-cálcico, potásico y al plomo, en función de los siguientes parámetros: a) la concentración del baño, es decir dependiendo de la cantidad de agua que haya en la disolución del ácido; b) la temperatura; c) la duración del tiempo de mordido; d) que se actúe en un baño inmóvil o agitado, e) si se añaden otros ácidos a la disolución, generalmente los utilizados son el ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) y el nítrico ( $HNO_3$ ); f) que se empleen sales ácidas del ácido fluorhídrico. Todos estos elementos puntuales actúan sobre el vidrio de forma totalmente diferente.

Los fluoruros alcalinos formados por la reacción de ataque se disuelven en el agua no entorpeciendo la acción del mordido. Por el contrario, los fluoruros de plomo, cal y bario, totalmente insolubles, se depositan sobre el vidrio en forma de precipitado que afecta a la reacción; pueden ser liberados con la utilización de otros ácidos,

generalmente el ácido sulfúrico, y así eliminarlos de la superficie.

#### 4.4.- MATERIALES Y BARNICES RESISTENTES A LA ACCION DEL ACIDO FLUORHIDRICO.

Mediante técnicas químicas de corrosión se pueden grabar vidrios en forma lineal o de mancha. Las zonas de reserva, que no deseamos sean atacadas por el ácido, se recubren con barniz, laca o parafina, dejando al descubierto sólo las zonas que vayan a grabarse.

Los materiales resistentes a la acción del ácido fluorhídrico son los siguientes: plomo, platino, gutapercha, caucho, cloruro de polivinilo, otros plásticos, la parafina y el asfalto. Igualmente son resistentes ciertos materiales como el yeso, sulfato de bario, el espato-flúor, madera parafinada y madera impregnada de residuos sintéticos.

El ácido fluorhídrico actúa poco sobre el cobre y aluminio, y es por esto por lo que se hacen recipientes especiales para contener dicho ácido. Actúa muy fuertemente sobre el hierro y el zinc; igualmente los aceros inoxidable empleados para otros ácidos son atacados por el ácido fluorhídrico.

Dentro del proceso de ataque de la superficie del vidrio mediante ácido, los barnices de protección desarrollan un papel muy importante. Existen varias fórmulas de preparación de los barnices, de entre las que vamos a destacar las siguientes, muy similares a las de grabado calcográfico:

#### Barniz A

- 11 partes ( en peso ) de aceite de trementina.
- 8 partes ( en peso ) de asfalto de Siria.
- 2 partes ( en peso ) de sebo de buey.
- 3 partes ( en peso ) de estearina blanca.
- 3 partes ( en peso ) de cera de abeja.
- 4 partes ( en peso ) de resina de Burgund.

Preparación: Se disuelve, al baño de María y con calor eléctrico, nunca de llama por el riesgo de inflamación de los vapores, el asfalto en un recipiente no metálico con aceite de trementina; posteriormente se añade el resto de los elementos siempre muy pulverizados en el orden indicado en la fórmula, manteniendo la disolución en movimiento hasta conseguir su homogeneización. ( 9 ).

### Barniz B

- Betún de Judea..... 400 grs.
- Trementina de Venecia..... 400 c.c.
- Aguarrás..... 800 c.c.

Preparación: Se funde el betún de Judea a fuego moderado, y una vez fundido se saca del fuego y se le añade la trementina y el aguarrás, mezclando con una espátula. Este barniz debe guardarse en recipiente cerrado, siendo necesario tener en cuenta que se produce una cierta evaporación del aguarrás. Una vez efectuadas las operaciones anteriores, es necesario realizar una nueva mezcla con el fin de completar la fórmula:

- Barniz B..... 220 grs.
- Cera de abeja..... 350 grs.
- Sebo fundido ..... 80 grs.

Preparación: Se funden la cera y el sebo juntos, con calor moderado y se le añade la cantidad de barniz B indicada, removiendo bien con una espátula. Se saca del baño y se deja enfriar guardándose en un tarro herméticamente cerrado. En el momento de su utilización, si su aspecto es muy espeso, se le añade disolvente. ( 10 ).

#### 4.5.- PROCEDIMIENTOS DE ATAQUE POR ACIDO.

Son varios los procedimientos ácidos de ataque utilizados en grabado, pero todos tienen el denominador común de efectuar incisiones en el vidrio por medio del ácido fluorhídrico. Entre ellos es posible los siguientes tipos de actuaciones:

##### 4.5.1.- Grabado por ácido fluorhídrico gaseoso.

El ácido fluorhídrico gaseoso, ataca el vidrio dejándolo mate. Se conocen dos métodos para un ataque gaseoso del vidrio:

a) Método antiguo: Una parte en volumen de fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ), más tres partes en volumen de ácido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), en recipiente de plomo con un calentamiento moderado, ataca al vidrio produciendo un deslustrado mate.

b) Método moderno: Se vierte el ácido fluorhídrico concentrado en un recipiente de P.V.C., plástico o plomo, lo que ocasiona un escape en cantidad suficiente de fluoruro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{F}_2$ ), que ataca al vidrio, siendo el gas desprendido un compuesto muy tóxico a la inhalación humana. Eventualmente se calienta de forma moderada lo que produce que sea más tóxico aún. El fluoruro de hidrógeno

gaseoso convierte el vidrio en mate, debido a que los productos de la reacción se adhieren a la superficie del vidrio.

Existe una variación a este procedimiento de ataque. Si a un baño de ácido fluorhídrico concentrado se añade ácido sulfúrico en grandes cantidades, que actúa como factor deshidratante, el fluoruro de silicio que se forma en la superficie del vidrio se escapa en forma de gas, existiendo entonces dos posibilidades: a) Se producen muy rápidamente las burbujas de gas que se escapan. En este caso se llega al pulido de las superficies mateadas. Este procedimiento se llama "pulido al ácido"; b) Las burbujas se escapan lentamente recorriendo las paredes del vidrio y creando surcos en la plancha muy próximos unos de otros. A este baño se le denomina "baño lineal".

#### 4.5.2. Grabado por ácido fluorhídrico concentrado y diluido con agua.

Si utilizamos ácido fluorhídrico concentrado o poco diluido, ( p.ej.: una parte en volumen de ácido con una o dos partes en volumen de agua), para atacar al vidrio durante un tiempo entre 5 y 15 segundos, se produce una rápida descomposición del estrato superficial que deja la

superficie rugosa, mate o "escarchada". Esta técnica es conocida generalmente como el "baño givrant".

El ácido fluorhídrico diluido en agua, ( p.ej.: una parte en volumen de ácido y de cinco a doce partes en volumen de agua), ataca al vidrio en profundidad en un tiempo que oscila entre media hora y una hora. La profundidad de ataque es directamente proporcional a la concentración del ácido, al tiempo de ataque y a la temperatura. El resultado es una superficie comparativamente clara, lisa y generalmente más pulida, cuando el vidrio ha sido removido en el baño frecuentemente, e incluso cepillado. A esta técnica se la denomina "grabado profundo claro".

La disolución de ácido fluorhídrico en agua puede acompañarse de una pequeña cantidad de otros ácidos que ayudarán a liberar los productos de la reacción. El ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) o el ácido nítrico ( $HNO_3$ ), facilitarán la disolución de las sales que se forman durante el proceso de ataque, lo que produce una superficie lisa y reluciente que puede ser completamente transparente, especialmente en los vidrios al plomo y en algunos de borosilicato. ( 11 ). Con los vidrios cálcicos, generalmente se utiliza el ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), y para vidrios al plomo, en particular para el trazado de líneas finas y profundas, el ácido

nítrico ( $\text{HNO}_3$ ). Con este ácido no se debe utilizar la cubeta de plomo pues se producen vapores tóxicos.

#### 4.5.3.- Grabado por sales de ácido fluorhídrico.

Según indicamos anteriormente los fluoruros neutros de sodio o de potasio no atacan al vidrio. El fluoruro neutro de amonio lo ataca muy poco, dándole un aspecto mate.

Por el contrario las sales ácidas concentradas, o bien las sales neutras, con una pequeña adición de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ), o de ácido fluorhídrico ( $\text{H}_2\text{F}_2$ ), atacan al vidrio de forma clara y profunda, de manera parecida a como lo hace el ácido fluorhídrico. Entre ellas, el fluoruro potásico ácido es el que ataca a la superficie del vidrio de forma más clara y transparente. Por el contrario, el fluoruro ácido de sodio ataca a la superficie del vidrio de forma más ruda.

El fluoruro ácido de amonio es el que más rápidamente ataca; produce en el vidrio un aspecto medio entre los resultados de las sales potásicas y sódicas.

#### 4.6.- TECNICAS DE GRABADO SOBRE VIDRIO.

La realización de incisiones grabadas al ácido sobre una plancha de vidrio requiere de unas técnicas especiales y precisas.

##### 4.6.1.- Pulido al ácido del relieve.

Es sabido que, hasta hace poco, el pulido del vidrio se venía haciendo con muelas de corcho o de madera, con ayuda de medios especiales como pastas, etc. Hoy día, con procedimientos químicos de baños ácidos, se consigue un pulido más rápido. No existe sin embargo una receta de carácter universal, como consecuencia de los distintos parámetros involucrados a los que nos referimos más adelante.

El único componente activo del baño es el ácido fluorhídrico. Pero el proceso de pulido del vidrio necesita, esencialmente, de la acción enérgica de una solución concentrada de ácido fluorhídrico y ácido sulfúrico. A los efectos primeros del ácido sulfúrico, enunciados anteriormente, hay que añadir que disuelve los productos de la reacción química que se forman sobre el vidrio por la acción del ácido fluorhídrico, de tal manera que aquel no adquiere un aspecto escarchado.

El ácido fluorhídrico con una adición de ácido sulfúrico o nítrico concentrado produce, por contacto sobre la superficie del vidrio, la aparición de burbujas de fluosilicato. Estas burbujas, dotadas de gran fuerza ascensional, atacan enérgicamente la superficie del vidrio produciendo un efecto de pulido perfecto. La calidad del pulido al ácido depende principalmente del tipo de vidrio, de la concentración y de la temperatura del baño.

El baño de pulido sobre un vidrio tallado mate ataca al tallado del vidrio más rápidamente en las aristas 1 y 2, que en la cavidad 3, dado que las burbujas son frenadas dentro del surco y evita su mordida en profundidad. ( Fig. 68 ).

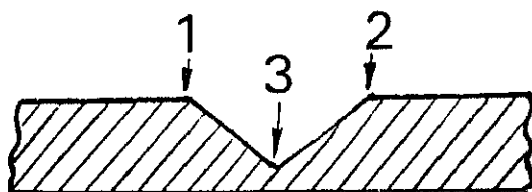


Fig. 68

Con esta técnica no existe una regla general en lo que se refiere a la composición del baño, siendo necesario basarse en la experimentación personal del baño. A pesar de ésto, se pueden enunciar las siguientes composiciones como referencia:

#### Composición A.

- 1 parte ( en volumen ) de agua.
- 2 partes ( en volumen ) de ácido sulfúrico concentrado.
- 2 partes ( en volumen ) de ácido fluorhídrico concentrado.

#### Composición B.

- 32 % ( en peso ) ácido fluorhídrico
  - 26 % ( en peso ) ácido sulfúrico
  - 5 % ( en peso ) ácido fluorsilícico .
  - 37 % ( en peso ) agua
- siendo la temperatura óptima de 32<sup>0</sup> C. ( 12 ).

A realizar siempre siguiendo este orden y vertiendo lentamente el ácido sobre el agua.

Franceschini para los vidrios de baja composición en plomo y para los sódico-cálcicos recomienda el empleo de baños más débiles: ( 13 ).

- 2 partes ( en volumen ) de agua
- 1 parte ( en volumen ) de ácido sulfúrico concentrado

- 1 parte ( en volumen ) de ácido fluorhídrico concentrado. ( Concentración que se encuentra en el comercio 70% y 75%).

La preparación del baño de pulido requiere un proceso especial y siguiendo siempre este orden. En un recipiente o cubeta se coloca el agua y sobre ésta, con precaución, se vierte el ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), en forma de un chorro muy sutil y con una agitación permanente hasta que el líquido esté en perfecta disolución.

La solución de agua y ácido sulfúrico adquiere temperaturas muy altas porque es una reacción exotérmica. El baño se deja enfriar hasta los  $30^{\circ}C$  ó  $40^{\circ}C$  y posteriormente, de forma muy lenta, se añade el ácido fluorhídrico. Si sumergimos el vidrio en esta solución y si al cabo de un período de tiempo comprendido entre 30 y 50 segundos no se ha obtenido el pulido, esto significa que el baño está demasiado frío o que la concentración es muy baja. Por el contrario, si el baño es demasiado fuerte el resultado será un aspecto de vidrio escarchado, no homogéneo, indicándonos la necesidad de bajar la temperatura o de disminuir la concentración añadiendo agua. Para diluir el baño, se toma un nuevo recipiente con agua donde seguidamente se vierte una parte del baño demasiado concentrado que se quiere diluir. Una vez mezclado, se

vierte de nuevo en la solución concentrada que se tenía en un principio.

Es necesario evitar una temperatura demasiado elevada, a fin de que no se volatilice mucho ácido fluorhídrico. A lo largo del mordido el ácido que más se consume es el ácido fluorhídrico, siendo mucho menor el gasto de ácido sulfúrico. Por esta razón es necesario reponer ácido fluorhídrico periódicamente para mantener el baño en condiciones de trabajo.

Dado el continuo y considerable desarrollo gaseoso producido, es necesaria una buena ventilación del ambiente donde se realiza el trabajo.

El pulido del vidrio, necesita un tratamiento previo, consistente en un lavado y un decapado, a base de un baño compuesto de: ( 14 )

- 100 partes ( en volumen ) de agua.
- 12 ( en volumen ) partes de ácido sulfúrico.
- 1 parte ( en volumen ) de ácido clorhídrico.

La inmersión del vidrio en el baño de pulido se ejecuta de forma repetida, normalmente de 3 a 4 veces,

siempre durante un tiempo comprendido entre 15 y 30 segundos. Aunque algunas veces, se efectúa de 8 a 10 veces, con un tiempo de inmersión de 5 segundos, metiéndose después de cada inmersión en un recipiente de agua caliente donde se enjuaga enérgicamente eliminando las sales depositadas en la superficie, y si es necesario se puede ayudar con un cepillo o brocha. Para terminar, se enjuaga el vidrio con abundante agua en un lugar donde no haya vapores de ácido fluorhídrico, y se seca con la ayuda de un secador de mano.

Los vidrios que no contienen plomo en su composición no alcanzan un pulido tan perfecto como los que sí lo contienen. Estos se pulen más rápidamente pero requieren un ácido más concentrado.

Cuando los resultados obtenidos no son óptimos y aparecen los siguiente efectos: a) Un efecto de "piel de naranja", es que el baño tiene mucho ácido fluorhídrico. b) Si obtenemos un efecto de " humo", es que el baño tiene mucho ácido sulfurico. c) Una superficie sin brillo, es la consecuencia de tener el baño poco ácido sulfurico.

En general, para utilizar este tipo de pulido se recomienda que la superficie del vidrio esté grabada o tallada, dado que si ésta fuese lisa podría tomar un aspecto tosco. Si la plancha ha sido grabada con punta de

diamante, para pulirla deberá pasar dos veces por el baño, la primera vez 40 segundos, y la segunda 30 segundos. Cuando el grabado se realiza con abrasivos como corindón o carborundun, se pasará una sola vez por el baño durante 45 segundos. ( 15 ).

#### 4.6.2.- Grabado claro y profundo.

La plancha de vidrio, antes de ser atacada, debe estar perfectamente limpia, eliminando la grasa y marca de los dedos con una solución de sosa, hidróxido sódico diluido en agua, o bien una solución de agua y ácido clorhídrico al 10 %.

Después de las experiencias realizadas en pequeñas planchas de vidrio, antes de llevar a cabo los grabados definitivos, hemos comprobado que un grabado es más claro y menos profundo cuanto más diluido esté el baño de ácido. Se graba más deprisa y en profundidad cuanto mayor sea la concentración de la solución. La temperatura del baño necesaria para este tipo de ataque se sitúa entre los 25°C y 30°C.

Para obtener sobre la superficie del vidrio una incisión clara y transparente, se prepara un baño de ácido con la siguiente fórmula:

- entre 5 y 10 partes ( en volumen ) de agua.
- 1 parte ( en volumen ) de ácido fluorhídrico.
- temperatura entre 25° y 30°.

Mientras que para una incisión profunda y un poco givré, el baño se prepara de la siguiente manera:

- 3 partes ( en volumen ) de agua.
- 1 parte ( en volumen ) de ácido fluorhídrico.

Este baño llega a descomponer la capa superficial del vidrio más o menos gruesa. ( 16 ).

Cuando en algunos lugares de la superficie de la plancha se produce el aspecto "escarchado", quiere decir que el baño está demasiado concentrado o la temperatura demasiado alta.

Para grabar sobre el vidrio con líneas finas, éstas se realizan dibujando con una punta de acero, rayando la cera o barniz de reserva que recubre la plancha de vidrio, atacándola por inmersión en el baño de ácido fluorhídrico, procedimiento semejante a la técnica del grabado calcográfico al aguafuerte.

Para retirar los productos de la reacción del vidrio, silicatos, el baño de ácido debe ser agitado o bien la matriz frotada con una brocha de vez en cuando.

También se ha experimentado el invertir la matriz grabada en el baño de ácido para que no se depositen los silicatos, pero su realización nos condicionaba a la colocación de unos soportes sobre el fondo de la cubeta donde apoyar la plancha, inutilizando espacio de la superficie de ésta. Existe además el inconveniente de que parte de los silicatos producidos en la reacción química, quedan adheridos a la superficie del vidrio, sin que se produzca su desprendimiento y posterior depósito en el fondo de la cubeta; ello puede evitar parcial o totalmente la continuidad del ataque del ácido.

Otro inconveniente de estar la plancha de vidrio en posición invertida es que las posibles burbujas, producidas como consecuencia del ataque del ácido, tampoco podrán desprenderse de la superficie del vidrio, lo que ocasionará un ataque no homogéneo de la superficie.

Para vidrios sódico-cálcicos se utiliza en el baño una adición de ácido sulfúrico que ayuda a disolver los silicatos depositados. Para vidrios al plomo se emplea el ácido nítrico, necesitándose en ambos casos que la temperatura del baño esté entre 25°C y 30°C.

Se puede efectuar también el grabado claro o profundo mediante el uso de una pasta ácida. Para este fin, se mezcla el ácido fluorhídrico con materias inertes respecto a él, como sulfato de bario, espato-flúor, harina y dextrina, formando una masa pastosa y espesa. Esta mezcla se efectúa sobre una plancha de ebonita o material plástico. Con esta pasta se dibuja sobre el vidrio con un pincel y se deja actuar durante una hora.

Para grabados más profundos mediante pasta ácida es conveniente la siguiente fórmula:

- De 1 a 5 partes ( en volumen ) de agua.
- 2 partes ( en volumen ) de ácido fluorhídrico concentrado.
- Adición de espesante (harina o dextrina).

Una fórmula más suave en su ataque sería:

- 1 parte ( en volumen ) de agua.
- 1 parte ( en volumen ) de ácido fluorhídrico.
- 1 parte ( en volumen ) de ácido sulfúrico.
- Adición de espesante ( harina o dextrina ).

La recuperación del baño de ácido, después de un uso prolongado, se hace mezclando tres partes de ácido

fluorhídrico y una parte de ácido sulfúrico que se añade en la cantidad deseada al baño. ( 17 ).

También se ha experimentado, para regenerar el baño, el utilizar 4 ó 5 partes ( en volumen ) de agua con 1 parte de ácido fluorhídrico y 1 parte de ácido sulfúrico o nítrico con resultados satisfactorios.

#### 4.6.3.- Grabado al mateado.

Para obtener una superficie mateada en la superficie de la matriz de vidrio semejante al aguainta en el grabado calcográfico, se requiere una técnica y fórmula especial a base de fluoruros. ( 18 ). Este baño para mateado está compuesto de:

- 10 partes ( en volumen ) de agua.
- 1 ó 2 partes ( en volumen ) de sales. ( fluoruro ácido de sódio ).

Si se quiere obtener un aspecto mate muy fuerte, es preciso reforzar la reacción con la adición de otras pequeñas cantidades de sales, como sulfato potásico, cloruro de zinc, etc.

Una de las condiciones fundamentales que deben reunir los baños para el mateado es la perfecta disolución de las sales que los componen. Con este fin, una vez realizada la disolución, se deja reposar la misma durante un período de 12 a 14 horas, con el fin de que se depositen los posibles residuos, quedando la disolución en condiciones de utilización.

Una composición válida según R. Holbaum, que da como resultado en la superficie del vidrio un aspecto mateado regular, es la siguiente:

- 100 partes ( en volumen ) de agua.
- 10 partes ( en volumen ) de sal ácida de fluoruro potásico ( $\text{KHF}_2$ ).
- 1 parte ( en volumen ) de ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ )
- Una temperatura situada entre  $40^\circ\text{C}$  y  $50^\circ\text{C}$ .

Otra fórmula del baño que se caracteriza por trabajar a muy alta velocidad y a temperatura ambiente es la siguiente:

- 5 partes ( en volumen ) de agua.
- 5 partes ( en volumen ) de fluoruro de amonio neutro.
- 2 partes ( en volumen ) de ácido fluorhídrico.

Además de estos baños, anteriormente indicados, existen otras alternativas formadas por dos soluciones que dan buenos resultados; un ejemplo de ellas es la siguiente: ( 19 ).

Solución (a)

- Agua destilada ..... 500 c.c.
- Fluoruro de sodio ..... 36 grs.
- Sulfato potásico ..... 7 grs.

Solución (b)

- Agua destilada ..... 500 c.c.
- Cloruro de zinc ..... 14 grs.
- Acido clorhídrico comercial ..... 65 c.c.

Estas dos soluciones deben guardarse por separado en frascos, y sólo deben mezclarse en partes iguales en el momento de utilizarlas para el grabado, en cubetas de plástico, P.V.C., etc..

Otra disolución para el baño de mateado puede prepararse de la forma siguiente:

- Agua destilada ..... 1000 c.c.
- Fluoruro de amonio ..... 140 grs.
- Oxido de zinc ..... 50 grs.
- Barita en polvo ..... 100 grs.

No todos los vidrios son susceptibles de ser mateados con el mismo baño. Cuando se tropieza con algún vidrio reacio a alguna de las fórmulas propuestas, deberá recurrirse a una solución compuesta de fluoruro amonio, cloruro de zinc y ácido sulfúrico, realizando pruebas previas para buscar la disolución más apropiada.

Cuando en el proceso de mateado aparecen manchas con aspecto de nubes, esto es debido a un prelavado insuficiente de la superficie del vidrio. Si aparecen estrías, arrugas o rayas, se debe a un baño insuficientemente homogeneizado y no reposado.

También se puede matear el vidrio, utilizando pastas obtenidas mediante la adición de espesantes.

Una fórmula de pasta, puede prepararse de la forma siguiente:

- Agua ..... 60 c.c.
- Acido sulfúrico comercial ..... 40 c.c.
- Fluoruro amónico ..... 140 grs.
- Barita en polvo .( espesante )... 100 grs.

Se mezclan en primer lugar los tres primeros elementos y luego se añade la barita, hasta formar con ellos una

papilla, que con un pincel de amianto o con una pluma de ganso se aplicará en las superficies que se deseen grabar. Tiempo de acción entre 5 y 15 minutos, según valores del mateado.

Jonathan Matcham y Peter Dreiser aconsejan utilizar la fórmula siguiente:

- Fluoruro ácido de amonio ..... 2 kg. en peso.
- Azúcar ..... 2 kg. en peso.
- Sulfato de bario ..... 250 gr. en peso.
- Agua destilada ..... 2251 gr. en peso.

En la actualidad, fórmulas para el mateado, se pueden adquirir ya preparadas en el comercio.

Otro método de matear el vidrio es mediante el empleo del mordiente aplicado con pincel; en este caso se emplea una solución saturada muy similar a la anterior compuesta de fluoruro ácido de amonio y una adición de sulfato de bario en polvo, que actúa como espesante, añadiendo una gotas de glicerina que impiden la dispersión sobre el vidrio. Si se trata de obtener un grabado profundo se añade ácido fluorhídrico a razón de un 25% del volumen.

Es posible grabar el vidrio mediante la utilización de tampones; para ello se utiliza la misma solución indicada

en el párrafo anterior, que es extendida sobre un fieltro de impresión, sujeto a una placa de materia plástica o ebonita forradas de franela o tela de caucho.

La aplicación del timbrado se realiza mediante tampón de caucho, siendo suficiente, para una buena impresión, que el tiempo de actuación sobre el vidrio oscile entre 1 ó 2 minutos. ( 20 ).

#### 4.7.- SEGURIDAD EN EL TRABAJO.

Todos los ácidos fuertes, entre los que se encuentran el sulfúrico, el nítrico y el clorhídico, empleados en este trabajo, son muy tóxicos y peligrosos, por lo tanto se deben extremar las precauciones, pues destruyen los tejidos por su acción química directa cuando obran a concentración suficiente. Actúan también por ingestión e inhalación de sus vapores, resultando por ello muy nocivos.

El ácido fluorhídrico, que es débil, es decir poco disociado, causa sin embargo graves agresiones sobre la piel y los órganos respiratorios. Igualmente produce inflamaciones dolorosas tanto en estado líquido como en pasta y como vapor.

Particularmente desagradables y dolorosas son las quemaduras bajo las uñas. Si el ácido fluorhídrico se pone en contacto con la piel, es preciso lavar inmediatamente con agua y aplicar una crema de carbonato de magnesio o glicerina. Para las quemaduras de la piel produce también buenos resultados lavar inmediatamente con una disolución de agua con bicarbonato sódico, que se debe tener preparada en una cubeta al lado del baño; y ponerse después aceite con una disolución de hidróxido cálcico, añadiéndoles lysol.

Se debe utilizar siempre guantes altos de caucho, zapatos con suela de caucho y mascarilla de protección de gases.

El lugar de trabajo debe estar bien aireado, lo cual se puede garantizar mediante un ventilador, y sobre todo es importante la existencia de una campana extractora para la aspiración de gases a la altura de la cubeta de ataque, e impedir de este modo que la persona que trabaja aspire los vapores insalubres.

Debe recordarse también:

a) El calentamiento de los baños se puede efectuar por vapor de tubos de plomo o mediante elementos calefactores eléctricos alojados en tubos de plomo. La medida de la

temperatura se efectúa por medio de termómetros metálicos de tubo de plomo.

b) Es preciso tener en cuenta que el plomo resiste el ataque de los ácidos fluorhídrico y sulfúrico, pero bajo ningún concepto el del ácido nítrico.

c) Para la preparación de los baños, es necesario verter el ácido en el agua, nunca a la inversa, pues se produce una reacción muy violenta; o bien se realiza mediante el uso de sifones de plomo y aire comprimido, que lo succionan del recipiente original.

d) Los recipientes que contienen ácido fluorhídrico deben guardarse en lugares fríos y bien ventilados. Los contenedores son atacados más por los vapores que por el líquido. Por esta razón, los recipientes deben de estar siempre totalmente llenos o vacíos con el fin de evitar los vapores.

NOTAS BIBLIOGRAFICAS . -

1. HAGY, E. Handbook of Glass Technology. Books for the Industry. N. Y. p. 949.
2. FERNANDEZ NAVARRO, J. M<sup>º</sup>. El vidrio. C.S.I.C., p. 591.
3. Ibidem. p.592.
4. ORGAZ, F. Y JIMENEZ, I. Bol. Sdad. Española de Cerámica y Vidrio. Vol. 21, Nº3.
5. Diccionario Enciclopédico Espasa Calpe. Edit 1929. Vol.68, p. 827.
6. ORGAZ, F. Y JIMENEZ, I. El proceso de mateado del vidrio. Instituto de Cerámica y Vidrio. (Separata ) p.164.
7. GARCIA MARTIN, M. Vidrieras de un jardín de vidrios. Ed. Catalana de Gas y Electricidad S.A. pp. 78-79.
8. PALNE KÖNIG, P. Gravure du verre et polissage du verre a l'acide. Skalar - Keramik 1965. Checoslovaquia. pp. 218-221.
9. FRANCESCHINI, F. L'Incisione all'acido. " Vetro e Silicati". Nº 80. 1970.
10. BALDRICH, J. Trabajo del vidrio. Ed. Sintes. pp.57 - 59.
11. ORGAZ, F. Y JIMENEZ, I., ( Separata ). Op. Cit. p.166.
12. LOPEZ GARCIA, C. Fundación Centro Nacional del Vidrio. ( Separata ).
13. FRANCESCHINI, F. Op. Cit.
14. Ibidem.
15. LOPEZ GARCIA, C. Op. Cit.
16. PALNE - KÖNIG, P. Op. Cit. pp. 218 - 221.
17. Ibidem.
18. FRANCESCHINI, F. Op. Cit..
19. BALDRICH, J. Op. Cit. pp. 57 - 59.
20. PALNE - KÖNIG, P. Op. Cit.. pp. 218 - 221.

CAPITULO 5

EXPERIMENTACION PRACTICA Y SISTEMATICA DEL GRABADO EN LA  
CREACION Y ELABORACION DE PLANCHAS MATRIZ

## CAPITULO 5

### EXPERIMENTACION PRACTICA Y SISTEMATICA DEL GRABADO EN LA CREACION Y ELABORACION DE PLANCHAS MATRIZ.

Antes de llevar a cabo la fase práctica de esta tesis, se procedió como paso previo, a experimentar distintos tipos de ataques (ácido, tinta ácida, etc.) a pequeñas planchas de vidrio de 10x10 cms., con el fin de llevar a cabo una primera toma de contacto con los resultados de los diversos procedimientos que se utilizarían en la tesis.

Una vez realizadas las distintas experiencias, se llevó a cabo un estudio microscópico de las planchas previamente tratadas, cuyos interesantes resultados fotográficos se reproducen a continuación. Esto nos permite dar una idea, del efecto que sobre el vidrio han tenido las distintas actuaciones del ácido.

5.1.- SEGUIMIENTO MICROSCOPICO DE DIVERSOS METODOS DE ATAQUE SOBRE PLANCHAS DE VIDRIO

Nº1. Estudio microscópico de plancha de vidrio grabada con incisión lineal sobre barniz reserva, y posterior ataque corrosivo en un baño de disolución de ácido fluorhídrico al 20% durante 20 minutos (Fig. 69-A) y 30 minutos (Fig. 69-B). Temperatura de 18<sup>0</sup>C.

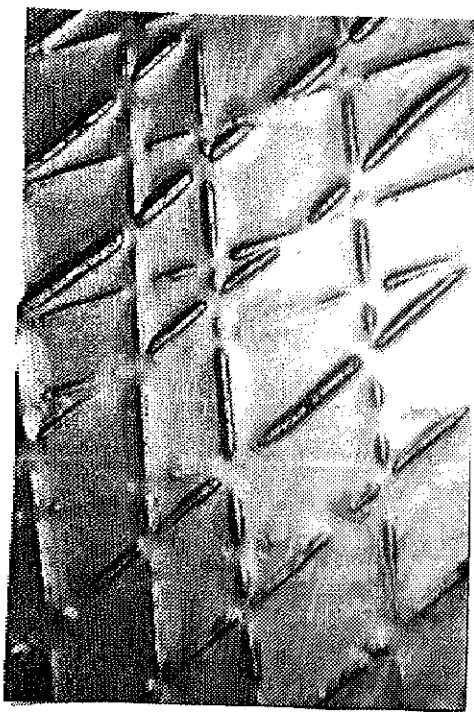


Fig. 69-A. Incisión lineal sobre barniz.

9 aumentos.

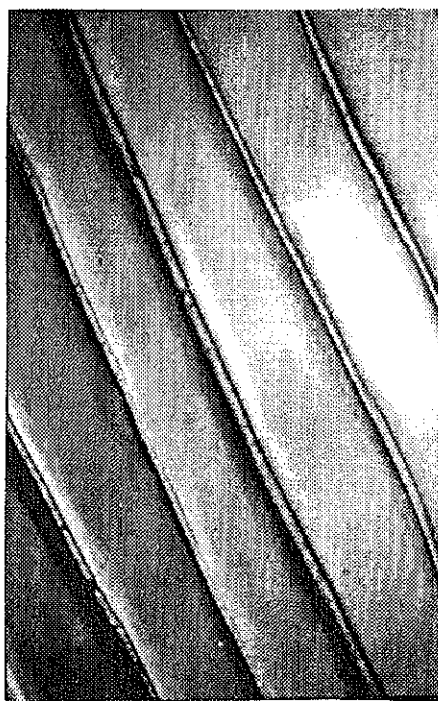


Fig. 69-B. Incisión lineal simple. 9 aumentos.



Nº2. Estudio microscópico de planchas grabada por incisión (lineal simple y cruzado), efectuada con aguja sobre un barniz reserva y con un posterior ataque por corrosión en un baño de ácido fluorhídrico al 25%, durante 1 hora a temperatura de 18°C. Se observa que durante este tiempo el barniz reserva comienza a saltar abriendo poros en la superficie. ( Fig. 70 A-B ).

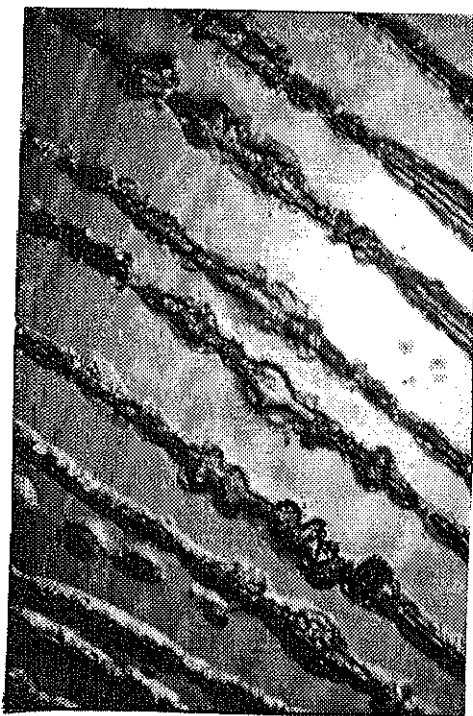


Fig.70-A. 9 aumentos. Incisión lineal simple.

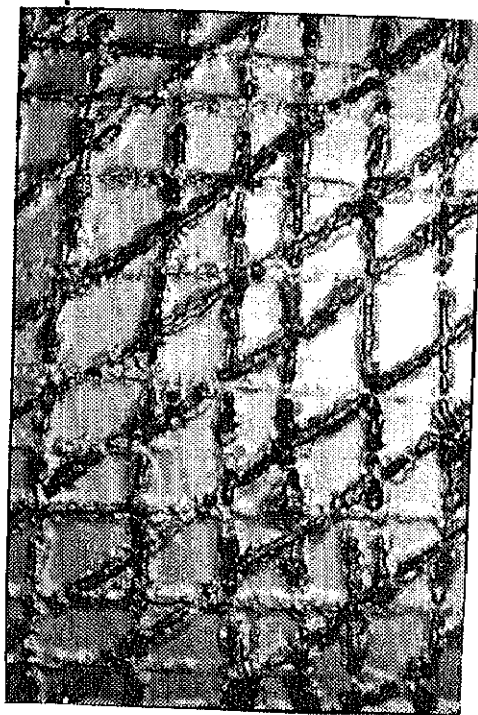


Fig.70-B. 9 aumentos. Incisión lineal cruzada.

Nº3. Estudio microscópico de grabado en relieve. Técnica aditiva de craquelé. Temperatura de la mufla 100°C. ( Fig. 71 ).

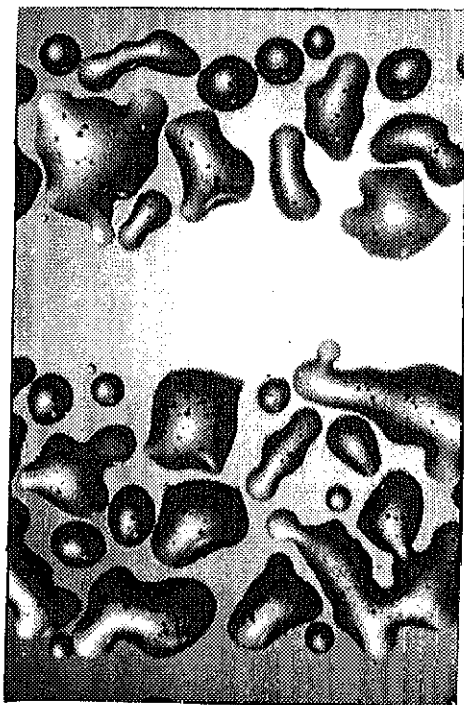


Fig. 71. Técnica de craquelé. 9 aumentos.

Nº4. Estudio microscópico de plancha grabada con técnica mixta: ( Fig. 72 ).

1º Técnica craquelé.

2º Baño de ácido fluorhídrico al 20% durante 30 minutos a temperatura de 18°C.



Fig. 72. Técnica mixta. 9 aumentos.

Nº5. Estudio microscópico de plancha grabada con técnica mixta: ( Fig. 73 )

1º Técnica aditiva craquelé.

2º Decapado.

3º Baño de ácido fluorhídrico al 20%

durante 45 minutos a temperatura de 18°C.

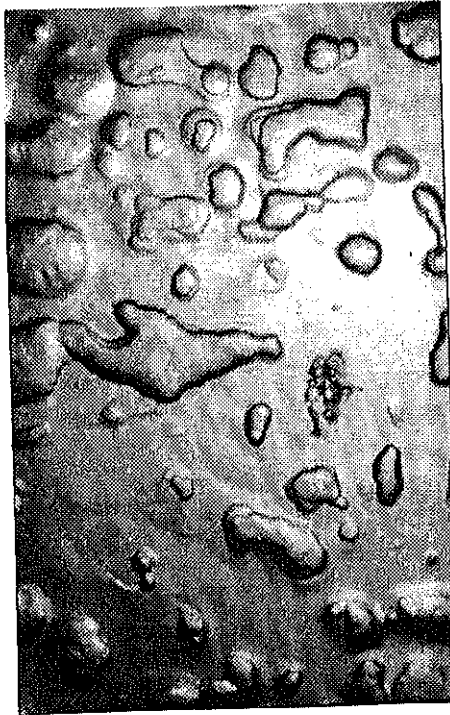


Fig. 73. Técnica mixta. 9 aumentos.

Nº6. Estudio microscópico de plancha de vidrio, graneada por chorro de arena (mezcla de bolas de corindón de 120 y 80 a partes iguales), durante 1 minuto. ( Fig. 74 A - B ).

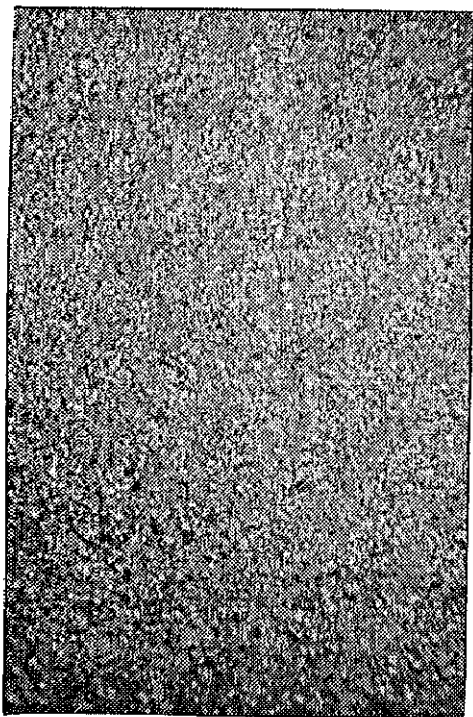


Fig. 74-A. Chorro de arena.

9 aumentos.

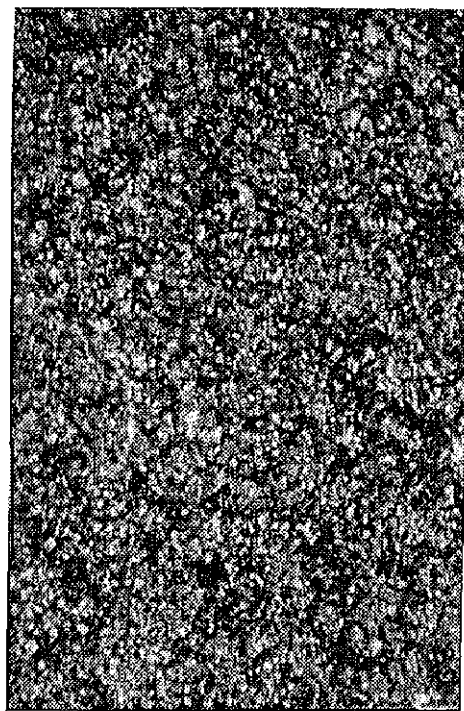


Fig. 74-B. Chorro de arena.

18 aumentos.

Nº7. Estudio microscópico de plancha de vidrio con técnica mixta: ( Fig. 75 A - B )

1º Graneado por chorro de arena durante 5 minutos (mezcla de bolas de corindón de 120 y 80 a partes iguales).

2º Posterior ataque con ácido fluorhídrico al 20% durante un tiempo de 15 minutos a 18°C.

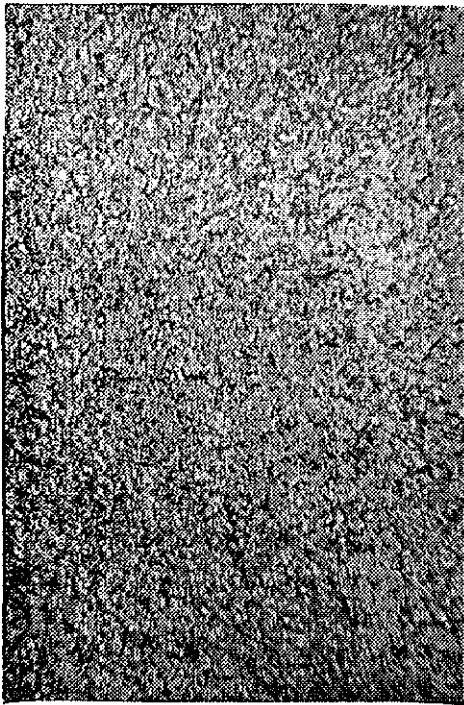


Fig.75-A. Doble ataque.

9 aumentos.

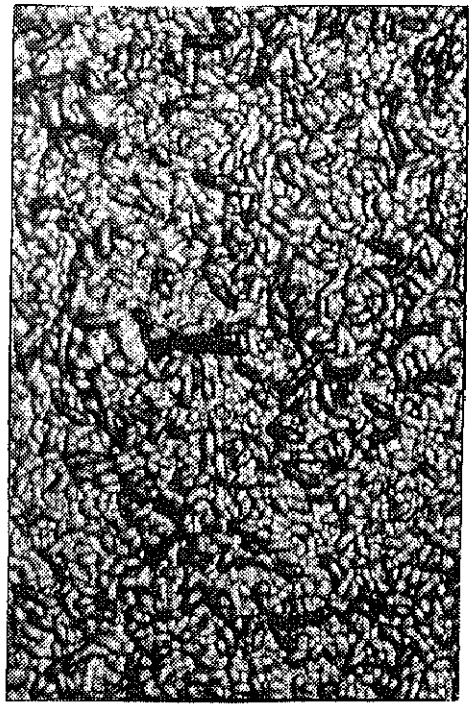


Fig.75-B. Doble ataque.

18 aumentos.

Nº8. Estudio microscópico de plancha de vidrio con técnica mixta: ( Fig. 76 A - B )

1º Graneado por chorro de arena durante 10 minutos ( mezcla de bolas de corindón de 120 y 80 a partes iguales).

2º Posterior ataque con ácido fluorhídrico al 20% durante un tiempo de 50 minutos a 18° C.

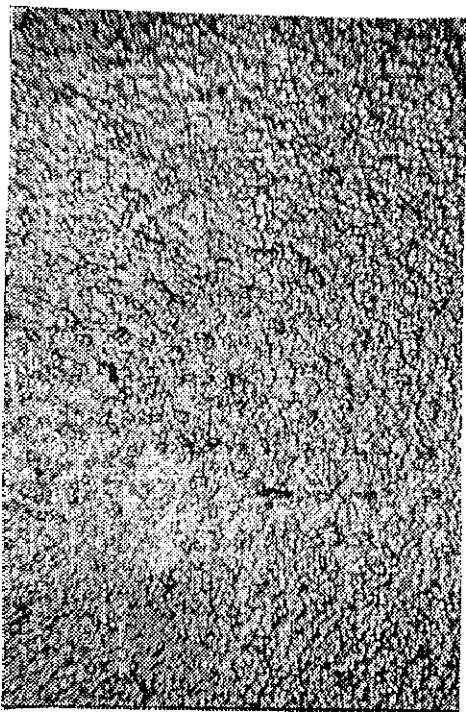


Fig.76-A. Doble ataque.

9 aumentos

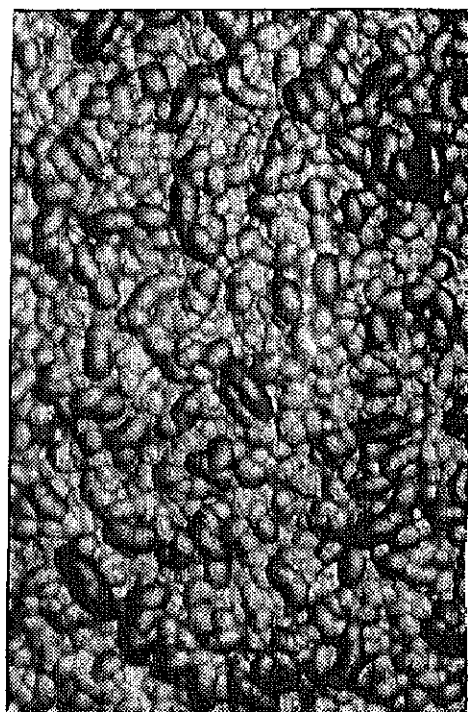


Fig.76-B. Doble ataque.

36 aumentos

Nº9. Estudio microscópico de plancha de vidrio con ataque de mateado durante 1 minuto a 18° C. ( Fig. 77 A - B )

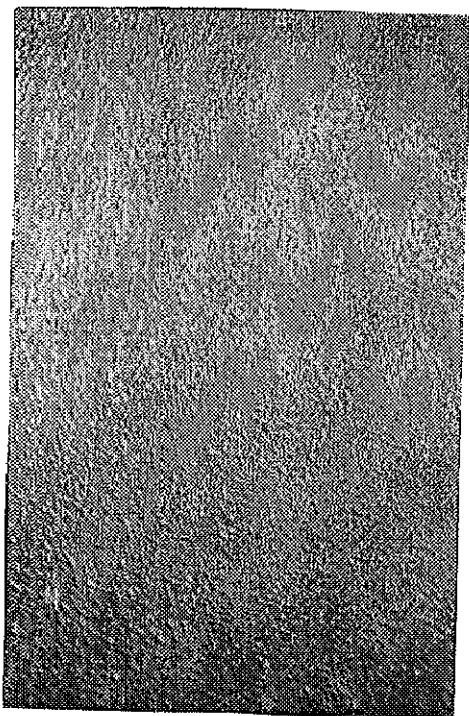


Fig.77-A. Plancha mateada.

9 aumentos.

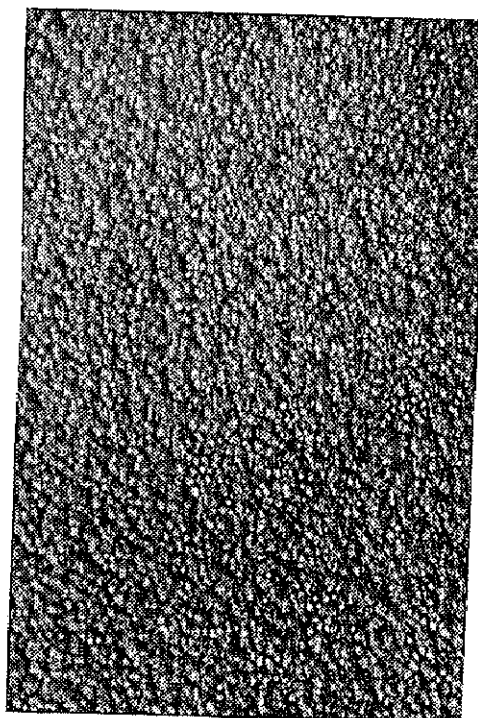


Fig.77-B. Plancha mateada.

18 aumentos.

Nº10. Estudio microscópico de plancha de vidrio grabada por mateado durante 1 minuto y un posterior ataque con baño de ácido fluorhídrico al 20% durante 15 minutos a 18°C. ( Fig. 78 A - B ).

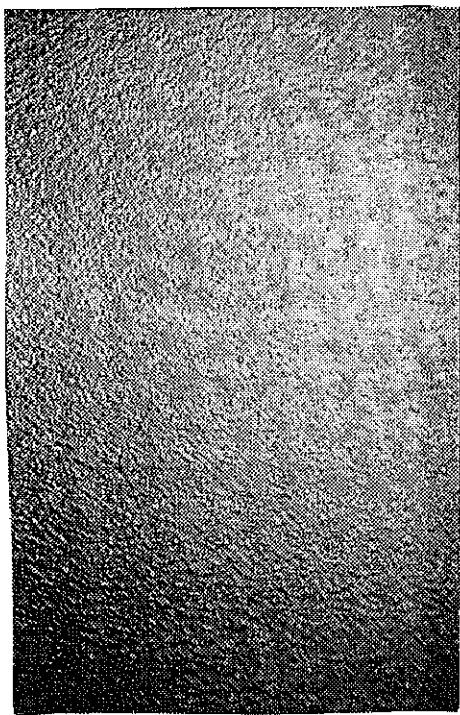


Fig.78-A. Doble ataque.

5 aumentos.

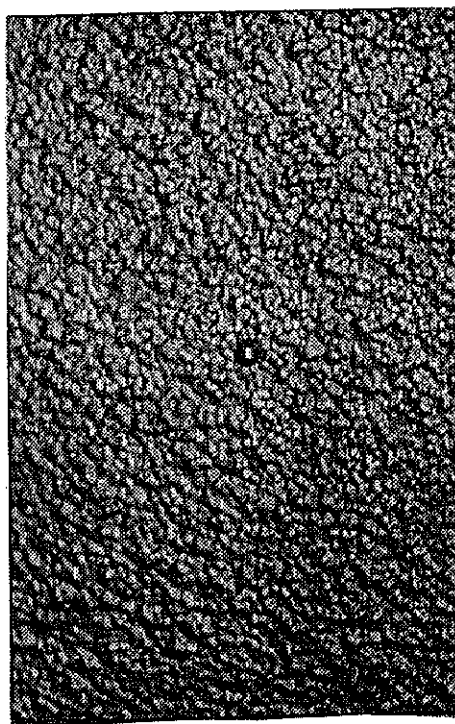


Fig.78-B. Doble ataque.

10 aumentos.

Nº11. Estudio microscópico de plancha de vidrio grabada por mateado durante 2 minutos y un posterior ataque con baño de ácido fluorhídrico al 20% durante 55 minutos a 18° C. ( Fig. 79 A - B ).

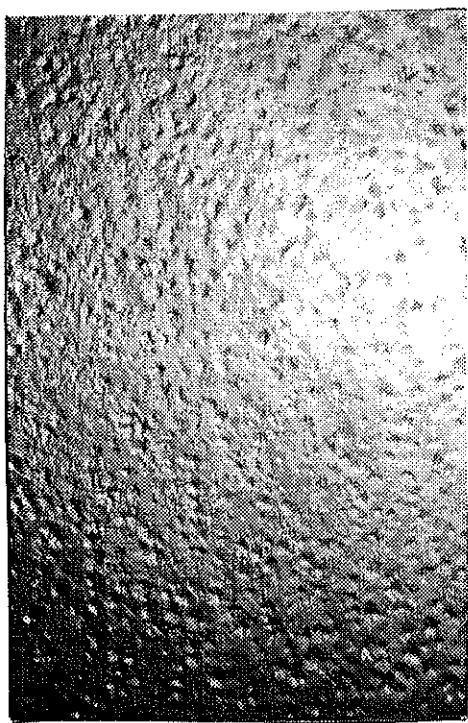


Fig.79-A. Doble ataque.

9 aumentos.



Fig.79-B. Doble ataque.

36 aumentos.

Nº12. Estudio microscópico de la superficie del vidrio en un proceso de ataque de semimateado. ( Fig. 80 A -B)

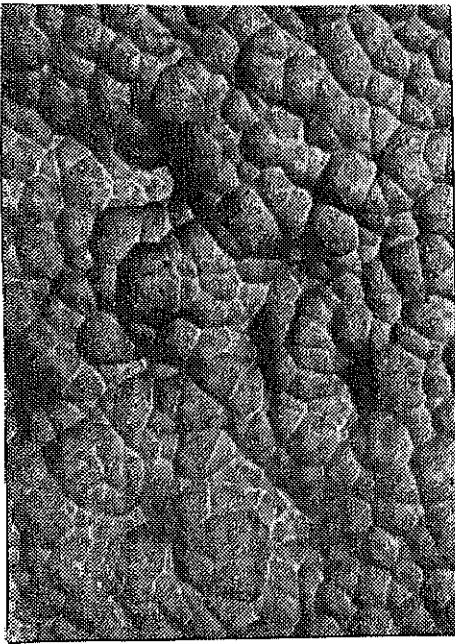


Fig.80-A. Microfotografía

36 aumentos

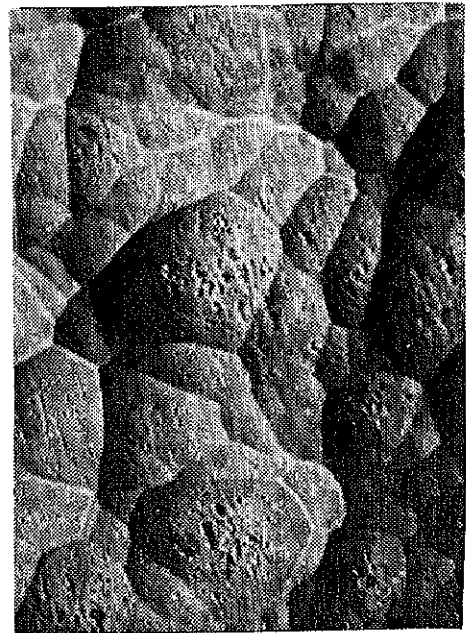


Fig.80-B. Microfotografía

45 aumentos.

## 5.2. CREACION DE PLANCHAS MATRIZ.

La función de una matriz de grabado es retener la tinta en sus oquedades, que traspasada al papel constituye la estampa.

La matriz de vidrio ofrece unas posibilidades que satisfacen en una buena estampación. Sus características son las siguientes:

19. Ser uniforme y resistente para soportar la presión ejercida por la prensa. Su resistencia a la compresión es de 250 kgs./ mm<sup>2</sup>.
29. No ser porosa. La plancha de vidrio es menos porosa que la de metal.
39. Superficie plana, que admite la incisión mecánica y el ataque ácido sin romperse.
49. Se puede obtener en distintos grosores, siendo considerado como valores idóneos los comprendidos entre 4 y 8 mms. Un grosor excesivo puede presentar problemas en la estampación, así como un mayor riesgo de rotura.

El grabado sobre vidrio al igual que otros procedimientos de grabado, necesita de unos procesos comunes, convenientes y necesarios tales como: pulido de los cantos, desengrasado de la plancha, limpieza de la misma, etc..

También conviene equiparse de unos útiles, materiales y herramientas, que cualquier grabador de vidrio, utiliza en la elaboración de un trabajo, ya sea en hueco o en relieve. En consecuencia es importante disponer de diferentes puntas de diamante, torno eléctrico, ruedas, muelas, fresas, cabina de chorro de arena y cabina de extracción de gases para los baños de ácido y medios de manipulación de estos últimos.

No hay que olvidar que es interesante simultanear procedimientos mecánicos con métodos de ataques ácidos, desde el punto de vista expresivo, estético o puramente técnico. En definitiva se trata de integrar técnicas tradicionales del grabado, con la innovativa de crear matrices de vidrio para la estampación.

En la preparación de las planchas existen una serie de acciones comunes que pasamos a enumerar:

A). Canteado. Para evitar las aristas vivas que podrían presentar problemas en la estampación, así como la

presencia de microfisuras que pueden dar origen a la fractura de la plancha al ser sometida a la presión, es necesario el pulir o biselar los cantos de la plancha mecánicamente con cinta de hierro revestida de carborundum, ( Fig.81 ). frotando fuertemente contra ella los cantos, refrigerando la zona de abrasión mediante agua. También se puede realizar esta operación mediante máquinas automáticas ( Fig. 82 ).

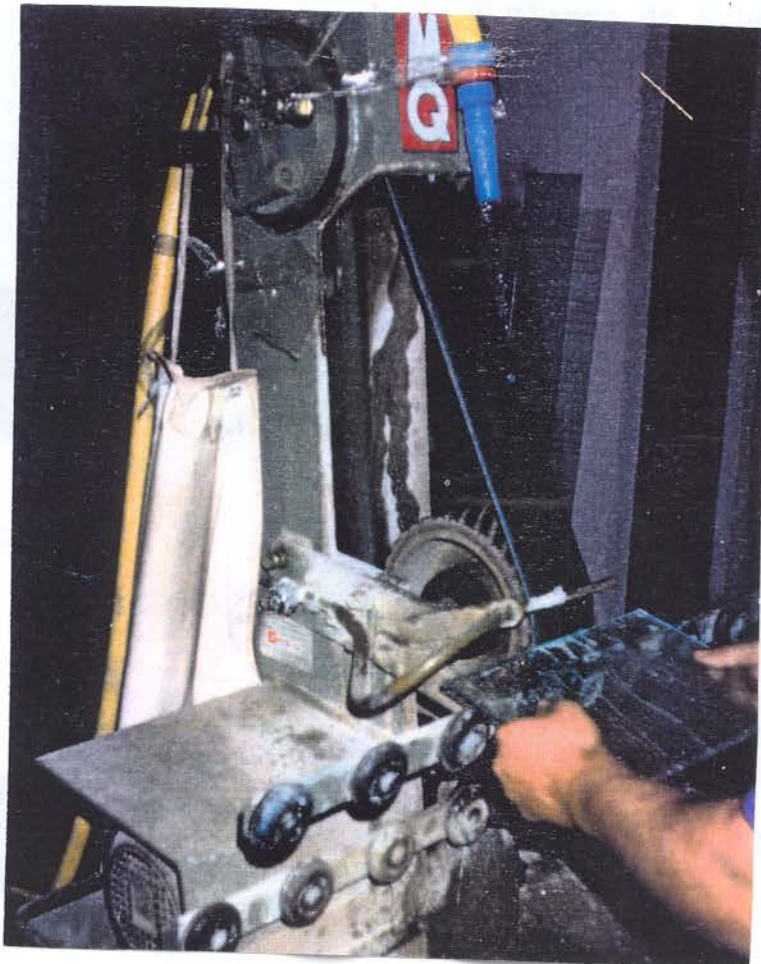


Fig. 81. Canteado manual de una plancha de vidrio.

B). Desengrasado. Las planchas de vidrio no son absorbentes, pero si se engrasan con facilidad. Con el fin de limpiar la superficie, se utilizará, según los casos, un desengrasante comercial tipo Calgonit, o bien una mezcla compuesta de alcohol ( dos partes ), y amoníaco ( una parte), que actúa en igual sentido. También puede liberarse de la grasa mediante una solución compuesta por una parte de ácido clorhídrico y nueve partes de agua, aclarando a continuación. Otra solución que se utiliza generalmente en el grabado calcográfico y del que se obtienen buenos resultados, es frotar la plancha con Blanco de España, agua y vinagre.



Fig. 82. Canteado de una plancha de vidrio mediante máquina automática.

C). Barnizado. Dado que la mayor parte de los grabados mediante ataques ácidos necesitan de un barniz reserva resistente al ácido fluorhídrico y a sus sales, y habiendo comprobado que los barnices comerciales utilizados en grabado al aguafuerte no son muy duraderos, consideramos como el más idóneo el formado por una mezcla de betún de Judea, trementina de Venecia, aguarrás vegetal, cera de abeja y sebo fundido, cuya preparación se indica en otro capítulo de esta investigación. La eliminación de los barnices se lleva a cabo mediante disolvente nitro. ( Fig.



Fig. 83. Aplicación del barniz a la matriz de vidrio.

D). Proteccion. Como norma general a lo largo de todo este trabajo, se utilizaron como seguridad, mascarilla antigas, guantes de caucho y gafas protectoras.

### 5.2.1. Elaboración de las planchas matriz.

#### FICHA Nº1. Plancha matriz grabada con punta de diamante.

- TECNICA EMPLEADA: Punta de diamante.
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-Cálcico, tipo Cool-Lite. (Vidrio reflectante como consecuencia de la deposición de una capa de óxido metálico en una de sus superficies).
- FORMATO: DIN A 4 (6 mm de espesor).
- UTILLAJE: Puntas de diamante montadas sobre lápiz metálico.
- TITULO: "Hexágono". ( Fig. 84 ).
- REALIZACION: Esta técnica es semejante a la utilizada en el procedimiento de la punta seca del grabado sobre metal, consiste en hacer incisiones directas en la superficie vítrea por la acción de la punta de diamante montada sobre un lápiz metálico.

Para llevar a cabo este trabajo, se colocó la plancha de vidrio sobre un fondo oscuro, con el fin de resaltar los trazos que posteriormente se van a realizar sobre la superficie de la misma.

Se aprovechó el tratamiento de una de las superficies con óxido metálico para efectuar el trabajo sobre ella, con lo que la punta de diamante, al arañar la superficie del vidrio arranca el óxido, dando así una mayor nitidez al trazo, al ser observado a contraluz.

Con el fin de eliminar el polvo de sílice que se desprendía al arañar la superficie del vidrio con la punta de diamante, polvo que podría llegar a interferir en la realización del grabado, se limpia periódicamente la superficie de la plancha con un paño húmedo. El polvo desprendido exige la utilización de mascarilla, su inhalación puede llegar a producir la " Silicosis". ( Neumocosis causada por la deposición de polvos de sílice en el sistema respiratorio. ).

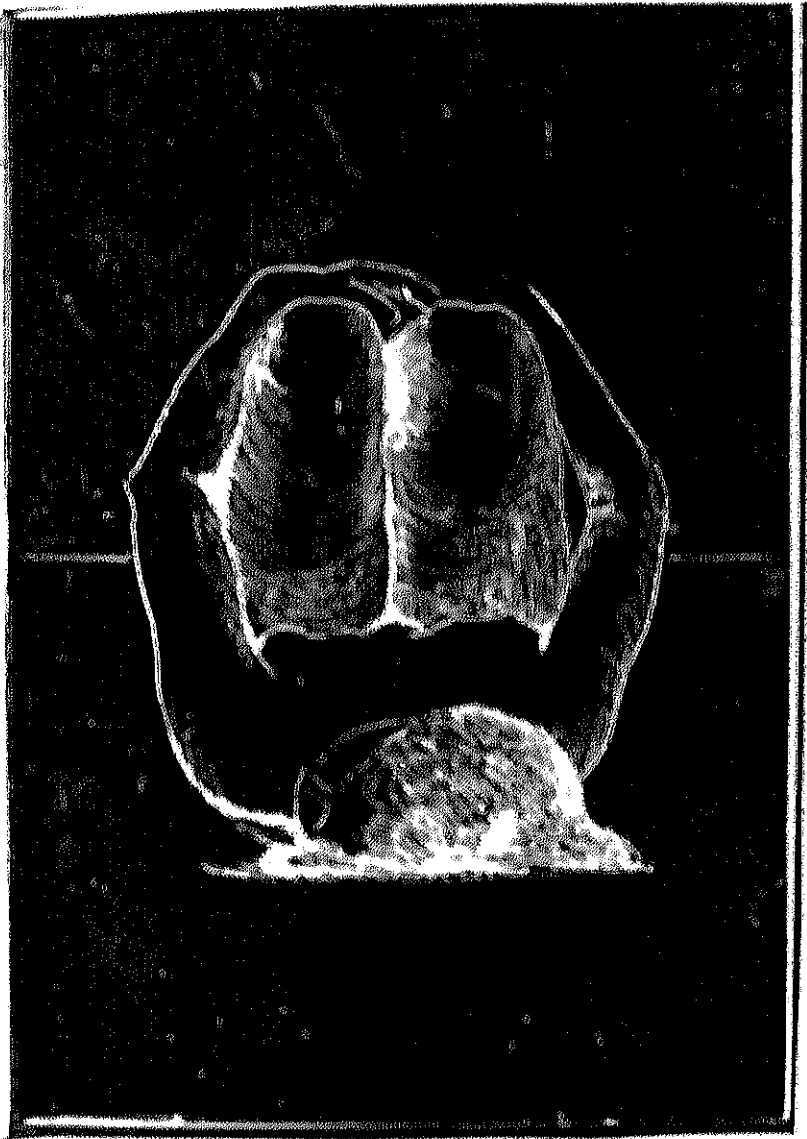


FIG 31 'Mettipon' Plancha de vidrio grabada con punta de diamante

FICHA N92. Plancha matriz grabada a la rueda.

- TECNICA EMPLEADA: En una primera fase se utilizó la rueda y a continuación el torno eléctrico de alta revolución. Este grabado fue realizado en los tornos de la Real Fábrica de Cristales de La Granja.

- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-Cálcico.

- FORMATO: DIN A 4 (6 mm de espesor)

- UTILES: Muelas (corindón y zirconio), rueda de corcho y fresas de diamante artificial de distintas formas.

- TITULO: "Familia". ( Fig. 85 ).

- REALIZACION: Una vez desengrasada la superficie, se trazó sobre ella con una caña en forma de estilete, el dibujo que se iba a realizar. En este proceso se utilizó como vehículo una lechada de Blanco de España que había sido previamente preparada.

Se trabaja con la plancha al contraluz, con el fin de visualizar mejor la dirección y profundidad de las incisiones. El dibujo se observa a través de la parte posterior de la plancha. Este procedimiento es conocido con el nombre de "intaglio".

A continuación, asiendo fuertemente con ambas manos la plancha de vidrio, para evitar su posible desplazamiento por el efecto del contacto con la muela en rotación, se aproxima la plancha a ésta y se empieza a atacar mecánicamente la superficie del vidrio, siguiendo la zona de contacto las líneas dibujadas previamente con Blanco de España. En todo momento, el desplazamiento y movimiento de la plancha y la presión ejercida por ésta sobre la rueda es lo que engendra el trazado, pero la dureza del vidrio impide ciertos gestos en curva. La maestría del artista, es relevante en esta técnica, que se aprecia por la continuidad aparente de un trazo, resultante de una discontinuidad real. Se debe de ir cambiando constantemente el ángulo de la plancha respecto a la muela con el movimiento de las manos y la presión de éstas. Mientras, el agua actúa como elemento refrigerante. Al finalizar esta operación, se procede a un pulido mediante rueda de corcho.

La siguiente parte del trabajo se llevo a cabo mediante pequeñas fresas montadas sobre el torno eléctrico, y con ellas se procedió a seguir las líneas del dibujo trazado anteriormente; para conseguir los distintos efectos de textura trabajamos con fresas de diversas formas. Durante el trabajo es necesario pasar un paño húmedo sobre la superficie del vidrio, con el fin de retirar el polvo de silíce producido como consecuencia de la abrasión.



- Matriz reversa -

Fig. 85. "La familia". Plancha matriz de vidrio grabada a la rueda.

FICHA N93. Plancha matriz grabada mediante ataques ácidos y mecánicos.

- TECNICA EMPLEADA: Acido fluorhídrico y torno eléctrico de altas revoluciones.

- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico.

- FORMATO: DIN A 4 (6mm. de espesor).

- UTILLAJE: - Cubeta para ácidos de P.V.C.

- Cabina con campana extractora de gases.

- Puntas de acero.

- Acido fluorhídrico.

- Barniz reserva.

- Torno eléctrico y muelas.

- TITULO: "CABEZA DE MUJER" ( Fig. 86 ).

- REALIZACION: Las operaciones realizadas por orden cronológico fueron las siguientes:

- Canteado.

- Desengrasado.

- Barnizado. Se cubre con un barniz diluído con esencia de trementina mediante pincel suave. Es

necesario un tiempo de secado superior a cuatro horas, aunque puede forzarse su secado

- Dibuñado: Una vez situada la plancha sobre una mesa de luz, se traza con aguja de arero el dibujo a base de líneas, levantando el barniz



Fig. II. 'Cabeza de mujer' Plancha grabada con técnica estáta precedidamente química y termo eléctrica.

- Reserva: Se cubre la cara posterior de la plancha como protección, sin dejar burbujas de aire que podrían ser origen de filtración de ácido durante el proceso de ataque

- Ataque por ácidos: La plancha de vidrio se sumerge en una cubeta que contiene un baño formado por:

- 4 partes en volumen de agua.
- 1 parte en volumen de ácido fluorhídrico concentrado al 75%.

La cubeta se sitúa debajo de una campana extractora de gases. La duración del baño es de 30 min. y la temperatura media de 18°C.

- Comportamiento del barniz: El barniz utilizado para reserva ha durado todo el tiempo de ataque, pero se han desprendido algunas láminas de pequeñas dimensiones al intentar agitar el baño, quedando esparcidas en éste. Al retirar la plancha del baño, y aclarar con abundante agua, el barniz restante se desprendía simplemente con el contacto del agua, por lo tanto fue necesario buscar una alternativa.

- Limpieza. Una vez efectuada, el resultado es un grabado transparente y brillante, debido, a que el mismo ácido disuelve los fluosilicatos formados por la acción de éste sobre el vidrio, pues de lo contrario producirían opacidad en la superficie.

- Ataque mecánico: Se continúa trabajando el fondo de la plancha, mediante una muela esférica de corindón colocada en la pieza de mano del motor eléctrico.

-Mateado: Buscando otros logros estéticos se cubre de nuevo en la plancha con el mismo tipo de barniz, las zonas que no queremos que sean atacadas, tapando la cara posterior con cinta adhesiva o barniz. Se somete a un nuevo baño preparado con fórmula comercial para mateado, que contiene una solución de ácido fluorhídrico y algunas sales alcalinas de sodio (Na); se deja macerar el baño un tiempo de 24 horas.

Al sumergir la plancha en esta solución preparada, se forman los fluosilicatos, que se adhieren al vidrio produciendo su deslustrado u opacidad. La duración aproximada es de dos minutos, moviendo la plancha dentro del baño continuamente. Una vez efectuado el ataque se enjuaga la plancha en abundante agua lo más rápidamente posible.

- RESULTADO. Se obtiene un mateado uniforme. La calidad obtenida se asemeja a una resina fina en el grabado calcográfico realizado sobre metal con un mordido medio.

FICHA Nº4 Plancha matriz de vidrio grabada mediante ataques de ácido fluorhídrico ( Primera experiencia ).

- TECNICA EMPLEADA: Acido fluorhídrico.
  
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico.
  
- FORMATO: DIN A 4 (6mm. de espesor).
  
- UTILLAJE: - Cubeta para ácido de P.V.C.
  - Campana extractora de gases.
  - Acido fluorhídrico.
  - Barniz reserva.
  - Puntas de acero.
  
- TITULO: "HORIZONTES". ( Fig. 87 ).
  
- REALIZACION: Las operaciones realizadas por orden cronológico fueron las siguientes:
  - Canteado.
  
  - Desengrasado. Se efectua con Calgonit.
  
  - Barnizado. Para el secado se utiliza una mufla a 100°C. y un tiempo de tres horas.

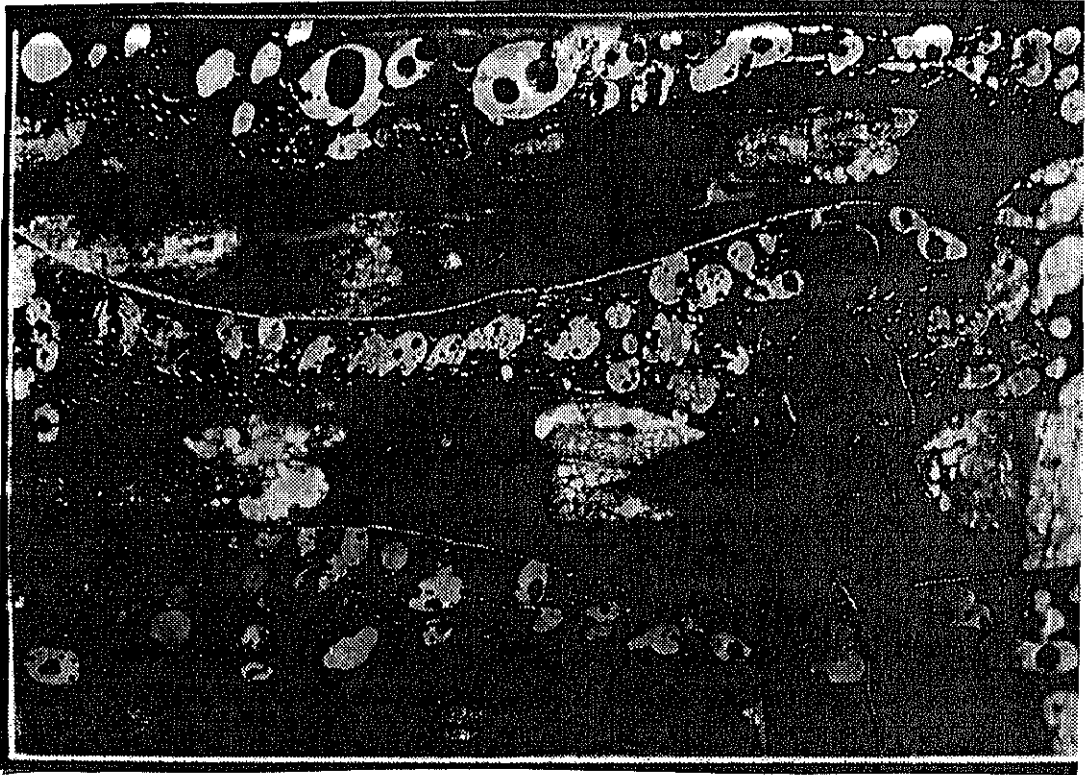


Fig. 87. "Horizontes". Plancha matriz de vidrio grabada mediante ataques ácidos

- Dibujado: Se dejaron caer sobre la plancha barnizada unas gotas de disolvente nitrogenado, abriendo el barniz y produciendo unas calidades interesantes en forma de ojos. A continuación se dibujó con una punta de acero trazando líneas y levantando el barniz.

- Reserva: Cubrimos la cara posterior de la plancha con cinta adhesiva comercial procurando no dejar burbujas de aire.

- Desengrasado: Se lleva a cabo mediante una solución de ácido clorhídrico comercial (HCl) al 65% aproximadamente, (especifico lo de aproximadamente por

que los ácidos comerciales varían desgraciadamente en +/- 10% de concentración sobre la indicada).

- Mateado: Como deseo obtener una calidad semejante a una resina fina, se introduce la plancha de vidrio en un baño de mateado compuesto de fluoruros ácidos, especialmente el fluoruro ácido de amonio  $[(\text{NH}_4)\text{HF}_2]$ ; esta formulación se adquirió ya preparada en el comercio.

Al sumergir la plancha de vidrio en esta solución preparada, se forman unos cristales diminutos que se adhieren al vidrio, produciendo un deslustrado u opacidad. Estos cristales son fluosilicatos, formados a partir de los fluoruros que existen en la solución en combinación con los silicatos que contiene el vidrio; además de éstos, aparece agua que se desprende en la reacción. La calidad obtenida sobre la plancha de vidrio, es un deslustrado o mateado en aquellas zonas descubiertas de barniz.

La duración del baño es de 2 minutos y la temperatura de  $18^\circ \text{C}$ . Durante este tiempo se agitó continuamente la plancha dentro de la solución. ( Fig. 88 ). Una vez que la plancha está fuera del baño se aclara profundamente con abundante agua caliente.

- RESULTADO. La calidad final del ataque resultó ser un fondo opaco, sin defectos ni manchas, con un mordido medio. Sin embargo, la cara posterior de la plancha, como consecuencia de una mala adhesión de la cinta plástica, sufrió un ataque de mateado. Es pues necesario perfeccionar este método de reserva.



Fig. 88. Agitación de la plancha durante el baño de mateado.

FICHA Nº5. Plancha matriz grabada mediante ataques ácidos.

- TECNICA EMPLEADA: Acido fluorhídrico y baño de mateado.
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico.
- FORMATO: DIN A 4 (6 mm de espesor).
- UTILLAJE:
  - Cubeta de P.V.C.
  - Campana extractora de gases.
  - Acido fluorhídrico.
  - Barniz reserva.
  - Puntas de acero.
- TITULO: "Mujer sobre horizonte". ( Fig. 89 ).
- REALIZACION: Las operaciones realizadas por orden cronológico fueron las siguientes:
  - Canteado.
  - Desengrasado. Mediante polvos de Blanco de España, algodón y agua.
  - Barnizado: Se experimenta como reserva un nuevo tipo de barniz preparado con la combinación de las siguientes fórmulas (A y B).-

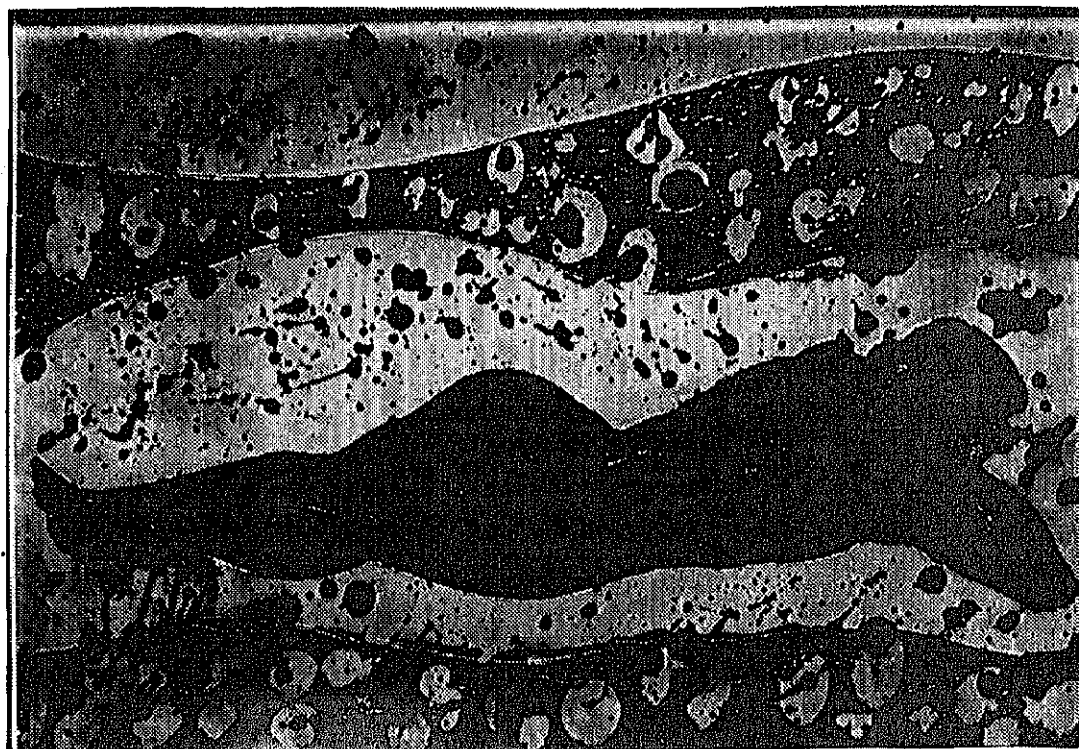


Fig. 89. " Mujer sobre horizonte ". Plancha matriz de vidrio grabada mediante procedimientos químicos de ataques ácidos.

Fórmula A:

Betún de Judea ..... 200 grs.

Trementina de Venecia .... 200 cc.

Aguarrás ..... 400 cc.

Se funde el betún a fuego moderado y en un recipiente al baño de María. Una vez retirado del hornillo se añade la trementina de Venecia y el aguarrás, sirviéndose de una espátula de madera para la perfecta

mezcla de estos productos. Se guarda en recipiente cerrado.

Fórmula B:

Barniz de la fórmula A ... 220 grs.

Cera pura de abejas ..... 350 grs.

Sebo de buey fundido ..... 80 grs.

Se funden la cera y el sebo juntos a calor moderado en un recipiente no férrico, añadiéndose al barniz de la fórmula A removiendo con una espátula. Se retira del fuego y para enfriar la pasta se guarda en un bote tapado. Es conveniente añadir un poco de aguarrás cada vez que se emplee, si se advierte que se ha espesado.

Este barniz diluido con aguarrás se aplicó con pincel suave y siendo necesario un tiempo de dos horas para el secado completo; de lo contrario no resiste bien la acción del ácido.

- Dibujado: Mediante aguja de acero, levantando el barniz, como si se tratase de un aguafuerte. La zona del pelo de la figura la trazamos a base de líneas paralelas y cruzadas.

- Reserva: Cubrimos la parte posterior de la plancha y bordes laterales con cinta plástica adhesiva comercial.

- Ataque ácido: Sumergimos la plancha en la siguiente solución:

2 partes de agua

1 parte de ácido fluorhídrico concentrado al 75%

-Tiempo de ataque: 55 min. y temperatura de 18°C. Con frecuencia se agita la solución en la cubeta, para impedir la adherencia de los fluosilicatos formados en las líneas corroídas por el ácido, y así obtener un grabado perfectamente transparente.

- Comportamiento del barniz: El barniz utilizado ha proporcionado unos resultados satisfactorios. Por una parte está dotado de cierta fluidez para extenderse fácilmente, y por otra, se adhiere bien al vidrio y es resistente al ácido fluorhídrico.

Una vez completado lo anteriormente expuesto, se procedió a efectuar una limpieza de la plancha, y su posterior barnizado en las zonas que nos interesa proteger de la siguiente mordida.

- Mateado: Como continuación del trabajo y con el objetivo de obtener calidades semejantes a las del aguatinta del grabado sobre metal, se somete la plancha a la acción de un baño de mateado, con fórmula adquirida en el comercio. Dadas las condiciones térmicas del ambiente exterior ( 5<sup>0</sup> C. aprox. ), la solución preparada presentaba partículas cristalizadas. Con estas condiciones estuve obligada a aumentar el tiempo de inmersión de la plancha a 3 minutos, manteniendo un proceso de agitación de la plancha durante todo el proceso. Transcurrido este tiempo se lava con abundante agua frotando con cepillo duro las partes grabadas.

Una vez limpia y seca la plancha se cubre con barniz las zonas que queremos proteger y así prepararla para una tercera mordida por ácido.

- Ataque ácido: Para este tercer baño se ha preparado una solución formada por:

7 partes de agua.

3 partes de ácido fluorhídrico,

La duración del baño es de 50 min. para un ataque profundo.

- RESULTADO. Se ha observado que con el tercer ataque de ácido, las zonas que previamente habían sido mateadas, ahora aparecen más transparentes y con una mayor profundidad, esto es debido a que el ácido elimina las sales que se habían depositado como consecuencia del ataque anterior.

FICHA Nº6. Plancha matriz grabada mediante ácido fluorhídrico y baños de mateado.

- TECNICA EMPLEADA: Acido fluorhídrico.
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico.
- FORMATO: DIN A 4 (6mm. de espesor).
- UTILLAJE
  - Cubeta de P.V.C.
  - Cabina y campana extractora de gases
  - Acido fluorhídrico.
  - Barniz reserva
  - Mufla para secado.
  - Puntas de acero.
- TITULO: "Perfil". ( Fig. 90 ).
- REALIZACION: El procedimiento seguido en esta experiencia es exactamente igual al de la anterior ficha Nº5 exceptuando el apartado de barnizado, que una vez cubierto de barniz reserva la plancha se introdujo en una mufla a 150°C para efectuar un secado en condiciones distintas. Para conseguir un enfriamiento homogéneo, fue necesario un tiempo de 3 horas previamente al uso de la plancha. Al analizar el estado del barniz aplicado se pudo observar que éste

estaba en condiciones que podríamos llamar idóneas para un posterior rayado. Debido a la temperatura alcanzada en el interior de la mufla, lógicamente el barnizado, levantando el barniz y tras el recubrimiento de la parte posterior de la plancha, se efectuó una vez que ésta alcanzó la temperatura ambiente.



Fig. 90. " Perfil ". Plancha matriz de vidrio grabada por ataques químicos.

Se dibuja a línea, con puntas de acero de diferente grueso, rayando directamente sobre la plancha barnizada, levantando el barniz y trabajando con las condiciones óptimas que podemos desear, que son: que no se cuartee ni salte al trazar líneas muy juntas, que sea fino y que la punta de acero se deslice sin obstáculos.

- Ataque ácido: La plancha, una vez cubierta la parte posterior y los cantos con cinta plástica adhesiva, se sumerge en una cubeta que contiene un baño formado por:

- 8 partes en volumen de agua.
- 2 partes en volumen de ácido fluorhídrico concentrado al 75 %.

La cubeta se encuentra situada en el interior de una campana extractora de gases. La plancha se sumerge en esta solución durante un tiempo de 30 min. a una temperatura de 18<sup>0</sup> aproximadamente. Transcurrido este tiempo, se saca la plancha de la cubeta con precaución para no chorrear, y se aclara con abundante agua. Una vez seca se tapan mediante un pincelito y barniz, aquellas zonas rayadas que no deseamos que sufran otra mordida.

Repetimos todo el proceso indicado anteriormente, modificando el tiempo de ataque a 20 mns. y lavamos la plancha con abundante agua.

- Limpieza: Se completa con disolvente nitro y algodón, retirando todo el barniz hasta que no quede rastro alguno.

- RESULTADO. Se ha producido un doble ataque del vidrio, correspondiendo a los dos baños efectuados, reflejado en un ataque del vidrio en las zonas rayadas que no estaban protegidas por el barniz. El efecto de la incisión grabada sobre la plancha, es de un ataque transparente.

FICHA Nº7. Plancha matriz grabada mediante tinta ácida corrosiva con empleo de la técnica serigráfica ( 1ª experiencia ).

- TECNICA EMPLEADA: - Técnica serigráfica.
  - Tinta ácida de matear (ácido sulfúrico y sus sales).
  
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico.
  
- FORMATO: DIN A 4 (6mm. de espesor).
  
- UTILLAJE: - Pantalla serigráfica.
  - Emulsión fotosensible.
  - Trama de nylon (de 45 hilos/cm).
  - Insoladora.
  - Tinta ácida.
  
- TITULO: "Mujer de espaldas". ( Fig. 91 ).
  
- PROCEDIMIENTO: Las operaciones realizadas a la plancha por orden cronológico, fueron las siguientes:
  - Realización de un positivo: Una vez elaborado el boceto se realiza un positivo sobre acetato, dibujando directamente con tinta rotring.



Fig. 31. 'Hojas de espaldas' Plancha grabada mediante alfileres oxidos y técnicas serigráficas.

- Preparación de pantalla: Sobre un marco de madera de dimensiones superiores a las del dibujo, se realiza un entelado con nylon y con un producto fotosensible, emulsionamos la pantalla pasando sobre ésta una regleta que contiene la emulsión, impregnando de manera uniforme el nylon. Esta operación se realiza varias veces, dependiendo del relieve o grosor de emulsión que queramos dejar sobre el nylon. ( Fig. 92 ).

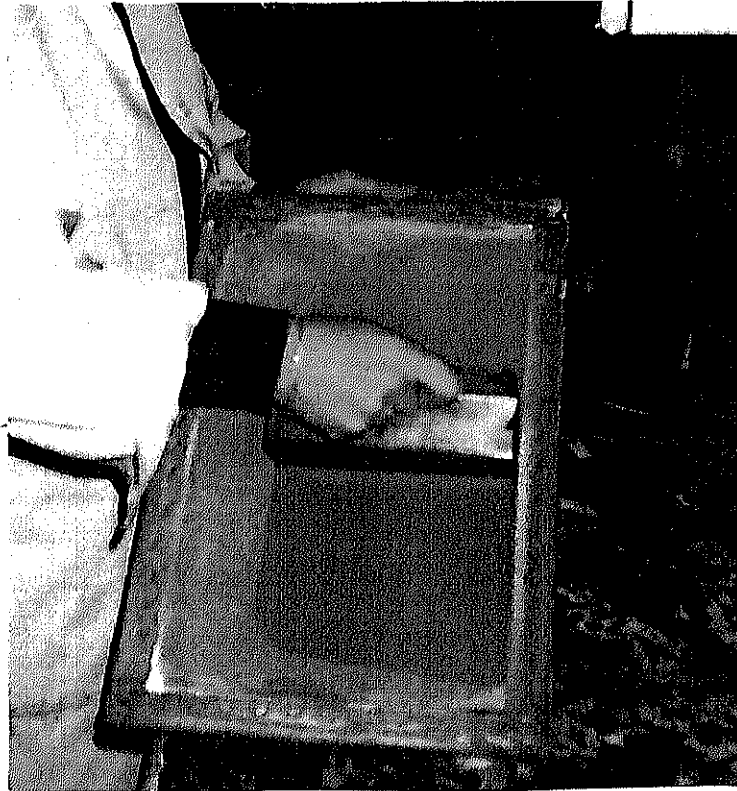


Fig. 92. Preparación de la pantalla con emulsión fotosensible.

- Creación de pantalla: Con el positivo inicial y la pantalla ya emulsionada utilizamos una insoladora que

en su parte baja posee unos tubos infrarrojos (H.P.R 125W ) de vapor de mercurio. En la parte superior de la insoladora existe un vidrio. Colocamos el positivo sobre éste y la pantalla sobre el positivo mirando hacia arriba. Aplicamos el vacío sobre la pantalla, simplemente accionando un botón de la insoladora, para que quede perfectamente adherida al positivo y al cristal. A continuación hemos encendido las lámparas de infrarrojos con objeto de insolar (velar ciertas partes de la pantalla y otras no). En este caso se ha dejado insolar durante 10 minutos; transcurrido este tiempo procedemos al lavado de la pantalla que se realiza con agua ayudándonos con aire a presión. De esta forma se ha eliminado de la pantalla toda la emulsión que estuvo en contacto con nuestro trabajo, quedando éste reproducido sobre la superficie. ( Fig. 93 ).

El siguiente paso fue colocar la pantalla sobre una máquina serigráfica para impresión en plano. Esta máquina posee un bastidor que está unido a una superficie plana mediante unos tornillos que determinan su altura según las vueltas de rosca, y, por tanto, de nuestra pantalla sobre la superficie plana.



Fig. 93. Colocación de la plancha en la insoladora serigráfica.

- Impresión sobre el vidrio: Para reproducir nuestro dibujo sobre la plancha de vidrio a serigrafiar, hemos colocado ésta sobre la superficie plana de la máquina y vertido sobre ésta la tinta comercial DECA GLASSETCH, compuesta a base de ácidos blancos y alguna de sus sales conjugadas. A continuación se pasó una regleta de goma afilada a través de la pantalla desplazando la tinta ácida por toda la superficie. De esta forma, la pantalla ha permitido el paso de tinta reproduciendo así el mismo dibujo sobre la plancha de vidrio.

Se utiliza la mascarilla anti-gas tal como dicta la ficha de normas sobre utilización de esta tinta, porque el producto es corrosivo y bastante tóxico por inhalación.

- Tiempo: la impresión de la tinta sobre el vidrio ha durado cuatro minutos y temperatura de trabajo ha sido de 18°C aproximadamente. Es muy importante que el ambiente de la zona de trabajo esté aproximadamente en los mismos niveles de temperatura de la tinta ácida, pues de esta forma la plancha a grabar estará también a esa temperatura.

En las planchas experimentales que se realizaron previamente al estudio de ésta técnica se observó como, a menor temperatura, el ataque era muy flojo, y a mayor, ocurría un fenómeno muy similar, debido a que se evaporan los componentes fundamentales del ataque. Esto se ha controlado introduciendo el envase de tinta ácida en un recipiente con regulador térmico (termostato) que mantiene la temperatura adecuada.

El aspecto que presenta el dibujo impreso con tinta ácida sobre la plancha de vidrio es similar al que presentaría uno realizado con tinta de coloración rosa.

- RESULTADO. Transcurrido los 6 minutos de exposición, se lava la plancha con agua. Mientras ésta permanece mojada, se tiene la sensación de que no se ha obtenido ningún ataque, pero, a medida que va secando, aparece el dibujo en tonos mates u opacos. Al pasar la mano sobre la superficie, se notan distintas texturas y niveles. Esto me anima a seguir con el experimento para entintar la plancha como si se tratase de un grabado en hueco.

FICHA Nº8. Plancha matriz grabada mediante tinta ácida corrosiva con utilización de la técnica serigráfica. ( 2ª experiencia ).

- TECNICA EMPLEADA: - Técnica serigráfica.
  - Tinta ácida de matear.
  
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico.
  
- FORMATO: DIN A 4 (6 mm de espesor).
  
- UTILES: - Pantalla serigráfica.
  - Trama de nylon.
  - Insoladora.
  - Tinta ácida.
  
- TITULO: " Composición ". ( Fig. 94 ).
  
- REALIZACION: El procedimiento seguido en esta plancha, es exactamente igual al del trabajo anterior, exceptuando el apartado de reproducción. El tiempo necesario de impresión de la tinta ácida sobre el vidrio, es de 3 minutos (tiempo mínimo que aconseja la ficha técnica de la tinta ácida utilizada).
  
- RESULTADO. A 18°C de temperatura y con un tiempo de 3 minutos de ataque, fue un dibujo muy flojo, pero

suficiente para dejar impresas unas texturas fáciles de comprobar de forma visual y táctil.

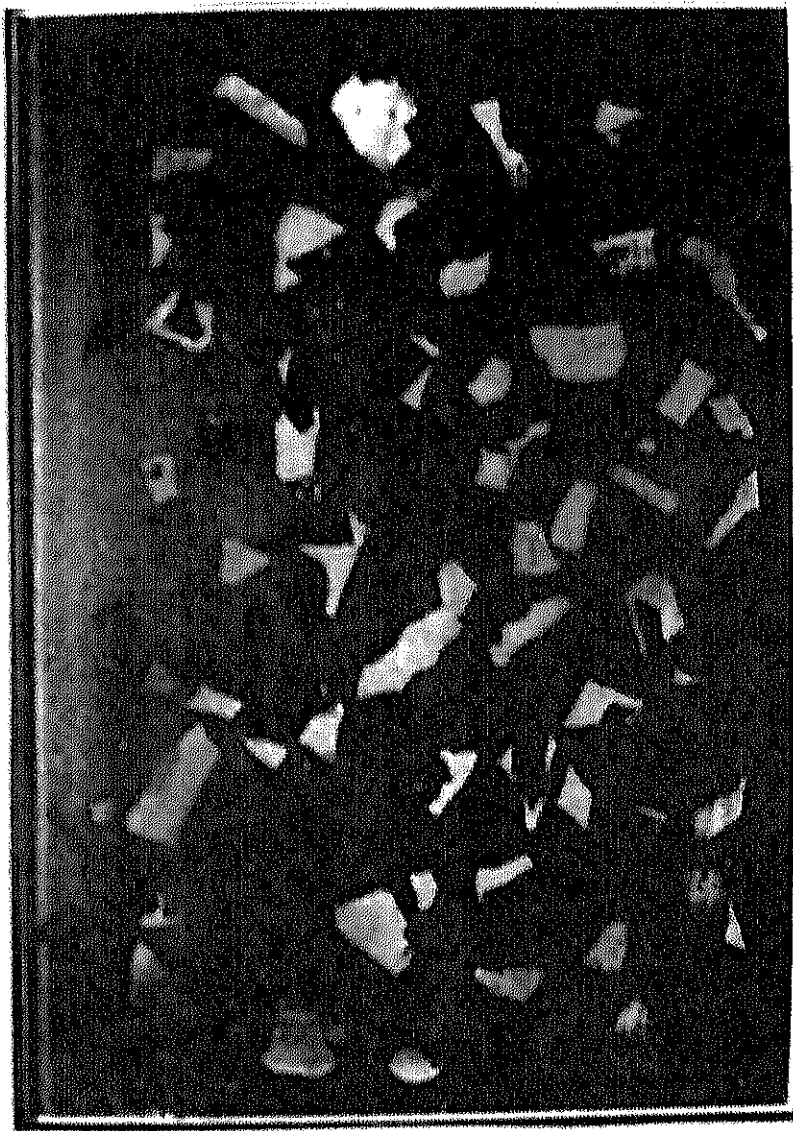


Fig. 91. Plancha matea de vidrio. Grabado con liola ácida.

FICHA Nº9. Plancha matriz grabada mediante tinta ácida corrosiva con utilización de la técnica serigráfica.

- TECNICA EMPLEADA: - Tinta ácida.
  - Técnica serigráfica.
  
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico.
  
- FORMATO: DIN A 4 (6mm de espesor).
  
- UTILLAJE: - Trama de 100 hilos/pulgada
  - Pantalla serigráfica.
  - Emulsión fotosensible.
  - Trama de nylon de 48 hilos/cm.
  - Insoladora.
  - Tinta ácida.
  
- TITULO: "Desnudo entramado". ( Fig. 95 ).
  
- REALIZACION: Las operaciones realizadas por orden cronológico fueron las siguientes:
  - Obtención de un negativo: Una vez elaborado el boceto o dibujo para el grabado a realizar, se obtiene un negativo tramado (trama de 100 hilos/pulgada en este caso) partiendo del original.

- Elaboración de un positivo: Obtenemos el positivo partiendo del negativo (por contacto).
  
- Creación de la pantalla: Con el positivo inicial y la pantalla con tela de 48 hilos/cm. El procedimiento seguido en esta experiencias exactamente igual al de la anterior diapositiva N°7.
  
- Impresión sobre el vidrio: Se realiza la impresión con pasta de matear DECA GLASSETCH.
  
- Tiempo: Se deja actuar esta pasta o tinta ácida durante 10 minutos, y seguidamente se lava con agua.
  
- RESULTADO. Se obtiene una imagen grabada débil pero precisa. Sin embargo, hay que perfeccionar el método para profundizar en las distintas matizaciones.

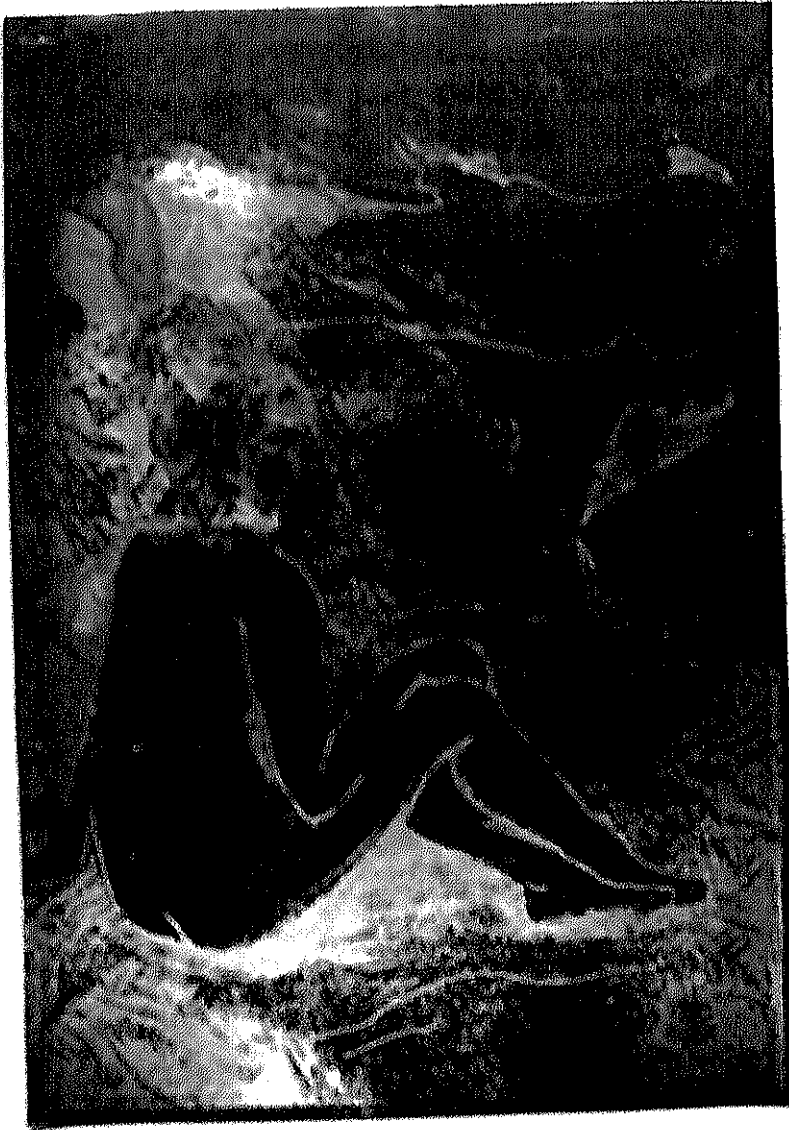


Fig. 35. 'Deseado entranado' placa de vidrio grabada mediante tina ácida con aplicación  
ecológica

FICHA Nº 10. Plancha matriz grabada mediante tinta ácida corrosiva con empleo de técnica serigráfica. ( 4ª experiencia ).

- TECNICA EMPLEADA: - Tinta ácida.
  - Técnica serigráfica.
  
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico.
  
- FORMATO: DIN A 4 (6mm. de espesor).
  
- UTILLAJE: - Trama de 100 hilos/pulgada.
  - Pantalla serigráfica.
  - Emulsión fotosensible.
  - Trama de nylon de 48 hilos/cm.
  - Tinta ácida.
  
- TITULO: "Hombre desnudo". ( Fig. 96 ).
  
- REALIZACION: Las operaciones realizadas por orden cronológico fueron las siguientes:
  - Obtención de un negativo: Una vez elaborado el boceto o dibujo para el grabado a realizar, se obtiene un negativo tramado (trama de 100 hilos/pulgada) partiendo del original.

- Elaboración de un positivo: Obtenemos el positivo partiendo del negativo (por contacto).
  
- Creación de pantalla: Con el positivo inicial y la pantalla con tela de 48 hilos/cm. El procedimiento seguido en esta experiencia es exactamente igual al de las anteriores fichas 7, 8 y 9.
  
- Impresión sobre el vidrio: Se realiza la impresión con pasta de matear DECA-GLASSETCH.
  
- Tiempo: Se dejó actuar esta pasta ácida durante 3 minutos y seguidamente se lavó con agua.
  
- RESULTADO. A pesar de los escasos 3 minutos de aplicación de la tinta ácida, los resultados que se han obtenido son satisfactorios. El ataque es muy suave y el grabado perceptible.

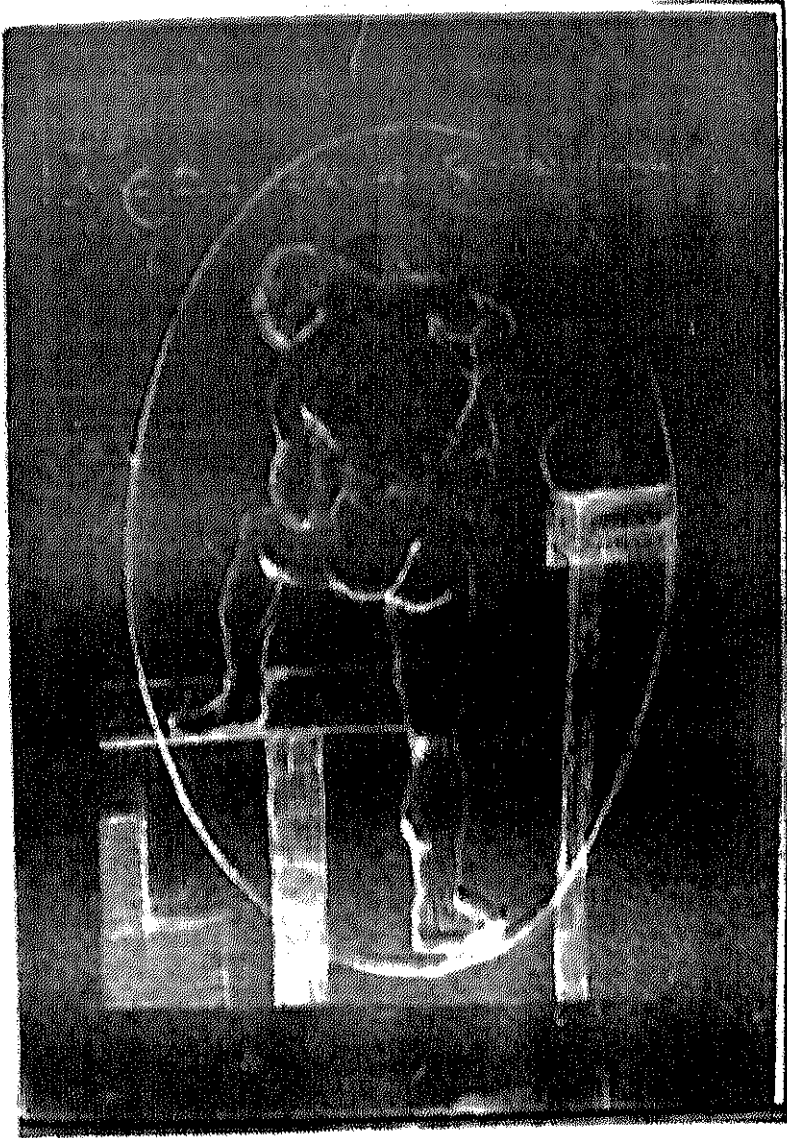


Fig. 11. 'Bomba de agua' Placa matriz de vidrio. Grabado mediante tinta ácida con aplicación  
serigráfica.

FICHA Nº11. Plancha matriz grabada mediante tinta ácida corrosiva con empleo de la técnica serigráfica. ( 5ª experiencia ).

- TECNICA EMPLEADA: - Técnica serigráfica.
  - Tinta ácida corrosiva.
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico.
- FORMATO: DIN A 4 (6mm. de espesor).
- UTILLAJE: - Pantalla serigráfica.
  - Emulsión fotosensible.
  - Trama de nylon de 45 hilos/cm.
  - Tinta ácida.
- TITULO: "Composición de texturas". ( Fig. 97 ).
- REALIZACION: Las operaciones realizadas por orden cronológico fueron las siguientes:
  - Elaboración de un positivo: Para realizar este trabajo se partió de un acetato en el que previamente se había impreso un conjunto de fotocomposiciones de distintas texturas.
  - Preparación de la pantalla.



Fig. 11. 'Composicion de Reservas' plancha matriz de vidrio. Grabado mediante tinta acida con aplicacion selectiva.

- Creación de pantalla.
- Impresión sobre el vidrio.

Los pasos seguidos en esta investigación, se realizaron exactamente igual como se explica en la ficha Nº7, exceptuando el tiempo de impresión de la tinta ácida sobre el vidrio que duró 10 minutos.

- RESULTADOS: Al cambiar el tiempo de exposición de la plancha a la tinta ácida, se observa que sobre el contorno del dibujo, ha aparecido un halo. Esta halo es debido a un excesivo tiempo de exposición. Sin embargo, las texturas obtenidas ofrecen distintas matizaciones.

FICHA Nº12. Plancha matriz grabada mediante tinta ácida.  
( 1ª experiencia ).

- TECNICA EMPLEADA: Tinta ácida corrosiva.
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico.
- FORMATO: DIN A 4. ( 8mm de espesor ).
- UTILES: - Pincel.  
          - Tinta ácida.
- TITULO: "Composición". ( Fig. 98 ).
- PROCEDIMIENTO: Las operaciones realizadas por orden cronológico fueron las siguientes:
  - Canteado.
  - Desengrasado.
  - Impresión sobre el vidrio: Para llevar a cabo este procedimiento, trazamos sobre la plancha de vidrio el dibujo que queramos realizar. Para ello se utiliza un pincel de poliéster impregnado de la tinta ácida. Durante todo el tiempo que se tuvo que trabajar con la tinta ácida fue necesario tener el envase de la misma

dentro de una pequeña mufla, con el fin de mantener la tinta a una temperatura constante de 18°C, para así conservarla en estado semilíquido necesario para su aplicación. También es práctico, y se ha experimentado el calentar la tinta ácida al baño de María para que conserve el estado semilíquido y poder así trabajar con ella ( a temperaturas inferiores a 18°C la tinta no es homogénea y tiende a cristalizarse). Una vez acabado el dibujo cuya realización hay que llevar a cabo lo más rápidamente posible, se deja transcurrir un tiempo de exposición de 6 minutos, tiempo considerado como necesario para que se produzca el ataque. Al cabo de este tiempo se enjuaga la plancha en abundante agua caliente. El tiempo de ataque del ácido es crítico, pues de lo contrario llega a producir un ataque en la periferia del dibujo debido a los vapores que se desprenden con lo que la nitidez de los perfiles desaparece.

- RESULTADOS: Dada la rapidez con la que hay que actuar, el grabado obtenido tiene un carácter espontáneo y directo.

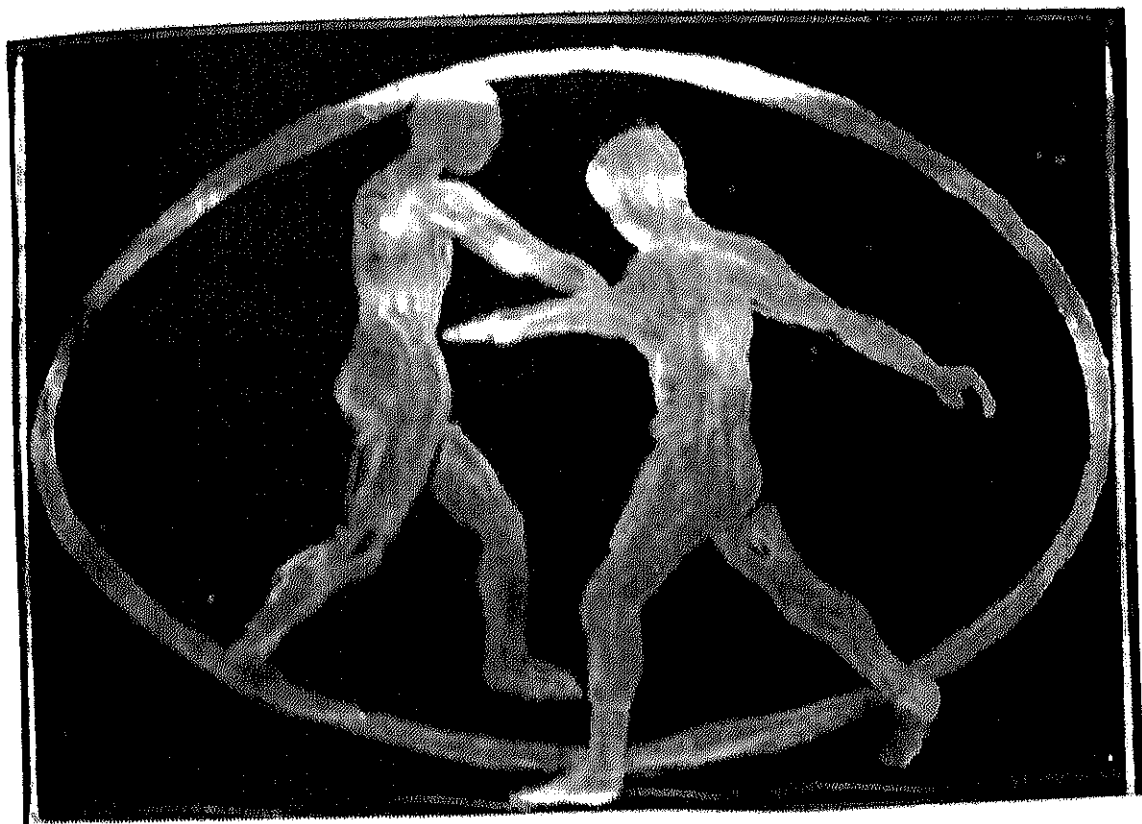


Fig. 93 'Composiciones' Plancha número grabada mediante tinta ácida y plócel.

FICHA Nº13. Plancha matriz grabada mediante tinta ácida.  
( 2ª experiencia ).

- TECNICA EMPLEADA: Tinta ácida corrosiva.
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico.
- FORMATO: DIN A 4 (6mm de espesor).
- UTILLAJE: - Pincel.  
              - Tinta ácida.
- TITULO: "Bodegón". ( Fig. 99 ).
- PROCEDIMIENTO: Las operaciones realizadas por orden cronológico fueron las mismas que la experimentación Nº12, exceptuando que una vez finalizado el ataque con tinta ácida y lavada la plancha con abundante agua, se continúa trabajando con pluma grabadora y pequeñas fresas de carborundum y diamante.
- RESULTADO: Se ha obtenido un grabado directo a base de manchas, profundizándose caracteres y líneas mediante torno eléctrico.



Fig. 99. "Bodegón". Plancha matriz de vidrio. Grabado mediante aplicación de tinta ácida.

FICHA Nº14. Plancha matriz grabada mediante abrasión por chorro de arena. ( 1ª experiencia ).

- TECNICA EMPLEADA: Abrasión por chorro de arena.
  
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico. Laminar de seguridad sencilla.
  
- FORMATO: DIN A 4 (6mm. de espesor).
  
- UTILLAJE: - Cabina de proyección.
  - Colector de polvo.
  - Compresor.
  - Corindón en grano (mezcla de 120 y 80).
  - Cuter.
  - Plantillas.
  
- TITULO: "Pájaros". ( Fig. 100 ).
  
- REALIZACION: Los paso llevados a cabo fueron los siguientes:
  - Canteado: Mediante cinta de poliéster revestida de carburo de silicio. se debe refrigerar la zona de abrasión continuamente, con una ducha de agua muy fina.



101. "Pájaros II". Plancha matriz de vidrio grabado mediante técnica de chorro de vidrio.

- RESULTADO: Como consecuencia de la pequeña abrasión se producen sobre la plancha calidades muy suaves y aterciopeladas de color blanquecino.

- Dibujado: Trazamos con grafito sobre el papel plástico adhesivo el dibujo que tenemos previsto realizar. Una vez transferido se recorta utilizando un cutter o bisturí. Seguidamente se aplican las figuras recortadas sobre la plancha de vidrio preparada, colocando éstas en los lugares reservados para la no abrasión por parte de la arena.

- Ataque mecánico: Se sitúa la plancha sobre un atril en el interior de la cabina de proyección de arena, procediendo al chorreado de las partículas de corindón, mediante la pistola que lanza a presión la mezcla de abrasivos preparada. La presión máxima alcanzada durante el chorreado es de 8 atmósferas. Periódicamente y durante el proceso de ataque es necesario vigilar el grado de abrasión alcanzado; para ello se limpia la plancha con aire a presión, que suministra la misma pistola.

Las diversas profundidades de ataque en la plancha se han obtenido mediante dos métodos:

- a) Abrasionando con mayor presión o mayor tiempo las zonas que deseamos sean más profundas.
- b) Estableciendo un orden en el levantamiento de las plantillas.

- Limpieza: Finalizado el ataque sobre la plancha, se limpia con abundante agua, retirando la protección plástica que cubre la parte posterior.
  
- RESULTADO. Como consecuencia de la abrasión, se producen sobre la plancha distintos relieves y profundidades con unas calidades rugosas de color blanquecino.

FICHA Nº15. Plancha matriz grabada mediante abrasión por chorro de arena ( 2ª experiencia ).

- TECNICA EMPLEADA: Abrasión por chorro de arena.
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico.
- FORMATO: DIN A 4 (6mm. de espesor).
- UTILLAJE: - Cabina de proyección.
  - Colector de polvo.
  - Compresor.
  - Corindón en grano (mezcla de 120 y 80).
- TITULO: "Pájaros" ( II ). ( Fig. 101 ).
- PROCEDIMIENTO: Las operaciones realizadas por orden cronológico, fueron las mismas que las de la ficha Nº 14, exceptuando el apartado de dibujo, que se realizó con papel plástico adhesivo, utilizando el negativo de la composición Nº 14. La duración del ataque mecánico fue de 45 segundos por lo tanto la abrasión producida resultó ser muy suave.



Fig. 101. "Pájaros II". Plancha matriz de vidrio grabado mediante técnica de chorro de vidrio.

PREPARACION: Para la ejecución de la plancha matriz, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

RESULTADO: Como consecuencia de la pequeña abrasión se producen sobre la plancha calidades muy suaves y aterciopeladas de color blanquecino.

FICHA Nº16. Plancha matriz grabada mediante abrasión por chorro de arena. (3ª experiencia ).

- TECNICA EMPLEADA: Abrasión por chorro de arena.
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico.
- FORMATO: DIN A 4 (6mm. de espesor).
- UTILLAJE: - Cabina de proyección.
  - Colector de polvo.
  - Compresor.
  - Corindón en grano (mezcla de 120 y 80).
  - Cuter.
  - Plantillas.
- TITULO: "Añoranza de la Tierra". ( Fig. 102 ).
- REALIZACION: Para la ejecución de la plancha matriz, se llevaron a cabo los siguientes pasos:
  - Canteado.



Fig. 102. "Añoranza". Plancha grabada mediante abrasión por chorro de arena.

- Protección: Se cubre la cara posterior y los cantos de la plancha con cinta plástica adhesiva.

- Reserva: Se dibuja directamente sobre la plancha de vidrio con un pincel y cola de carpintero; ésta tiene la propiedad de secar muy rápidamente. Los trazos del dibujo realizados son variados, para así poder experimentar hasta que grado resiste la cola los efectos de abrasión del chorreado.

- Ataque mecánico: Colocada la plancha en el interior de la cabina se procede al chorreado con partículas de

corindón (mezcla de 120 y 80). Se observa que las zonas dibujadas con cola no son atacadas durante el proceso de chorreado y que la cola de carpintero, aún con aplicación muy fina ( tipo hilos ), sirve de reserva del vidrio durante el proceso de ataque. En algunos intervalos, la presión llegó hasta 8 atmósferas, obteniéndose distintas profundidades.

- Limpieza: Finalizado el ataque retiramos la protección plástica de la parte posterior de la plancha, colocando simplemente ésta debajo de un chorro de agua caliente se desprende la cola y se limpian fácilmente todos los restos de arena adheridos durante el trabajo. Las zonas que han sido abrasionadas aparecen como blanquecinas y mates comparadas con el resto de las zonas reservadas.

- RESULTADO. Como consecuencia de la abrasión se han obtenido sobre la plancha distintos relieves y profundidades, con calidades rugosas y mates, que contrastan con otras zonas brillantes. Sin embargo el método puede ser perfeccionado para conseguir distintas matizaciones.

FICHA Nº17. Plancha matriz grabada mediante técnica mixta:  
chorro de arena y ácido fluorhídrico.

- TECNICA EMPLEADA: - Abrasión por chorro de arena.
  - Ataque por ácido.
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico.
- FORMATO: DIN A 4 (8mm de espesor).
- UTILLAJE: - Cabina de proyección.
  - Colector de polvo.
  - Compresor.
  - Corindón en grano (120).
  - Cubeta para contener ácidos.
  - Campana extractora de gases.
  - Acido fluorhídrico.
  - Barniz reserva.
- TITULO: "Mujer". ( Fig. 103 ).
- PROCEDIMIENTO: Las operaciones realizadas por orden cronológico fueron las siguientes:
  - Canteado.
  - Protección.

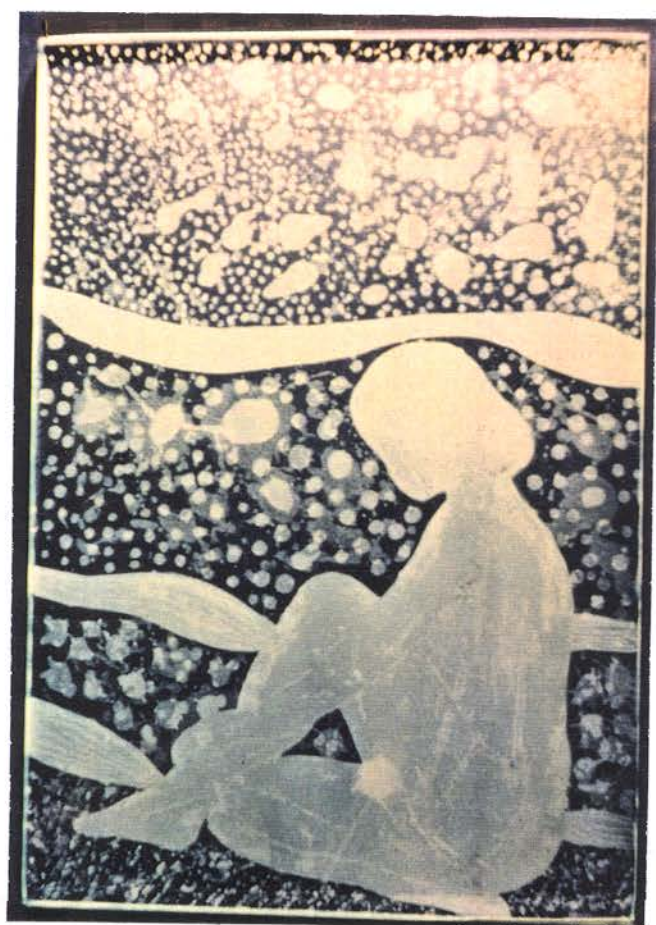


Fig. 103. "Mujer". Matriz de vidrio grabada con técnica mixta: chorro de arena y ataque ácido.

- Ataque mecánico: Esta operación se lleva a cabo tal y como se describe en las fichas anteriores, durante un tiempo de 10 minutos.
- Limpieza: Con abundante agua, eliminando las partículas de corindón y sílice depositadas en su superficie. A continuación se retira la protección plástica de la parte posterior de la plancha.

- RESULTADO. Como consecuencia del ataque por abrasión se produce sobre la plancha un mateado agresivo y áspero.

Una vez finalizada esta primera parte, se procede a efectuar la fase correspondiente al ataque por ácido, que se llevó a cabo con el siguiente orden:

- Barnizado: Con el barniz preparado por nosotros y utilizado en la plancha N25, se cubren las zonas de reserva aplicándolo con pincel suave. Tiempo de secado 3 hrs.

- Ataque ácido: La plancha se sumergió en una cubeta que contenía una solución formada por:

- 9 partes en volumen de agua.
- 1 parte en volumen de ácido fluorhídrico concentrado al 75%.

Situada la cubeta en el interior de una campana extractora de gases, se sumerge la plancha en esta disolución, durante un tiempo de 30 minutos, a una temperatura de 18°C. Transcurrido este tiempo, se saca de la cubeta con precaución de que no caigan gotas ni que salpiquen.

- Limpieza: Con abundante agua y a continuación con disolvente nitro y algodón

- RESULTADO. Se ha producido un desgaste en el vidrio en las zonas no protegidas por el barniz. Este desgaste es debido a la disolución de los silicatos del mismo vidrio. La disolución de los cristales no es muy buena, lo que obligó a limpiar la plancha enérgicamente con un cepillo para desprender totalmente aquellos silicatos que no lo habían hecho por la acción del ácido. El efecto producido sobre la plancha es un deslustrado de mayor transparencia que el producido por el chorro de arena.

FICHA Nº18. Plancha matriz grabada mediante técnica aditiva. ( Craquelé ).

- TECNICA EMPLEADA: Craquelé.
  
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico.
  
- FORMATO: DIN A 4. ( 6 mm. de grosor ).
  
- UTILLAJE: - Cubetas.
  - Base fijadora "Degussa".
  - Craquelé.
  - Mufla.
  
- TITULO: " Cabeza de mujer ". ( Fig. 104 )
  
- REALIZACION: Las operaciones realizadas por orden cronológico han sido las siguientes:
  - Canteado.
  
  - Desengrasado: Con el fin de obtener un desengrasado en profundidad se preparó un baño formado por:
    - 9 partes de agua.
    - 1 parte de ácido Clorhídrico.



Fig. 104. "Cabeza de mujer". Matriz de vidrio grabada mediante técnica aditiva.

Se sumerge la plancha en esta disolución, sujetándola con ambas manos y manteniéndola en continuo movimiento durante 5 segundos. Transcurrido este tiempo se aclara con abundante agua y se seca con un secador de mano.

- Dibujado: Mediante pincel y un líquido poco fluído, denominado base fijadora "Degussa Ibérica S.A.". A continuación se expolvorea el craquelé, que son pequeñas partículas de estructura cristalina; quedando

adheridas en las zonas donde se ha pintado con la base antes citada. La plancha se introduce en la mufla a 600°C aproximadamente durante un tiempo de 30 minutos, que es el tiempo que este horno tarda en alcanzar dicha temperatura. A causa de esto no podemos retirar el vidrio de inmediato, ya que hay que esperar a que se enfríe la plancha lentamente, de esta forma evitamos que se deforme o rompa debido a un enfriamiento rápido. El tiempo de enfriamiento estuvo entre 2,5 y 3 horas.

- RESULTADO. Las partículas cristalinas de craquelé con el calor de la mufla han quedado fuertemente adheridas a la plancha, formando unos relieves sobre la superficie de la misma, semejante a una resina gruesa en el grabado calcográfico, que servirán de base al entintado posterior.

FICHA Nº 19. Plancha matriz grabada mediante técnica mixta:  
mateado y ataque por ácido.

- TECNICA EMPLEADA: - Mateado por fluoruros.
  - Acido fluorhídrico.
  
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico.
  
- FORMATO: DIN A 4 (8mm de espesor).
  
- UTILLAJE: - Cubeta de P.V.C.
  - Cabina con campana extractora de gases.
  - Puntas de acero.
  - Barniz reserva.
  
- TITULO: "Desnudo de mujer". ( Fig. 105 ).
  
- PROCEDIMIENTO: Las operaciones realizadas por orden cronológico fueron las siguientes:
  - Canteado.
  
  - Reserva.
  
  - Decapado: Se realiza la limpieza de la plancha sometiéndola a un baño compuesto por:

en un grado - 8 partes de agua sobre plancha de metal. Se introdujo - 2 partes de ácido clorhídrico (HCl) al 65% durante un tiempo de 5 segundos agitando continuamente la plancha dentro del baño. aplicado a...



Fig. 105. "Desnudo de mujer". Matriz de vidrio grabada mediante ataques ácidos.

- Mateado: Con el fin de obtener en la plancha una textura base (semejante a una resina de mordido medio

en un grabado calcográfico sobre plancha de metal), se introdujo la plancha en un baño de mateado a base de fluoruros ácidos, especialmente el fluoruro ácido de amonio  $[(\text{NH}_4)\text{HF}_2]$ , ya explicado anteriormente en la ficha Nº 4. Esta operación se prolonga durante 1 minuto y se agita la plancha todo el tiempo sujetándola con las manos. Se aclara con abundante agua y se procede al secado con ayuda de un secador de mano.

- Barnizado: Con el mismo barniz reserva utilizado en la ficha Nº5, aplicándolo mediante un pincel. Secándose posteriormente en una mufla a la temperatura de  $100^\circ\text{C}$ .

- Dibujado: Para un mejor trazado, como en casos anteriores, se coloca la plancha sobre una mesa de luz, utilizándose una punta de acero para levantar el barniz.

- Ataque ácido: Se sumergió la plancha en una cubeta situada dentro de la campana extractora, que contiene un baño formado por:

- 7 partes de agua
- 3 partes de ácido fluorhídrico

- Tiempo de ataque 30 minutos, a temperatura de 17°C.
- Limpieza: Con agua y disolvente nitro.

RESULTADO. El barniz reserva utilizado es idóneo para este baño. Las zonas protegidas presentan un aspecto mate blanquecino, debido al mateado inicial, mientras que el resto de la superficie de la plancha aparece con un aspecto más transparente y menos áspero. Esto es la consecuencia del nuevo ataque del baño de ácido fluorhídrico que ha disuelto parte de los fluosilicatos depositados durante el mateado sobre la superficie del vidrio.

FICHA Nº20. Plancha matriz grabada mediante técnicas mixtas ácidas.

- TECNICA EMPLEADA: - Mateado por fluoruros.
  - Acido fluorhídrico.
  
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico.
  
- FORMATO: DIN A 4. (6mm de espesor).
  
- UTILLAJE: - Cubeta de P.V.C.
  - Cabina con campana extractora de gases.
  - Puntas de acero.
  - Barniz reserva.
  
- TITULO: "Desnudo de mujer". ( Fig. 106 ).
  
- PROCEDIMIENTO: Las operaciones realizadas por orden cronológico fueron las siguientes:
  - Canteado.
  
  - Reserva.
  
  - Barnizado 1º. Efectuado con barniz elaborado manualmente tal y como se indica en la ficha Nº 5. El

secado se realizó mediante mufla a una temperatura de  $100^{\circ}$  C., con un tiempo de secado de tres horas.



Fig. 106. "Desnudo de mujer". Matriz de vidrio grabada mediante ataques ácidos.

- Dibujado: Mediante punta de acero levantando el barniz reserva.
- Ataque ácido: Dentro de la cubeta situada en el interior de la cabina con la siguiente solución:

- 3 partes de agua
- 1 parte de ácido fluorhídrico

Temperatura de 18°C y un tiempo de 50 min. para un ataque profundo.

- Limpieza: Se retira la plancha de la cubeta del ácido sin gotear ni salpicar, y se aclara después con abundante agua.

- RESULTADO. El barniz utilizado se ha levantado formando poros en la plancha. Esto es debido fundamentalmente a un ataque demasiado fuerte y prolongado del baño de ácido fluorhídrico, o también que el barniz pudiese contener algunas partículas de polvo y que éstas contribuyeran a crear puntos débiles en la protección.

- Mateado: Se introduce la plancha en una cubeta que contiene la solución de mateado a base de fluoruros ácidos, especialmente de fluoruro ácido de amonio  $[(\text{NH}_4) \text{H F}_2]$ , ya explicada en la ficha Nº 4, durante un tiempo de 1 minuto, agitando continuamente la plancha. Se aclara con abundante agua y se seca con un secador de mano.

- Barnizado 29: Volviendo a cubrir con pincel zonas de la plancha. Este barniz es el mismo que se utilizó anteriormente.

- Ataque ácido: Mediante una solución formada por:

- 10 partes de agua

- 3 partes de ácido fluorhídrico

Tiempo de 30 minutos a una temperatura de 17°C.

- RESULTADO. Se obtienen diversas calidades y texturas que ofrecen un aspecto que va desde un tono blanquecino mate a uno transparente y brillante. El ataque producido por el ácido fluorhídrico en las zonas de la plancha previamente mateadas ha desarrollado unas texturas más transparentes pero no homogeneizadas.

FICHA Nº21. Plancha matriz grabada por ataques ácidos de distinta formulación y concentración.

- TECNICA EMPLEADA: Ataques con ácido fluorhídrico y sus fluoruros ácidos de distintas concentraciones.
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico.
- FORMATO: DIN-A 4 (6mm de espesor).
- UTILLAJE: - Cubeta de P.V.C.
  - Cabina con campana extractora de gases.
  - Puntas de acero de distintos grosores.
  - Barniz reserva.
  - Pinceles.
- TITULO: " Formas ". ( Fig. 107 ).
- PROCESO DE REALIZACION: Las operaciones realizadas por orden cronológico fueron las siguientes:
  - Canteado.
  - Desengrasado.
  - Reserva.
  - Barnizado. Mediante barniz de fórmula elaborada por nosotros. Para el secado se utiliza una mufla a una temperatura de 100<sup>0</sup> C.



Fig.107. " Formas ". Matriz de vidrio grabada mediante ataques ácidos.

- **Dibujado:** Se sitúa la plancha sobre una mesa de luz que facilite la visualización del trazado, empleando una punta de acero que levanta el barniz.
  - **Mateado:** Se introduce la plancha en una cubeta que contiene una solución para mateado, tal y como se ha explicado en fichas anteriores, durante un tiempo de 1 min., agitando la solución.
  - **7 partes en volumen de agua**
  - **3 partes en volumen de ácido fluorhídrico**
- Se aclara con agua y frotando con un cepillo de madera con ayuda de un secador de manos de aire caliente.  
Duración de 45 min. y una temperatura aproximada de 18°C.

Es necesario aclarar que la operación de mateado y

- RESULTADO. Las líneas grabadas forman surcos no homogéneos. Esto es debido a que el baño ácido estaba gastado, o mejor dicho, que en él abundaban residuos de fluosilicatos, que se iban depositando sobre la superficie, impidiendo un ataque limpio y transparente. De esto se deduce que cuanto menos agotado esté el baño, el ataque será más homogéneo.

- Limpieza: Con abundante agua. Se procede a su secado ayudado de un secador de mano. Se completa la limpieza con disolvente nitro.

- Barnizado: Se cubren con pincel y barniz aquellas zonas de la plancha que tengamos que resevar de posteriores ataques.

- Mateado: Se introduce la plancha en una cubeta que contiene una solución para mateado, tal y como se ha explicado en fichas anteriores. Durante un tiempo de 1 min., agitando la solución.

Se aclara con agua y frotando con un cepillo. Se seca con ayuda de un secador de manos de aire caliente.

Es necesario aclarar que la operación de mateado y barnizado se repite una segunda vez para así obtener distintos relieves.

- Limpieza.

- Barnizado.

- Ataque ácido: Se introduce de nuevo la plancha en una bañõ de ácido preparado con:

- 8 partes en volumen de agua

- 2 partes en volumen de ácido fluorhídrico

Tiempo de 45 minutos a temperatura de 18° C.

- Limpieza.

- RESULTADO. Los distintos relieves efectuados en la plancha producen sobre su superficie diversas calidades y texturas. Las zonas de doble corrosión, es decir, atacadas primero con fluoruros ácidos, y posteriormente con bañõ de ácido fluorhídrico producen unas calidades más transparentes que el mateado inicial.

FICHA Nº22. Plancha matriz grabada mediante ataques ácidos de distinta concentración y formulación. ( 2ª experiencia).

- TECNICA EMPLEADA: Acido fluorhídrico y fluoruros ácidos de distintas concentraciones.
  
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico.
  
- FORMATO: DIN A 4. (6mm de espesor).
  
- UTILLAJE: - Cubetas de P.V.C.
  - Cabina extractora de gases.
  - Puntas de acero de distintos grosores.
  - Barniz reserva.
  - Pinceles.
  
- TITULO: "Figura con collar". ( Fig. 108 ).
  
- PROCESO DE REALIZACION: Las operaciones realizadas por orden cronológico, fueron las siguientes:
  - Canteado.
  
  - Reserva. Mediante cinta plástica adhesiva.
  
  - Desengrasado.



Fig. 108. " Figura con collar ". Matriz de vidrio grabada por procedimientos químicos.

- Barnizado: Con barniz de fórmula magistral elaborada Estas últimas operaciones de barnizado se han realizado y utilizado en anteriores experiencias. Se saca al ataque con fluoruros ácidos, para eliminar los gases de escape al aire libre necesitando 5 horas para un secado idóneo. más en dietas de trabajo se debe tener en cuenta el tiempo de secado de los relieves distintos y el tiempo de barnizado en
- Dibujado: Se coloca la plancha sobre una mesa de realiza un ataque por ácido luz, y se realiza el trazado mediante punta de acero levantando el barniz.
- Barnizado: se cubren con barniz aquellas zonas que queremos reservar en el ataque de un período de tiempo
- Ataque ácido. Mediante solución ácida formada por:
  - ácido.
  - 3 partes en volumen de agua
  - Ataque ácido: Preparación de la solución de ataque
    - 1 parte en volumen de ácido fluorhídrico
    - 8 partes en volumen de agua
- Tiempo 30 minutos a una temperatura de 18° C.
- 2 parte en volumen de ácido fluorhídrico.

- Limpieza.

- Barnizado 2º..

- Mateado: Se introduce la plancha en la cubeta que contiene un baño de fluoruros ácidos durante 1,5 minutos, se retira la plancha con las manos y se lava ésta con abundante agua. Es digno de mencionar que la plancha cuando está húmeda no se observa ninguna textura en su superficie, solamente se visualiza el mateado cuando la plancha está seca.

Estas últimas operaciones de limpieza, barnizado y ataque con fluoruros ácidos, las repetimos dos veces más en distintas zonas de la plancha para así obtener relieves distintos y superpuestos. Finalmente se realiza un ataque por ácido.

- Barnizado: Se cubren con barniz aquellas zonas que queremos reservar en el ataque de un posterior baño ácido.

- Ataque ácido: Preparado con la siguiente solución:

- 8 partes en volumen de agua.

- 2 parte en volumen de ácido fluorhídrico.

Tiempo de 20 min. con una temperatura de 18°C. aclarando a continuación la plancha con abundante agua. Para una mayor precaución se ha instalado una cubeta con agua situada al lado de la cabina con el fin de facilitar el lavado de la plancha sin derramar ácido.

- RESULTADO. Los diversos ataques corrosivos efectuados en la plancha, han producido sobre la superficie de la misma relieves y calidades muy bellos de distintos tonos de transparencia. Por ello es conveniente utilizar el ácido de acción lenta, pues de esta manera se puede controlar con facilidad su acción y eliminar desagradables sorpresas.

FICHA Nº23. Plancha matriz grabada mediante ataques ácidos con técnica al azúcar.

- TECNICA EMPLEADA: - Mateado por fluoruros.
  - Azúcar.
  - Acido fluorhídrico.
  
- MATRIZ DE VIDRIO: Sódico-cálcico.
  
- FORMATO: DIN A 4. (6mm de espesor).
  
- UTILLAJE: - Cubeta de P.V.C.
  - Cabina con campana extractora de gases.
  - Puntas de acero.
  - Barniz reserva.
  - Tinta.
  - Azúcar.
  
- TITULO: "Naturaleza muerta". ( Fig. 109 ).
  
- REALIZACION: Las operaciones efectuadas por orden cronológico fueron las siguientes:
  - Canteado.
  
  - Reserva.

- Desengrasado. Mediante un baño cuya composición es la siguiente:

- 7 partes en volumen de agua.
- 3 partes en volumen de ácido clorhídrico.

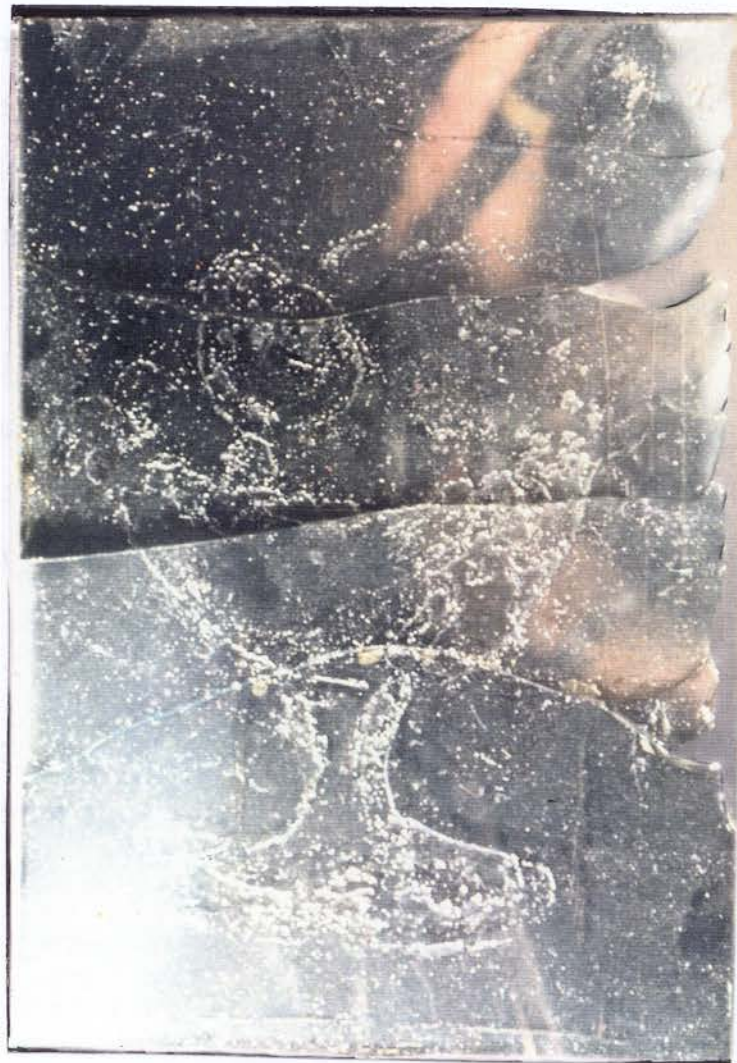


Fig. 109. "Naturaleza muerta". Matriz de vidrio grabada mediante técnica de azúcar.

- Mateado: se introduce la plancha en la cubeta que contiene una solución para matear a base de fluoruros ácidos, durante un tiempo de 1 min. a una temperatura de 18°C. La plancha se debe agitar continuamente. A continuación se aclara con abundante agua y se seca con ayuda de un secador de mano.

- Dibujado: se trabaja directamente sobre la plancha previamente mateada con un pincel y una mezcla semifluida de tinta china negra y azúcar. Se deja un tiempo de secado de 2 horas. Una vez efectuada la operación se barniza a pincel toda la plancha con una capa fluida y uniforme. Una vez seco el barniz se sumerge la plancha en un baño de agua templada. Al cabo de unos minutos las partes reservadas con mezcla de azúcar se reblandecen y hacen saltar el barniz cubriente dejando al descubierto el vidrio.

- Ataque ácido: se sumerge la plancha en una cubeta situada como siempre dentro de la cabina que contiene un baño formado por:

- 8 partes en volumen de agua
- 2 partes en volumen de ácido fluorhídrico

Tiempo 45 seg. a una temperatura de 18° C.

- RESULTADO. Este procedimiento es una aplicación de la técnica del azúcar al grabado sobre vidrio. Se consiguen efectos maravillosos de frescura, pero tiene el inconveniente de la falta de control en las formas corrosivas.



CAPITULO 6

ESTAMPACION DE LAS MATRICES DE VIDRIO.

## CAPITULO 6

### ESTAMPACION DE LAS MATRICES DE VIDRIO.

#### 6.1. LA ESTAMPACION.

No cabe duda de que el vidrio, hoy en día es un material en plena expansión, pero es, en su aplicación en las Bellas Artes, donde lo podemos considerar como un medio de expresión puramente artístico.

Se investiga la forma de imprimir sobre papel planchas de vidrio grabadas con dibujos propios, mediante métodos directos y métodos indirectos de ataques químicos, coordinando cuidadosamente los distintos factores que afectan al estampado, una vez que hemos creado la matriz; a saber: papel, tinta, limpieza, distintos tipos de prensa y la presión. Todo esto sin olvidar en ningún momento la importancia que la resistencia a la compresión tiene el vidrio, así como su comportamiento ante los cambios de temperatura.

La posibilidad de reproducir con calidad y en cantidad una imagen realizada sobre matriz vítrea y obtenerla sobre papel es un reto, al mismo tiempo que se busca una nueva

estética de reproducir texturas exclusivas del medio físico.

El grabado sobre vidrio, que hasta ahora se había mantenido en un plano puramente decorativo, pasa con el grabado a ampliar su campo artístico convirtiéndose en una matriz para su estampación.

El proceso de estampación de una plancha de vidrio grabada en hueco sigue la sistemática de casi todos los grabados en hueco. Todas las variantes experimentadas con la estampación son las que se reflejan en forma de fichas, dado que las planchas pueden entintarse y limpiarse de diferentes maneras, y producirse una considerable diferencia entre una impresión y otra. Es igualmente importante la elección del papel, ya que su textura y poder absorbente llega a alterar radicalmente la calidad de la impresión.

Antes de llevar a cabo el desarrollo de las fichas técnicas de estampación, procedo a describir los elementos que intervienen en el proceso de estampación:

a) Papel de estampación.

El papel se ha de seleccionar en función de las características de la matriz que se va a estampar. El papel

utilizado para estampar los grabados ha sido del tipo Super Alfa, de la casa Guarro de 250 grs., por haber experimentado que las características de este papel, fabricado con fibras largas de algodón, son las importantes para obtener buenas pruebas en nuestras matrices de vidrio.

b) Preparación del papel.

El papel para poder ser utilizado ha de perder su rigidez, para lo cual se humedece con agua. Para ello se llena de agua una cubeta de plástico, y se introducen en ella los papeles uno a uno cortados al formato deseado, dejándolos totalmente sumergidos entre 60 y 120 minutos. Una vez empapado el papel, se saca la hoja dejándola escurrir y se coloca sobre una superficie plana entre dos hojas de papel secante.

Una alternativa al procedimiento arriba indicado que permite garantizar una mayor homogeneidad en la humectación del papel, aunque exige un mayor tiempo, consiste en colocar papeles húmedos y secos alternados, tantos como se prevea utilizar en la edición, envolviéndolos en plásticos y colocando sobre el conjunto una superficie plana de mayores dimensiones que el formato del papel, que transmitirá de forma homogénea un peso moderado colocado sobre ella. Con esta actuación se persigue transmitir la humedad de unas hojas a otras; al

cabo de 24 hrs. el papel se encontrará en condiciones óptimas para su empleo en la estampación.

c) Entintado de la matriz.

Se utiliza tinta de estampar de diferentes viscosidades según nos interesen los resultados de estampación.

Las tintas utilizadas en este trabajo, Charbonnel y Lefranc, tienen distintas viscosidades. Las tintas Lefranc se caracterizan por tener una viscosidad media, mientras que las Charbonnel son de viscosidad muy alta. En el grabado de matriz vítrea se utiliza una tinta de viscosidad media para evitar pérdidas de tono.

En el entintado de una matriz vítrea no se debe calentar la plancha, pues se producen tensiones internas en la masa de la plancha que pueden ocasionar su ruptura. Es siempre más conveniente aplicar el calor de forma debida a la tinta, colocando ésta sobre una plancha metálica.

d) Limpieza de la matriz.

El limpiado de una plancha de vidrio es semejante al método utilizado en el grabado en hueco tradicional, aunque se deben tomar pequeñas precauciones, ya que las

planchas de vidrio son muy poco porosas y por lo tanto hay que cuidar el exceso de limpieza, que llega a descargar de tinta las incisiones. En ocasiones, es importante dejar atrapadas algunas zonas de la plancha, obteniendo de esta forma veladuras de monotipia.

e) sistemas de presión.

Es necesario recordar, tal y como se ha indicado anteriormente, que la resistencia teórica del vidrio al esfuerzo de compresión es de 100 Kgrs. / mm<sup>2</sup>, lo que le convierte en un material de mayor resistencia a la compresión si lo comparamos con planchas metálicas de zinc y cobre. Otro aspecto a considerar es la falta absoluta de maleabilidad de la matriz de vidrio, es decir que no " sufre desgaste " en las aristas de los surcos del grabado, como consecuencia de la presión ejercida sobre ella en el proceso de estampación, cosa que sí ocurre con las planchas metálicas que se emplean normalmente.

Los sistemas utilizados para conseguir una correcta estampación de la matriz han sido tórculo de presión tangencial, prensa plana xilográfica, prensa hidráulica y presión manual, que pasamos a comentar.

a). Tórculo de presión tangencial.

Este procedimiento que sería una reproducción del sistema tradicional de grabado en hueco, no es válido para el caso que nos ocupa, pues la presión de los cilindros del tórculo sobre los bordes de la plancha, si no es amortiguada, produce el efecto de cizalladura sobre éstos, lo que ocasiona la rotura de la plancha. Este problema surgido en el desarrollo de las estampaciones fue subsanado mediante la utilización de un marco perimetral de 56 X 40 cms. del mismo grosor que el de la plancha matriz, realizado con madera prensada de gran densidad. Este marco perimetral se sitúa centrado sobre la platina y en su interior la plancha, sobre la que colocamos el papel y situamos la cama de fieltros. El cilindro superior del tórculo se coloca sobre el marco perimetral como punto de partida y se procede a estampar normalmente.

b). Prensa plana xilográfica.

En esta prensa el movimiento de la superficie superior se transmite mediante un tornillo sin fin sobre el que se actúa de forma manual mediante una palanca. Esta última característica es la que hace prácticamente incontrolable de forma cuantitativa, la presión que se ejerce sobre el vidrio.

c). Prensa plana hidráulica.

El funcionamiento de esta prensa es básicamente el mismo que el descrito en el párrafo anterior, con dos salvedades importantes:

19. Está realizada con acero de alta calidad que permite una mayor presión y garantía de homogeneidad en el reparto de la presión transmitida.

20. El desplazamiento de la platina superior está controlado por un cilindro hidráulico, que es comandado por una bomba manual dotada de un manómetro que indica con exactitud la presión que se está ejerciendo.

De todos los elementos descritos en este apartado, la prensa hidráulica es la más idónea a la vista de los resultados obtenidos y la relativa versatilidad de uso.

Un factor fundamental para poder llevar a cabo la estampación de la matriz de vidrio es que entre ésta y las platinas de apoyo y de presión no exista ningún objeto o elemento extraño, por pequeño que sea, que ocasione que la superficie de apoyo no sea completamente plana.

NOTA: La mayoría de los trabajos presentados no han sido realizados como obra completa en sí, sino como investigación de procesos técnicos para ser aplicados en obras definitivas.

6.2. Estampas realizadas y fichas de taller del N°1 al 23.

N°1. Vidrio grabado con punta de diamante.

TEMA: Hexágono. ( Fig. 110 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico cálcico. ( Cool-lite ).

TINTA: Charbonnel fluída, color sepia y negro.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Tórculo de presión tangencial.

PRESION: 7

PROCESO: Encima de la plancha se sitúa el papel humedecido y una amortiguación formada por tres bayetas de fieltro grueso ( 5 mms. ) más dos planchas de goma espuma de 2 cms. de espesor.

INCIDENTES: Para evitar el efecto de cizalladura se coloca sobre el borde de la plancha el rodillo del tórculo, de tal forma, que los bordes de la plancha no sean sometidos a la presión directa.

RESULTADOS: Se han realizado cuatro estampaciones como pruebas de artista, encontrándose la plancha en perfecto estado, por lo que se deduce que la plancha matriz soporta perfectamente la presión necesaria para arrancar la tinta de los surcos de su superficie, siempre que tengamos en cuenta el problema del efecto de cizalladura.

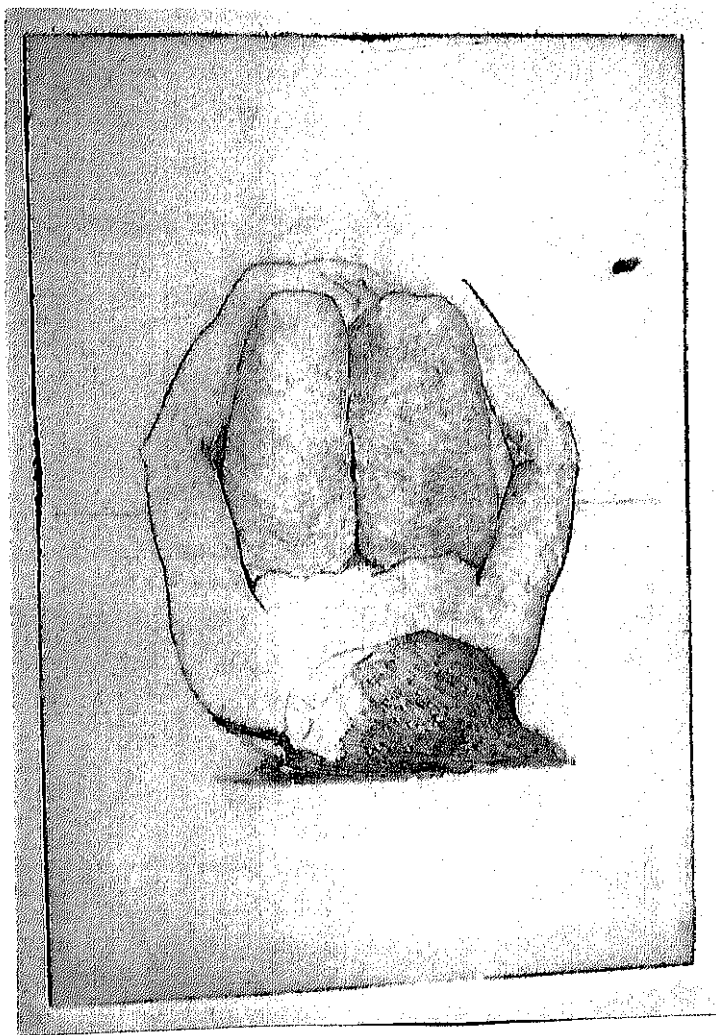


Fig. 110. Hexágono. Técnica: punta de diamante.

Nº 2. Vidrio grabado a la rueda.

TEMA: Familia.

TIPO DE VIDRIO: Sódico cálcico.

TINTA: Charbonnel fluída. Color sepia y negro.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana manual ( Aula Taller de Xilografía. Facultad de Bellas Artes).

PROCESO: Sobre la prensa plana se prepara una cama, formada por un cartón de 2 mm. de espesor, y sobre éste la plancha, cubriéndola con el papel humedecido y cuatro bayetas de fieltro, más dos planchas de goma espuma de 2 cms. de espesor.

PRESION: El reglaje es totalmente manual por lo que no se puede medir.

INCIDENTES: Se realizaron cinco estampaciones de la misma plancha, con resultados no satisfactorios, ya que se detecta en ciertas zonas de la plancha que la impresión no es homogénea, como consecuencia de la irregular presión que sobre ella se ejerce. Esto puede ser debido a que la prensa está desequilibrada por el uso.

Nº 3. Vidrio grabado a la rueda.

TEMA: Familia. ( Fig. 111 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico - cálcico de 8 mms. de grosor.

TINTA: Charbonnel color sepia.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Tórculo de presión tangencial  
( Aula Taller de la Facultad de Bellas Artes ).

PRESION: 7,3.

PROCESO: Con el fin de amortiguar la presión de los cilindros del tórculo sobre los bordes de la plancha, y así evitar el problema de cizalladura, se experimenta la utilización de un marco perimetral de 56 x 40 cms., del mismo grosor que el de la plancha, realizado con madera prensada de gran dureza. Se coloca la plancha entintada y el marco perimetral que la rodea, sobre la platina metálica del tórculo. Se cubre con el papel húmedo de forma centrada y encima cuatro bayetas de fieltro ( 2 gruesas y 2 finas ), más una plancha de goma espuma de 2 cms. de espesor.

Se coloca el cilindro del tórculo directamente sobre el marco perimetral.

RESULTADOS: La estampa obtenida es de buena calidad; la plancha ha resistido sin dificultad la presión aplicada, y la tinta ha sido arrancada de los surcos totalmente.



Fig.111. Familia. Matriz de vidrio grabada a la rueda.

Nº 4. Vidrio grabado mediante técnica mixta de torno eléctrico y ataque por ácido.

TEMA: Cabeza de Mujer. ( Fig. 112 )

TECNICA: Mixta, torno eléctrico y ataque por ácido.

TIPO DE VIDRIO: Sódico - cálcico de 6 mms. de grosor.

TINTA: Charbonnel fluída.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa hidráulica ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes ).

PROCESO: Se sitúa la plancha matriz entintada, colocándose a su alrededor el marco perimetral. Se cubre con el papel humedecido y seis bayetas de fieltro grueso.

PRESION: La presión manométrica alcanzada fue de 2.000 p.s.i. ( 140 Kgrs. / cm<sup>2</sup> )

RESULTADOS: La estampa obtenida fue perfectamenta nítida, mejorando notablemente la calidad y definición de la estampación que de este mismo grabado, se realizó con la prensa plana manual. La plancha de vidrio no sufrió daño alguno.



Fig.112. Cabeza de mujer. Matriz de vidrio grabada al ácido.

Nº 5. Vidrio grabado mediante ataques ácidos.

TEMA: Horizontes. ( Fig. 113 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico - cálcico de 6 mms. de grosor.

TINTA: Lefranc color sepia.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana hidráulica. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes ).

PROCESO: Una vez colocada la plancha entintada sobre la base de la prensa y dentro del marco perimetral, se cubre con el papel de forma centrada situándose sobre éste 4 bayetas ( 2 gruesas y 2 finas ), y una plancha de goma espuma de 2 cms. de espesor.

PRESION: Se alcanza una presión manométrica de 1.000 p.s.i. ( 70 Kgs./ cm<sup>2</sup> ).

RESULTADOS: La plancha de vidrio ha soportado perfectamente la presión, pero en la estampa obtenida, se detectan algunas calvas en líneas repartidas homogéneamente, lo cual indican que la presión aplicada ha de ser incrementada.

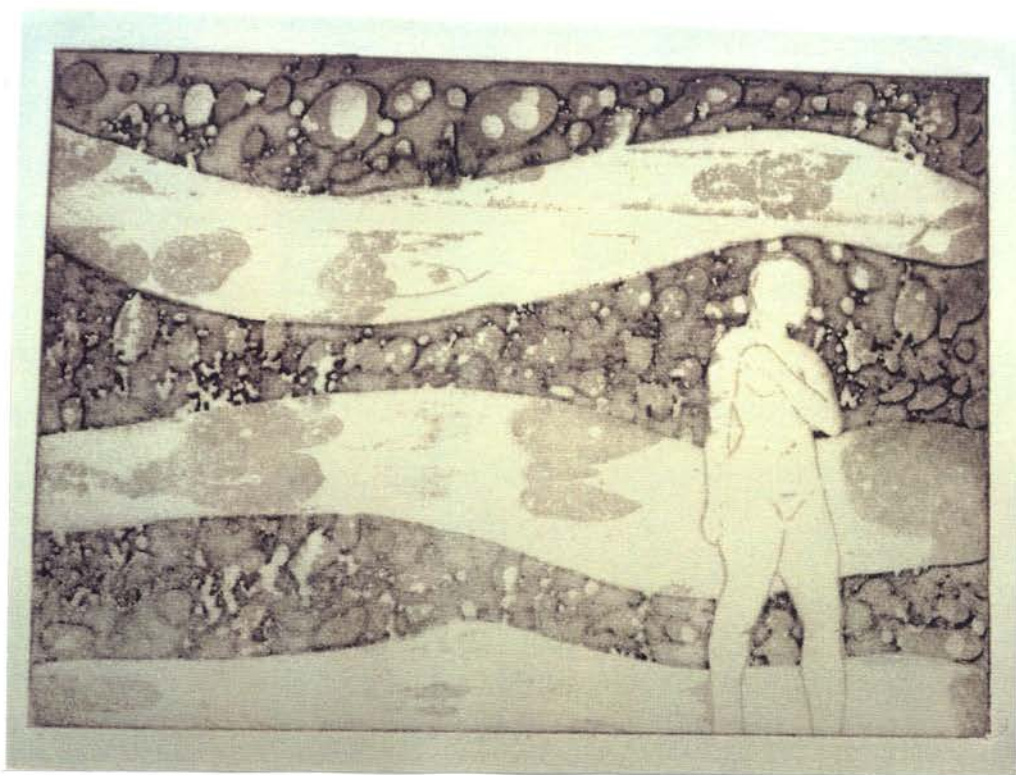


Fig.113. Horizontes. Vidrio grabado al ácido.

Nº 6. Vidrio grabado mediante ataque ácido, entintando el hueco y el relieve.

TEMA: Horizontes. ( Fig. 114 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico - cálcico de 6 mms. de grosor.

TINTA: Lefranc, colores sepia y bermellón de viscosidades distintas.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana hidráulica. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes ).

ENTINTADO: Con el objetivo de experimentar una nueva técnica de entintado, se aplica en primer lugar en los huecos la tinta color sepia, limpiando completamente las zonas en relieve. Posteriormente y mediante un rodillo duro, se aplica un segundo entintado en toda la superficie con tinta bermellón, añadiéndole unas gotas de aceite de linaza para hacerla más fluída.

PROCESO: En esta ocasión, se recurre nuevamente al marco perimetral. Se coloca sobre la plancha el papel previamente humedecido, sobre el que se crea una cama formada por seis bayetas de fieltro gruesas, de 5 mms. de grosor.

PRESION: Se incrementa la presión del manómetro hasta alcanzar las 1.600 p.s.i. ( 112 Kgrs. / cm<sup>2</sup> ).

RESULTADOS: Se ha efectuado la realización de seis estampas, todas ellas con resultado satisfactorio, sin dañar la plancha. La imagen obtenida con este procedimiento

se presenta con una ausencia de blancos. La estampa muestra la estructura negativa y positiva de la plancha.

Los resultados cromáticos de esta estampa, son una consecuencia de la conjugación de dos propiedades físicas de las tintas, su viscosidad y su tensión superficial, que evitan la mezcla de ambas.



Fig.114. Horizontes.

Nº 7. Vidrio grabado mediante ácidos.

TEMA: Mujer sobre horizonte. ( Fig. 115 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico - cálcico de 5 mms. de grosor.

TINTA: Charbonnel colores sepia y negro.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana hidráulica. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes ).

PROCESO: Se coloca el papel humedecido sobre la plancha, y sobre éste una cama formada por cuatro bayetas de fieltro ( 2 gruesas y 2 finas ). A continuación, se efectúa la presión con la prensa.

PRESION: Se alcanza una presión manométrica de 1.500 p.s.i. ( 105 Kgrs. / cm<sup>2</sup> ).

RESULTADOS: Los buenos resultados obtenidos en la estampación demuestran que la presión fue correcta. La plancha matriz ha soportado perfectamente el nivel de presión alcanzado, habiéndose realizado 6 estampaciones con la misma plancha sin que se observara deterioro alguno de la misma.

Es importante destacar que las zonas de la plancha atacadas por fluoruros actúan en la estampación como si de una aguainta se tratase. Es decir, que aparecen unos grises con distintas valoraciones que enriquecen el trabajo de línea.



Fig. 115. Mujer sobre horizonte

Plancha de vidrio grabada al ácido.

Nº 8. Vidrio grabado mediante ataques ácidos.

TEMA: Perfil. ( Fig. 116 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico - cálcico de 6 mms. de grosor.

TINTA: Charbonnel, color sepia y negro, algo fluida.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana hidráulica. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes ).

ENTINTADO: En algunas zonas de la plancha, se realizan entrapados o veladuras.

PROCESO: En esta ocasión, la impresión se realizó sin el empleo del marco perimetral.

Se coloca el papel humedecido sobre la plancha, y encima del mismo una cama formada por seis bayetas de fieltro. ( 3 gruesas de 5 mm. y 3 finas de 2mm. de grosor )

PRESION: Se alcanza una presión de 1.500 p.s.i. ( 105 Kgrs./ cm<sup>2</sup> ) .

RESULTADOS: La plancha soporta perfectamente la presión, dada la resistencia teórica del vidrio a la compresión.



**Fig.116. Perfil**

Nº 9. Vidrio grabado con tinta ácida mediante procedimiento serigráfico.

TEMA: Mujer de espalda. ( Fig. 117 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico - cálcico de 8 mms. de grosor.

TINTA: Charbonnel, color sepia, algo fluida.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana hidráulica. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes ).

PROCESO: En este caso se emplea una cama de seis bayetas de fieltro grueso.

PRESION: La presión de trabajo de esta estampación fue de 1.600 p.s.i. ( 112 Kgrs. / cm<sup>2</sup> ).

RESULTADOS: La estampación obtenida, siendo buena, no es enteramente satisfactoria. Las causas de este resultado son dos: 1º) Que el ataque por la tinta ácida de la plancha, no haya sido suficiente como para profundizar en el vidrio lo necesario, y 2º) que como consecuencia de lo anterior la presión y/o la tinta no hayan sido las adecuadas para compensar esta menor profundidad de las marcas superficiales.



**Fig.117. Mujer de espalda.**

Fig. 117. Mujer de espalda.

Nº 10. Vidrio grabado con tinta ácida mediante  
procedimiento serigráfico.

TEMA: Paralelismo. ( Fig. 118 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico - cálcico, fumé ( gris ) de 5 mms.  
de grosor.

TINTA: Charbonnel, color sepia.

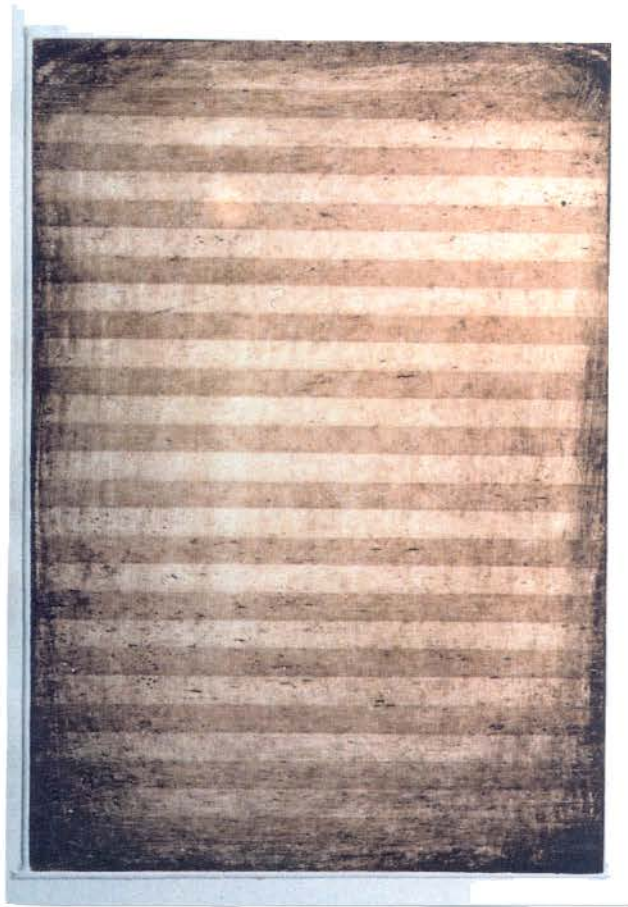
SISTEMA DE ESTAMPACION: Tórculo de presión cilíndrica  
tangencial. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas  
Artes. )

PRESION: 7,3.

PROCESO: En esta ocasión se ha empleado un marco perimetral  
de 5mm. de espesor. Una vez colocado el papel humedecido  
sobre la plancha, se ha colocado una cama compuesta por  
tres bayetas de fieltro, ( 2 gruesas y 1 fina ), más 2  
planchas de goma espuma de 2 cm. de espesor.

Para llevar a cabo la estampación, se coloca el  
rodillo del tórculo sobre el marco perimetral.

RESULTADOS: La plancha ha soportado la estampación sin  
deteriorarse. La calidad de la estampa es buena,  
obteniéndose unas texturas similares a las obtenidas con  
las resinas en el grabado sobre metal. Estas texturas  
sirven de base para ser utilizadas con otras matrices por  
superposición o con técnica mixta.



**Fig.118. Experimentación con tinta ácida**

## Nº 11. Vidrio grabado mediante tinta ácida.

TEMA: Desnudo entramado. ( Fig. 119 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico - cálcico de 6 mms. de grosor.

TINTA: Charbonnel, color sepia, cuya viscosidad ha sido disminuída mediante la adición de unas gotas de aceite de linaza.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana hidráulica. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes ).

ENTINTADO: Dado que los trazos sobre la superficie son muy ténues, como consecuencia del ataque superficial de la tinta ácida, la limpieza se ha efectuado con mucha suavidad dejando entrapada la superficie.

PROCESO: Se cubre la plancha con el papel ya preparado, y sobre éste una cama formada por seis bayetas de fieltro grueso. ( 5 mms. ).

PRESION: se alcanza una presión manométrica de 2.200 p.s.i. ( 155 Kgrs. / cm<sup>2</sup> ).

RESULTADOS: Pese al incremento de la presión empleada, la plancha de vidrio ha soportado el esfuerzo sin sufrir daño alguno, no habiendo sido necesario recurrir al marco perimetral. La estampa obtenida es satisfactoria, aunque la intensidad de los trazos del grabado, podría ser reforzada mediante un nuevo ataque por tinta ácida, o mediante el empleo de otra técnica.



Fig. 119. Desnudo entrinado  
1

Nº 12. Vidrio grabado mediante chorro de arena.

TEMA: Pájaros. ( Fig. 120 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico - cálcico, laminar de seguridad sencilla de 6 mms, de grosor.

TINTA: Charbonnel fluída, color sepia.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Tórculo de presión tangencial ( Aula Taller de Grabado de la Facultad de Bellas Artes. ).

PRESION: 7,2.

PROCESO: Para efectuar la estampación se formó una cama compuesta por cuatro bayetas de fieltro, 2 gruesas de 5 mms. y otras 2 finas de 2 mms.

RESULTADOS: se obtuvieron dos estampas con resultados satisfactorios, pero en una tercera prueba estalló la matriz pese al empleo del marco perimetral; analizadas las posibles causas, se observó una arruga en uno de los fieltros, El rodillo del tórculo, como consecuencia de esta diferencia de nivel pudo apoyarse directamente sobre el vidrio de forma no homogénea, ocasionando su fractura. Dada la característica estructural de la plancha matriz empleada ( vidrio laminar ), la rotura sólo afectó a la cara superior del conjunto vítreo, quedando la inferior intacta y adherida a la fracturada sólidamente, mediante el film de Butyrol. En un momento dado se podrían utilizar estas fracturas como elemento creador.



**Fig. 120. Pájaros**

Nº 13. Vidrio grabado mediante chorro de arena.

TEMA: Composición. ( Fig. 121 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico - cálcico laminar de 8 mms. de grosor.

TINTA: Charbonnel, color sepia.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana hidráulica. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes ).

PROCESO: Se crea una cama compuesta por cinco bayetas de fieltro grueso ( 5 mms. ), sin marco perimetral.

PRESION: Se alcanza una presión de 1.600 p.s.i. ( 112 Kgrs. /  $\text{cm}^2$  ).

RESULTADOS: La estampa obtenida ha resultado satisfactoria.



**Fig. 121. Composición de aves**

**en negativo**

Nº 14. Vidrio grabado mediante tinta ácida.

TEMA: Figuras. ( Fig. 122 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico - cálcico de 8 mms. de grosor.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa hidráulica ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes ).

PROCESO: Se forma una cama de cuatro bayetas de fieltro ( 2 gruesas y 2 finas ).

PRESION: 1.600 p.s.i. ( 112 Kgrs. /  $\text{cm}^2$  ).

RESULTADO: Se destacan las zonas de la plancha atacadas con tinta ácida, que actúan como si fuesen aguatinas muy suaves.



Fig. 122 Figuras.

Nº 15. Vidrio grabado mediante técnica mixta de chorro de arena y ácido.

TEMA: Mujer. ( Fig. 123 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico - cálcico, de 8 mms de grosor.

TINTA: Charbonnel, color sepia.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana hidráulica. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes ).

PRESION: 1.800 p.s.i. ( 126 Kgrs. /  $\text{cm}^2$  ).

ENTINTADO: Al estar la superficie de la plancha grabada con distintas granulometrías, y siendo su textura muy áspera, como resultado de los diversos ataques efectuados en su superficie, el entintado se realizó mediante muñequilla de fieltro. Previamente a su aplicación, la tinta fue templada sobre una plancha de zinc.

PROCESO: En esta ocasión no se utiliza el marco perimetral. Sobre el papel se coloca una cama compuesta por seis bayetas de fieltro ( 3 gruesas de 5mms. de grosor y 3 finas de 2 mms. de grosor ).

Resultados: Los resultados, siendo aceptables, pueden ser mejorados, intentando que la penetración de la tinta sea más homogénea. Es importante observar que el ataque por chorro de arena produce negros uniformes, luego, por ataques ácidos, se llega a conseguir toda la gama de grises.



**Fig. 123 Mujer**

Nº 16. Vidrio grabado en relieve mediante técnicas aditivas.

TEMA: Cabeza de mujer. ( Fig. 124 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico - cálcico de 6 mms. de grosor.

TINTA: Charbonnel fluída, color sepia.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana hidráulica. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes ).

PRESION: 2.000 p.s.i. ( 140 Kgrs./ cm<sup>2</sup> ).

PROCESO: Sobre la plancha se coloca el papel humedecido, al que se cubre con un conjunto de bayetas, ( 3 de 5 mms. y 3 de 2 mms. ), ejerciendo a continuación la presión prevista.

RESULTADOS: En la estampa obtenida se han encontrado diferentes calidades, fortuitas unas, e intencionadas las más, que traen como consecuencia unos trazados sobre el papel que resaltan los valores táctiles y de textura. Esta experiencia demuestra que muchos productos aditivos, como las resinas sintéticas, pueden experimentarse con resultados similares.



**Fig.124. Cabeza de mujer**

Nº 17. Vidrio grabado mediante ataques ácidos.

TEMA: Desnudo de mujer. ( Fig. 125 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico - cálcico de 8 mms. de grosor.

TINTA: Lefranc, color sepia.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana hidráulica. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes ).

PROCESO: En este caso se forma una cama a base de seis bayetas de fieltro todas ellas de 5 mms. de grosor.

PRESION: Se alcanza una presión manométrica de 2.200 p.s.i. ( 155 Kgrs. /  $\text{cm}^2$  ).

RESULTADOS: Al realizar la segunda estampación la plancha de vidrio estalló. Este resultado, en principio negativo, no puede imputarse a la plancha en sí, sino al mal estado de la platina de la prensa; no ha repartido de forma uniforme la presión en toda la superficie, por tener irregularidades que modifican la presión en puntos concretos.



Fig.125 Desnudo de mujer

Nº 18. Vidrio grabado mediante diferentes ataques ácidos.

TEMA: Figura. ( Fig. 126 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico - cálcico de 6 mms.de grosor.

TINTA: Charbonnel, de colores sepia y bistre.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana hidráulica. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes ).

ENTINTADO: La tinta antes de ser aplicada es calentada sobre paleta de zinc. La limpieza de la superficie de la plancha, dadas las especiales características del vidrio, es sumamente lisa, y exige un cuidado esmerado, llevándose a cabo mediante gasas y tarlatana.

PROCESO: Se deja caer el papel sobre la plancha y se cubre con una cama formada por seis bayetas de fieltro de 5 mms. de grosor.

PRESION: Se trabaja con una presión manométrica de 2.200 p.s.i. ( 155 Kgrs. / cm<sup>2</sup> ).

RESULTADOS: La estampación obtenida es satisfactoria. La tinta es arrancada de los surcos del dibujo. Los distintos ataques efectuados en la plancha a base de fluoruros ácidos, actúan como si fuesen aguatinas, reteniendo la tinta y produciendo distintos tonos de grises.



Fig. 126. Figura.

Nº 19. Vidrio grabado mediante ataques ácidos.

TEMA: Figura con collar. ( Fig. 127 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico - cálcico de 6 mms. de grosor.

TINTA: Charbonnel, colores sepia y bistre.

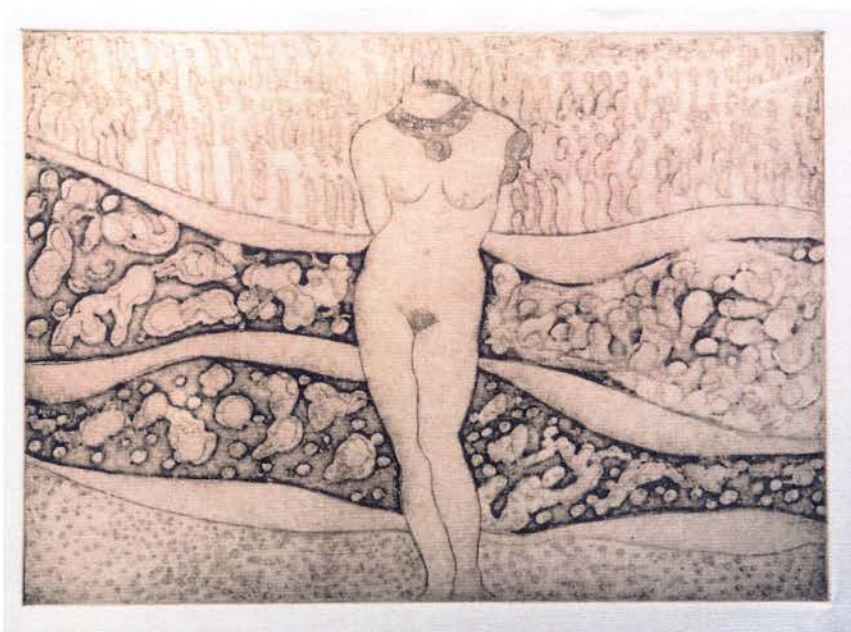
SISTEMA DE ESTAMPACIÓN: Prensa plana hidráulica. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes ).

ENTINTADO: Previamente a su aplicación la tinta es calentada en plancha de zinc. Una vez efectuado el reparto de la tinta sobre la plancha, se limpia la tinta sobrante con tarlatana con suaves movimientos rotatorios, evitando un exceso de limpieza pues ésto puede ocasionar el arrastre de la tinta de las incisiones.

PROCESO: se superpone sobre el papel una cama formada por seis bayetas de fieltro, 3 de 5 mms. de grosor, y 3 de 3 mms..

PRESION: Se ejerce una presión manométrica de 2.200 p.s.i. ( 155 Kgrs. / cm<sup>2</sup> ).

RESULTADOS: El resultado es positivo e interesante. Se ha obtenido una estampa de calidad, donde aparecen valores grises que enriquecen la obra y que corresponden a zonas mateadas de la plancha.



**Fig.127 Figura con collar.**

Nº 20. Vidrio grabado mediante ataque ácido.

TEMA: Figura con collar II. ( Fig. 128 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico - cálcico de 6 mms. de grosor.

TINTA: Charbonnel, colores sepia y bermellón.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana hidráulica. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes ).

ENTINTADO: Se utilizan dos colores básicos, uno para la imagen grabada y otro para el relieve. El color de fondo se aplica con rodillo sobre la plancha, una vez que se ha entintado con el color sepia y limpiado su superficie.

PROCESO: Se deposita el papel sobre la plancha y se cubre con una cama formada por seis bayetas de fieltro, 3 de 5 mms. de grosor y 3 con 3mms..

PRESION: Para estampar, se alcanzó una presión manométrica de 2.200 p.s.i. ( 155 Kgrs. / cm<sup>2</sup> ).

RESULTADOS: Se ha efectuado una estampación a dos colores en un solo tiraje. El color depositado en los huecos más profundos produce la sensación óptica de relieve en la estampa realizada.



**Fig.128. Figura con collar II**

Nº 21. Vidrio grabado mediante distintos ataques ácidos.

TEMA: Figura. ( Fig. 129 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico cálcico de 6 mms. de grosor.

TINTA: Charbonnel, colores sepia y bistre.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana hidráulica ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes ).

ENTINTADO: Se mezclan las tintas sobre una paleta de zinc y se templan colocando ésta sobre la chofereta.

PROCESO: Se deposita con cuidado el papel humedecido sobre la plancha, y se cubre con una cama compuesta por 3 bayetas de 5 mms. de grosor y 2 de 2mms..

PRESION: Se trabaja con una presión manométrica de 2.200 p.s.i. ( 155 Kgrs./ cm<sup>2</sup> ).

RESULTADOS: La estampación artística obtenida es satisfactoria. Son muy interesantes los valores grises obtenidos, semejante en resultados al aguainta.

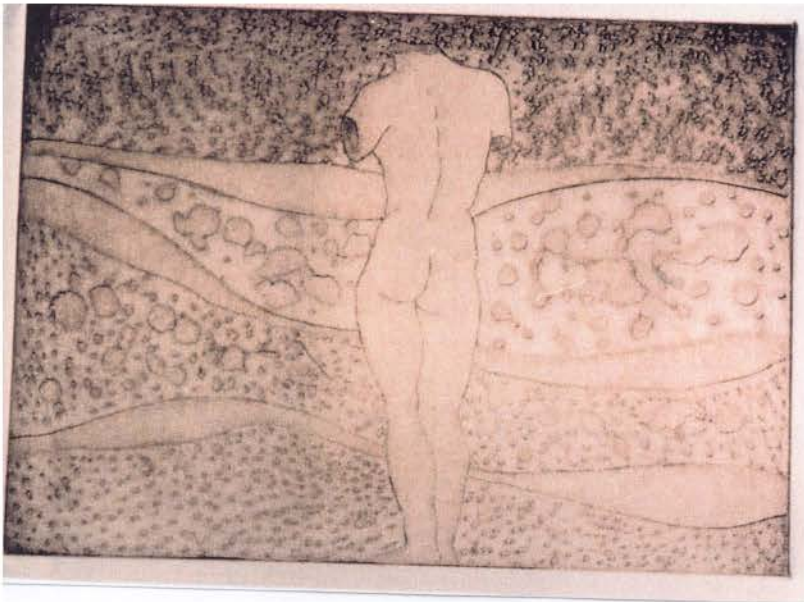


Fig. 129. Figura.  
ce una presiur

## Nº 22. Vidrio grabado mediante ataques ácidos.

TEMA: Formas. ( Fig. 130 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico - cálcico de 6 mms. de grosor.

TINTA: Charbonnel, colores sepia y bistre.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana hidráulica. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes ).

ENTINTADO: Esta plancha fue repetida dos veces, dado que la primera vez se procedió de la misma manera que si de un grabado con plancha metálica se tratase, es decir que se quiso calentar la plancha directamente colocándola sobre la chofereta ya caliente. Como consecuencia de esta operación se produce una diferencia brusca de temperaturas, muy localizada en una zona determinada de la plancha de vidrio, lo cual ocasionó un choque térmico que condujo a la rotura.

Con la segunda plancha realizada con el mismo tema, y con el fin de evitar la tensión térmica en la plancha de vidrio, se procedió como en la plancha Nº 19.

PROCESO: Se coloca el papel humedecido encima de la plancha, y se cubre con una cama formada por cuatro bayetas de fieltro grueso de 5 mms..

PRESION: Se ejerce una presión manométrica de 2.350 p.s.i. ( 165 Kgrs./ cm<sup>2</sup> ).

RESULTADOS: La plancha de vidrio soporta perfectamente el incremento de presión. La estampa obtenida es satisfactoria, destacando los valores grises logrados, que enriquecen la imagen impresa.

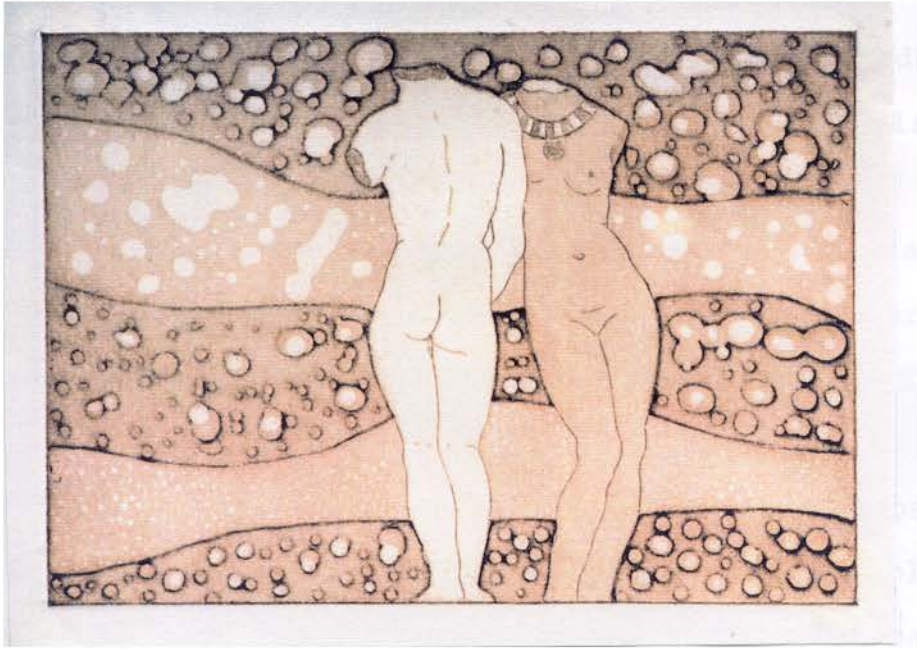


Fig.130. Fornas.

Nº 23. Vidrio grabado mediante chorro de arena.

TEMA: Añoranza. ( Fig. 131 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico cálcico de 8 mms. de grosor.

TINTA: Charbonnel, color sepia.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana hidráulica. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes. ).

ENTINTADO: Dado que el chorro de arena produce en la plancha un tipo de puntillismo muy agresivo, la tinta se extiende mediante muñequilla de fieltro.

PROCESO: Se cubre el papel humedecido con una cama formada por cuatro bayetas de fieltro de 5 mms. de grosor.

PRESION: Se ejerce una presión manométrica de 2350 p.s.i. ( 165 Kgrs. / cm<sup>2</sup> ).

RESULTADOS: Como consecuencia de los distintos relieves producidos por el chorro de arena en la plancha, se obtienen en la estampación distintas gamas grises aterciopeladas. Podemos decir que la creación de la imagen a partir de este procedimiento nos produce unos resultados semejantes a monotipos, con la ventaja de poderse realizar series de estampación.



**Fig.131. Añoranza.**

Nº 24. Vidrio grabado al ácido. Técnica de azúcar.

TEMA: Naturaleza muerta. ( Fig. 132 )

TIPO DE VIDRIO; Sódico cálcico de 3mms. de grosor.

TINTA: Charbonnel, color sepia.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana hidráulica. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes. ).

PROCESO: En este caso se efectuó un ensayo con una cama fina formada por tres bayetas de 5 mms. de grosor.

PRESION: 2000 p.s.i. ( 140 Kgrs. / cm<sup>2</sup> ).

RESULTADOS: Hay que resaltar que pese a ser la plancha de 3 mms. de grosor, lo que la convierte en la más fina de la empleadas, los resultados fueron satisfactorios.

Las oxidaciones irregulares obtenidas mediante la técnica del azúcar, sirven de base para continuar trabajando la plancha con otra técnica.



**Fig.132. Naturaleza muerta.**

Nº 25. Vidrio grabado al ácido con técnica serigráfica.

TEMA: Texturas. ( Fig. 133 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico cálcico de 4 mms. de grosor.

TINTA: Charbonnel, color sepia. de 5 mms. de grosor.

SISTEMA DE ESTAMPACIÓN: Prensa plana hidráulica. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes. )

PROCESO: Se cubre el papel humedecido con una cama compuesta por cinco bayetas de fieltro grueso de 5 mms.

PRESION: Se ejerce una presión manométrica de 2350 p.s.i. ( 165 kgrs. /  $\text{cm}^2$  ).

RESULTADOS: Las texturas obtenidas semejantes a las resinas pueden ser utilizadas con otras matrices en técnicas mixtas.

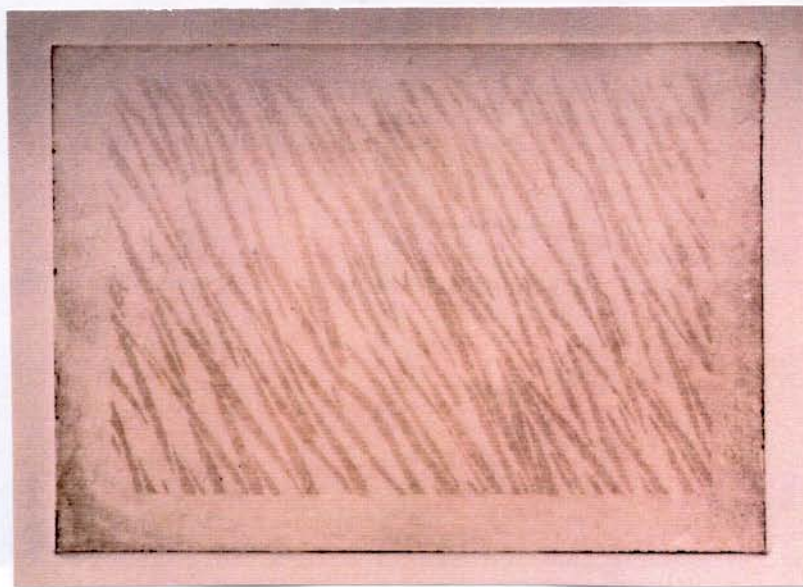


Fig.133. Texturas.

Nº 26. Vidrio grabado al ácido con aplicación de técnica serigráfica.

TEMA: Composición. ( Fig. 134 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico cálcico de 5 mms. de grosor.

TINTA: Charbonnel, color bistre.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana hidráulica. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes. ).

PROCESO: La cama empleada en esta estampación está formada por 2 bayetas gruesas de 5 mms. y 2 planchas de goma espuma de 2cms. de grosor. ( 105 Kgrs. / cm<sup>2</sup> )

RESULTADOS: Los distintos tonos de grises junto con las calidades obtenidas son satisfactorios. los grises son más intensos.



Fig.134. Composición.

Nº 27. Vidrio grabado con chorro de arena.

TEMA: Llave. ( Fig. 135 ).

TIPO DE VIDRIO: Sódico cálcico de 8 mms. de grosor.

TINTA: Lefranc, color sepia.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana hidráulica ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes ).

PROCESO: Se sitúan sobre el papel seis bayetas de fieltro, 3 de 5 mms. y 3 de 3 mms. de grosor.

PRESION: 1500 p.s.i.. ( 105 Kgrs. / cm<sup>2</sup> ).

RESULTADOS: En las zonas donde el chorreado fue más fuerte, como consecuencia del " puntillismo " obtenido, los grises son más intensos.



**Fig.135. Llave.**

Nº28. Vidrio taladrado. Comportamiento.

TEMA: Composición. ( Fig. 136 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico cálcico laminar de seguridad sencilla.

TINTA: Charbonnel, colores negro y bermellón.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana hidráulica. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes ).

PROCESO: La plancha taladrada con brocas de diamante se entinta primeramente con color negro, limpiándose a continuación. Se realiza un segundo entintado con tinta de color y más fluida mediante rodillo.

Se crea una cama de cuatro bayetas de fieltro de 5 mms. de grosor.

PRESION: Se ejerce una presión de 2000 p.s.i. ( 141 Kgrs. /  $\text{cm}^2$  ).

RESULTADOS: Pese al número y distribución de los taladros, la plancha resistió sin ningún problema la presión aplicada.

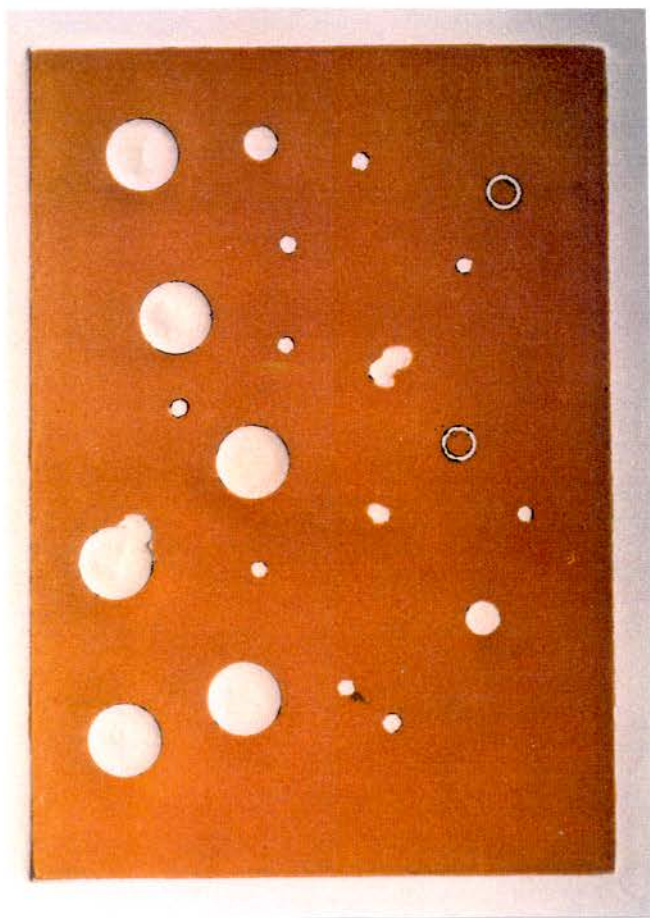


Fig.136. Composición.

Nº 29. Vidrio armado de superficie ondulada.

TEMA: TEXTURAS. ( Fig. 137 )

TIPO DE VIDRIO: Sódico cálcico, armado de 6 mms. de grosor.

TINTA: Charbonnel, color sepia y negro.

SISTEMA DE ESTAMPACION: Prensa plana hidráulica. ( Aula Taller de Grabado. Facultad de Bellas Artes ).

ENTINTADO: Mediante rodillo duro.

PROCESO: La cama empleada estaba compuesta de cuatro bayetas de fieltro, de 5 mms. de grosor.

PRESIÓN: valor manométrico alcanzado 2200 p.s.i.. ( 155 Kgrs. /  $\text{cm}^2$  ).

RESULTADOS: Se demuestra que este tipo de matriz vítrea es válida.

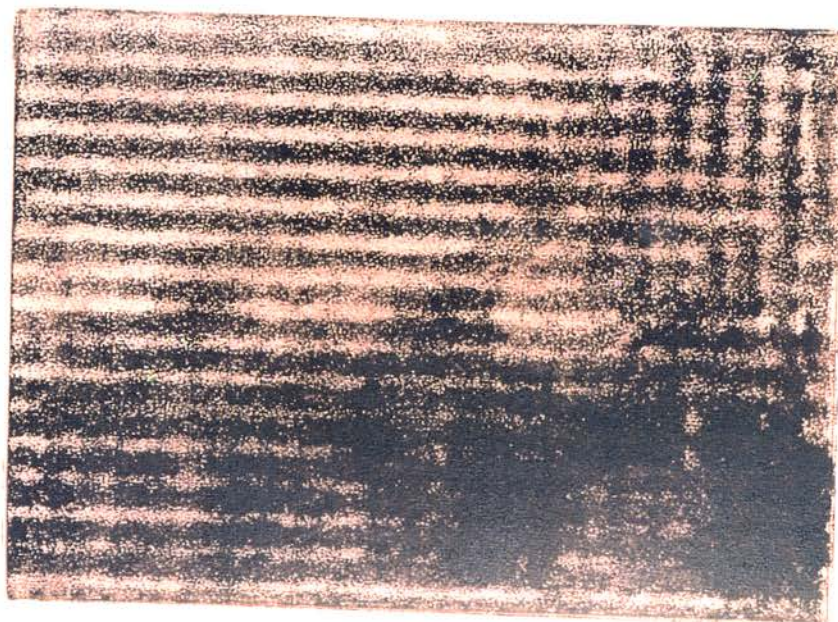


Fig.137. Texturas. Comportamiento de matriz.

## RESUMEN

El estudio del grabado sobre vidrio y su posible estampación, se inició motivados por el deseo de la aplicación artística de este noble material al mundo de las Bellas Artes.

La consulta bibliográfica en el aspecto teórico, nos llevó a las fuentes doctrinales y al conocimiento de las técnicas tradicionales del arte de grabar el vidrio.

Este trabajo se ha centrado básicamente en cinco etapas:

A ) En la primera etapa, se ha desarrollado una investigación histórica totalmente rigurosa sobre la importancia del grabado del vidrio en la cultura del hombre.

B ) La segunda etapa nos permite conocer las características intrínsecas del vidrio mediante el estudio de las más importantes de sus propiedades físicas y químicas, como son por ejemplo: dureza, atacabilidad, fragilidad, resistencia a la compresión y a los cambios de temperatura.

C ) La tercera etapa es una investigación de las técnicas tradicionales empleadas para grabar el vidrio, teniendo en cuenta, que era éste el único objetivo final que se buscaba hasta ahora; es decir, se grabó sobre vidrio pero generalmente en piezas volumétricas aplicadas a fines decorativos.

Estas técnicas de grabado las hemos clasificado en directas e indirectas, existiendo una aplicación combinada de algunas de ellas, que denominamos técnicas mixtas, marcando el grado de aplicación posible para su empleo en planchas de vidrio.

D ) La cuarta etapa, totalmente creativa y original en el arte del grabado, es la racionalización de los métodos de grabado sobre vidrio, partiendo de los conocimientos de las técnicas tradicionales, e investigando de forma práctica, creativa y personal, métodos que tienen en cuenta las propiedades fisicoquímicas del vidrio, con el fin de obtener una matriz de estampación.

Para ello, se han realizado numerosas planchas experimentales de vidrio de 10 x 10 cms., acompañadas de un estudio microscópico, donde se analizan los distintos ataques de ácidos, combinando concentraciones, tiempos y temperaturas de los baños.

A lo largo de los trabajos prácticos, se han creado cincuenta planchas de vidrio ( matrices ), grabadas con obra propia con un carácter estético y artístico, intentando agotar todos los procedimientos de incisión directa e indirecta, hasta lograr una matriz de estampación.

Las técnicas utilizadas en la creación de estas planchas grabadas y en la investigación experimental de diversas formulaciones se reflejan a continuación en orden cronológico de empleo.

Métodos directos:

- Grabado con punta de diamante.  
( Semejante a la punta seca ).
- Grabado mediante rueda.
- Grabado mediante torno eléctrico.

Métodos indirectos:

- Grabado químico mediante ataques ácidos. ( Incisiones ).
- Grabado químico de mateado.
- Grabado químico mediante aplicación serigráfica.
- Grabado químico mediante tintas ácidas.

Métodos mixtos:

- Grabado mediante combinaciones de técnicas directas y ataques ácidos.

En las realizaciones de grabado sobre planchas de vidrio, se han unificado criterios en cuanto al formato de las planchas, utilizándose de forma general, las dimensiones 29 x 21 cms..

El vidrio empleado para las planchas base fue siempre, químicamente hablando, del tipo sódico - cálcico, por ser éste el más utilizado comercialmente para la elaboración del denominado " vidrio plano ". Dentro de esta clasificación general, se trabajó con varios tipos:

- Vidrio sencillo de 3, 5, 6 y 8 mms. de grosor.
- Vidrio laminar de doble capa. ( Seguridad sencilla ).
- Vidrio reflectante. ( Coolite ).
- Vidrio armado.

E ) La quinta etapa consiste en el estudio del entintado de la plancha grabada con obra propia y su posterior estampación sobre papel.

En el caso de las tintas, se experimentó con las diversas posibilidades que éstas presentaron:

- Tinta única de un solo color.
- Dos tintas.
- Tinta más aceite de linaza.
- Tinta a temperatura ambiente.
- Tinta calentada.

Para llevar a cabo la estampación propiamente dicha, se recurrió a distintos sistemas mecánicos:

- Tórculo de presión tangencial.
- Prensa plana manual xilográfica.
- Prensa plana hidráulica.

graduando las presiones, cambiando la configuración de las camas y, en ocasiones, se utilizó una serie de marcos perimetrales ideados y diseñados durante el desarrollo de este trabajo.

## CONCLUSIONES A LA TESIS.

Los resultados más importantes derivados de esta tesis, son los siguientes:

19. Perfecta viabilidad del uso del vidrio como matriz de estampación, utilizando técnicas de grabado en hueco y de grabado en relieve. La resistencia del vidrio a la compresión permite su uso y su falta de maleabilidad le confiere ventajas sobre los materiales clásicos.

29. Es importante garantizar que los bordes de la plancha sean biselados o pulidos, con el objeto de reducir al máximo los efectos negativos que producen las pequeñas microfisuras originadas en el proceso de corte de la plancha.

39. El vidrio, si ha de ser calentado ( proceso de entintado ), ha de serlo de forma homogénea y controlada, con el fin de evitar el efecto de choque térmico. Para facilitar el entintado, de ser considerado necesario el calentamiento de la tinta, ha de efectuarse previamente a su aplicación sobre la superficie de la plancha.

49. En cuanto a los métodos de estampación aplicados, el empleo de una prensa plana es el más viable y seguro y, si todos los elementos que intervienen están en las debidas condiciones de utilización, transmisión de la presión uniforme, y colocados debidamente con suficientes bayetas, no debe existir problema alguno para obtener una estampa en perfectas condiciones.

50. El uso del tórculo de presión tangencial es también factible, siempre y cuando se emplee para la estampación el marco perimetral. En este caso adquiere una importancia vital el estado de los bordes o cantos de la plancha.

60. En lo que se refiere a las técnicas de grabado, pueden ser empleadas casi todas las de hueco, relieve y aditivas, junto a las específicas del grabado en vidrio tradicionales, rueda y muela. Si se recurre a las técnicas con mordientes de grabado sobre vidrio, baños en soluciones ácidas y tintas de esta misma naturaleza, su empleo tiene la desventaja de exigir unas condiciones de trabajo y una serie de elementos de seguridad muy grandes, dada la peligrosidad de los ácidos que se utilizan y los vapores desprendidos con los mordientes, así como el polvo de vidrio que se desprende en las técnicas directas.

79. Respecto a la técnica del chorro de arena hay que reseñar que se obtienen distintas texturas y granulometrías, que retienen muy bien la tinta para la estampación. El chorro de arena produce una variedad de tonos, como la punta seca, que va desde el más claro de los grises al más oscuro de los negros.

80. Comparando el empleo de una plancha de vidrio con una plancha metálica, de madera o de piedra existen una serie de ventajas a favor de la primera.

Estas ventajas son las siguientes:

a). En las estampaciones de planchas grabadas de tipo intaglio, que utilizan en particular zinc, cobre o madera, en función del número de veces que la plancha sufre la presión de la prensa, la imagen que se obtiene se debilita, debido a que los materiales tradicionales son maleables y sufren un movimiento cada vez que la prensa pasa sobre ellos. Esto ocurre claramente en las incisiones a punta seca y aguatinata, cuya definición va disminuyendo en función de las veces que se estampa. Esta es una de las razones por la que los grabados de este tipo son más nítidos en las primeras estampas, y se deterioran después paulatinamente hasta perder definición.

La plancha de vidrio no plantea este problema al estampar, ya que su nitidez y perfección de imagen son iguales de la primera a la última estampa, si el entintado es el mismo.

b). La plancha de vidrio es transparente, lo cual facilita el trabajo al utilizar imágenes invertidas, pues sólo con girar la plancha, se puede observar cómo quedará la imagen una vez estampada. Evita el calco de los bocetos al ponerlos debajo.

En el proceso de entintado se puede verificar la cantidad del mismo, colocando la plancha en una mesa de luz blanca. Esto es realmente importante cuando se han conseguido tonos grises muy suaves, zonas prácticamente limpias de tinta, pues garantiza la perfecta distribución de la tinta.

c). La resistencia de la superficie del vidrio al ataque químico garantiza que no habrá interacción entre este material y las tintas empleadas, como ocurre cuando las empleamos en planchas de zinc o cobre, si no están galvanizadas.

d). Dada la carencia de porosidad de las planchas de vidrio, su limpieza es mucho más fácil y rápida.

9). Como conservación de las matrices no existe ningún problema, se mantienen en el tiempo sin conservantes. Las roturas son el mayor riesgo; debe evitarse que sean golpeadas.

Creemos haber demostrado que el empleo de las planchas de vidrio como matriz para grabado y estampación no sólo es posible, sino que presenta ciertas ventajas respecto a los materiales clásicos que se utilizan en los sistemas tradicionales de grabado.

APENDICES.

1. Bibliotecas consultadas en el desarrollo de la investigación:

- \_ Archivo y Biblioteca de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando. Madrid.
- \_ Biblioteca del Centro Escuela de Vidrio Catalán. Barcelona.
- \_ Biblioteca del CIDA, Cristalería Española. Avilés. ( Asturias ).
- \_ Biblioteca del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.
- \_ Biblioteca del Corning Museum of Glass. Corning. New York ( E.E.U.U. ).
- \_ Biblioteca de la Facultad de Bellas Artes de Madrid. Madrid.
- \_ Biblioteca del Museo Arqueológico. Madrid.
- \_ Biblioteca del Museo de Artes Decorativas. Madrid.
- \_ Biblioteca del Museo Lázaro Galdiano. Madrid.
- \_ Biblioteca del Museo del Prado. Madrid.
- \_ Biblioteca Nacional. Madrid.
- \_ Fundación Nacional del Vidrio. La Granja. ( Segovia ).
- \_ Instituto de Cerámica y Vidrio. Arganda. ( Madrid ).

## 2. Personas y Centros consultados.

- \_ Azcue, Leticia. Conservadora del Palacio Real. Madrid.
- \_ Barandica, Sres. de. Coleccionistas. Madrid.
- \_ Carrete, Juan. Conservador de la Calcografía Nacional.  
Madrid.
- \_ Denamiel, Lucía. MEMBA. Illescas ( Toledo ).
- \_ Fernández Navarro, José María. C.S.I.C.. Arganda del Rey.  
( Madrid ).
- \_ Gandarillas, Francisco. CRIVISA. Azuqueca de Henares.  
( Guadalajara ).
- \_ García Cano, José Miguel. Museo Arqueológico. Murcia.
- \_ Heuermann, Lore. Grabadora de Vidrio. Viena ( Austria ) \_
- Jendrefschik, Irmgard. Düsseldorf. Alemania.
- \_ Joglar, Angel. CIDA. Avilés. ( Asturias ).
- \_ López, Celestino. F.C.N.V.. La Granja. ( Segovia ).
- \_ Lavados Paradinas, Pedro. Museo Arqueológico. Madrid. -
- Lorenzo, J. Raimundo de. Fundación Centro Nacional del  
Vidrio. La Granja. ( Segovia ).
- \_ Luna, Juan José. Conservador del Museo del Prado. Madrid.
- \_ Macarrón, Alejandro. Grabador. Madrid.
- \_ Menéndez, Alejandro. DEVIMA. Fuenlabrada. Madrid.
- \_ Ramírez Montesinos, Elena. Museo de Artes Decorativas.  
Madrid.
- \_ Moore, Patrick. Anticuario. Madrid.
- \_ Muñoz, Pilar. Directora del Centro Escuela de Vidrio  
Catalán. Barcelona.

- \_ Muñoz de Pablos, Carlos. F.C.N.V.. La Granja.( Segovia ).
- \_ Nieto, Victor. F.C.N.V.. La Granja. ( Segovia ).
- \_ Raurell, Cristina. Historiadora. Madrid.
- Ruiz de Alcón, Mª Teresa. C.S.I.C.. Madrid.
- \_ Sánchez, Mª Jesús. Museo de Artes Decorativas. Madrid.
- \_ Santiago Calvo, Joaquín. Grabador. Polendos. ( Segovia)
- \_ Tena, Carmen. Grabadora. Madrid.

3. Talleres y laboratorios donde se han efectuado trabajos prácticos de experimentación de matrices y estampación de obra propia:

- \_ DEVIMA S.A.. Taller de Grabado. Fuenlabrada. ( Madrid ).
- \_ Facultad de Bellas Artes. Aula Taller de Grabado Calcográfico.
- Facultad de Bellas Artes. Aula Taller de Xilografía. -
- \_ Laboratorio del CIDA. Avilés. ( Asturias ).
- \_ Laboratorio de CRIVISA. Azuqueca ( Guadalajara ).
- \_ MEMBA S.A.. Taller de Grabado. Illescas. ( Toledo ).
- Taller Escuela de la Fundación Centro Nacional del Vidrio. La Granja . ( Segovia ).
- \_ Taller de Grabado de D. Joaquín Santiago Calvo. Polendos. ( Segovia ).

MATRICES DE VIDRIO Y ESTAMPAS DE LA AUTORA.

1. Matrices de vidrio.

Nº.	Técnica.
1 . HEXAGONO.....	Punta de diamante.
2 . FAMILIA .....	Grabado a la rueda.
3 . CABEZA DE MUJER .....	Mixta: ataques ácidos y torno eléctrico.
4 . HORIZONTES .....	Acido.
5 . MUJER SOBRE HORIZONTE .....	Acido.
6 . PERFIL .....	Acido.
7 . MUJER DE ESPALDAS .....	Tinta ácida.
8 . COMPOSICION .....	Tinta ácida.
9 . DESNUDO ENTRAMADO .....	Tinta ácida.
10 . HOMBRE DESNUDO .....	Tinta ácida.
11 . COMPOSICION DE TEXTURAS .....	Tinta ácida.
12 . COMPOSICION .....	Tinta ácida.
13 . BODEGON .....	Tinta ácida.
14 . PAJAROS .....	Chorreado de arena.
15 . PAJAROS II .....	Chorreado de arena.
16 . AÑORANZA .....	Chorreado de arena.
17 . MUJER .....	Mixta: chorreado de arena y ácido.
18 . CABEZA DE MUJER .....	Aditiva.
19 . DESNUDO .....	Mixta: ácidos.
20 . FIGURAS .....	Mixta: ácidos.

- 21 . FORMAS ..... Ataques ácidos.
- 22 . FIGURA CON COLLAR ..... Ataques ácidos.
- 23 . NATURALEZA MUERTA ..... Al azúcar.

2. Estampas.

Nº.	Técnica.
1 . HEXAGONO .....	Una tinta sobre papel Super Alfa.
2 . CABEZA DE MUJER .....	Idem.
3 . HORIZONTES .....	Idem.
4 . HORIZONTES.....	Dos tintas sobre papel Super Alfa.
5 . MUJER SOBRE HORIZONTE .....	Una tinta sobre papel Super Alfa.
6 . PERFIL .....	Idem.
7 . MUJER DE ESPALDAS .....	Idem.
8 . PARALELISMO .....	Idem.
9 . DESNUDO ENTRAMADO .....	Idem.
10 . PAJAROS .....	Idem.
11 . COMPOSICION DE AVES .....	Idem.
12 . FIGURAS .....	Idem.
13 . MUJER .....	Idem.
14 . CABEZA DE MUJER .....	Idem.
15 . DESNUDO DE MUJER .....	Idem.
16 . FIGURAS .....	Idem.
17 . FIGURA CON COLLAR .....	Idem.

- 18 . FIGURA CON COLLAR II ..... Dos tintas sobre  
papel Super Alfa.
- 19 . FIGURA ..... Una tinta sobre papel  
Super Alfa.
- 20 . FORMAS ..... Idem.
- 21 . AÑORANZA ..... Idem.
- 22 . NATURALEZA MUERTA ..... Idem.
- 23 . TEXTURAS ..... Idem.
- 24 . COMPOSICION ..... Idem.
- 25 . LLAVE ..... Idem.
- 26 . COMPOSICION..... Dos tintas sobre  
papel Super Alfa.
- 27 . TEXTURAS ..... Una tinta sobre papel  
Super Alfa.

## BIBLIOGRAFIA

- ANGULO INIGUEZ, D., "Catálogo de las alhajas del Delfín", Museo del Prado, 1989.
- ARCHIVO DE LA REAL ACADEMIA DE BELLAS ARTES DE S. FERNANDO. Libro Primero de Actas, Juntas Particulares, Ordinarias y Públicas, Acta del 18 del XII del 1764.
- ARCHIVO DE LA REAL ACADEMIA DE BELLAS ARTES DE S. FERNANDO. Libro de actas de Juntas Particulares Ordinarias y Públicas, desde 1753 hasta 1757.
- ARCHIVO GENERAL DE PALACIO. Caja 2697/23.
- ARCHIVO GENERAL DE PALACIO. Caja 599/23.
- ARTIÑANO, P.N. Los orígenes de la fabricación del vidrio y su introducción en España. Madrid, Hanser y Menet 1930.
- A.S.T.M. Definitions of Terms Relating to Glass and Glass Products. Norma: C 162-80.
- BALDRICH JAINÉ; "El Trabajo del Vidrio"; Ed. Sintet, Enciclopedia Práctica nº 103, p. 108.
- C.S.I.C., Arganda del Rey.
- BONET CORREA, A. (Coord). Historia de las Artes Aplicadas e Industriales en España. Manuales Arte Cátedra. Madrid 1987.
- BONFILS, ROBERT. Iniciación al grabado. Ed. Poseidón, Buenos Aires, 1954.
- BOTTINEAU, YVES. L'Art Baroque.
- CABO DE LA SIERRA, GONZALO. Grabados, litografías y serigrafías: Técnica y procedimientos. Esti-arte, Madrid, 1981
- CATALOGO. Tecnología y arte del vidrio del S.XVIII. Ed. Fundación Centro Nacional del Vidrio.
- CATALOGO MUSRO DE BELLAS ARTES DE ASTURIAS. Arte e Industria de Gijón. 1991.
- COCHET, G., El grabado. Historia y técnica. Ed. Poseidón, Buenos Aires, 1947.
- CHAMBERLEIN, WALTER., Grabado al agua fuerte. Ed. Blume, 1988.
- CHARLESTON, Robert J., Masterpieces of Glass. Harry N. Abrams, INC., Publishers, New York. edition 1990.

DAWSON, J. Y OTROS, Guía completa de grabado e impresión. Técnicas y materiales. Ed. Blume. Madrid, 1982.

ENCICLOPEDIA UNIVERSAL ESPASA CALPE. Edición 1929. Tomo 68.

DRACHTOVA, OLGA El arte del vidrio en Europa. Ed. Libsa, Madrid 1990.

FERNANDEZ NAVARRO, J.M.. El vidrio. C.S.I.C. Instituto de Cerámica y Vidrio. Madrid 1985.

FERNANDEZ VILLAMIL, C., Las artes aplicadas, Madrid 1975.

FERRAN, HUDIG., Diamond Engraving. 1935.

FRANCESCHINI, F.; Vetro e Silicati, Nº14 1970.

FRANCESCHINI, F.; L'Incisione all'acido. Vetro e Silicati. Nº 80. 1970.

GARCIA MARTIN, M., Vidrieras de un jardín de vidrios. Ed. Catalana de Gas y Electricidad S.A. Barcelona 1981.

GATEAU, JEAN CHARLES, El vidrio, Ed. Ert. R. Torres. Barcelona, 1976.

GONZALEZ PEÑA, MA LUISA, "Vidrios Españoles", Artes del Tiempo y del Espacio, Editora Nacional.

GONZALEZ PEÑA, MA. L., Origen y difusión del vidrio. Ed. Nacional. Colec. Artes del tiempo y del espacio.

GRABADO EN VIDRIO II. Revista Techni-Arte Nº8. Enero 1989.

GREENE, C. Glass. Scientific American. Enero 1961.

GUDIOL Y RICART, J., Los vidrios catalanes. Monumenta Cataoniae, Vol. III, Barcelona. Alpha 1941.

GUDIOL Y RICART Y ARTIÑANO P.M., Resumen de la historia del Vidrio, 1935.

HAGY, E. Handbook of Glass Technology. Books for the Industry. N. Y.

HADEN, H.J., Cameo Glass Artists. Glass Technology, Vol. 27, Nº 5, October 1986.

HELGUERA QUIJADA, J. Arte y tecnología del vidrio. Ed. Fundación Centro Nacional del Vidrio.

JACQUEMIN, J.M., Propiedades mecánicas del vidrio. Separata Sept. 1977.

KLEIN & LLOYD; The History of the Glass; Crescent Books, New York.

LARRAYA, T., Técnicas del grabado artístico. Ed. Molino, Buenos Aires, 1944.

LOPEZ GARCIA, C. Fundación Centro Nacional del Vidrio. ( Separata ).

C.S.I.C. 1969.

- MALTESSE, C (Coord); "Las Técnicas Artísticas"; Ediciones Cátedra.
- NIHAJLOVA, O.B., Spanisch Glas aus der Ermitage. Leipzig, 1975 (versión española).
- MOORE, PATRICK. Catálogo exposición. Dic. 1991. Madrid.
- NIETO ALCAIDE, VICTOR. Arte y tecnología del vidrio. Ed. Fundación Centro Nacional del Vidrio.
- NORMAN, BARBARA., Glass Engraving. Ed. David & Charles London. 1981.
- ORGAZ, F y JIMENEZ, I. Bol. Sdad. Española de Cerámica y Vidrio. Vol. 21, Nº3.
- ORGAZ, F y JIMENEZ, I. El proceso de mateado del vidrio. Instituto de Cerámica y Vidrio. ( Separata )
- PALME KÖNIG, P. Gravure du verre et polissage du verre a l'acide. Skalar - Keramik 1965. Checoslovaquia.
- PEREZ BUENO, L., Vidrios españoles en el extranjero, S. XVI, XVII y XVIII. Ed. Tipografía de Archivos de Olazaga 1936.
- PEREZ BUENO, L., Vidrios y vidrieras. Barcelona. Ed. Alberto Martín. 1942.
- PEREZ BUENO, L., L'Arte Vetraria de Neri, su conexión con las Reales Fábricas de cristales establecidas en S. Ildefonso. Archivo Español de Arte. Madrid, 1945. T. XVIII, Nº 70.
- RAWSON, M. Inorganic Glass Forming Systems. Academic Press.
- REAL FABRICA DE CRISTALES. LA GRANJA. Segovia. Catálogo Exposición de Strasburgo 1991. Ed. Fundación Centro Nacional del Vidrio.
- RICO Y SIMOBAS, M., Tratado del vidrio y sus artífices en España. Madrid 1973.
- RUBIO MARTINEZ, M.; Ayer y Hoy del Grabado. Y sistemas de estampación: Historia, técnica. Ed. Tarraco, Tarragona, 1979.
- RUIZ ALCON, Mª. T., Influence des verrières de l'Europe Central dans la fabrication des cristaux, de La Granja de S. ILDEFONSO. ( Separata ). Publicación por la Academia de Budapest.
- RUIZ ALCON, Mª. T. Arte y Tecnología del vidrio. Fundación C.N.V.
- RUIZ ALCON, Mª. T., Dos arquetas de arte italiano en el Palacio de Oriente, Reales Sitios. Revista del Patrimonio Nacional. Madrid 1973. Nº 35.
- RUIZ ALCON, Mª. T., Reales Sitios. Revista del Patrimonio Nacional Año XII, Nº 44 1975.
- RUIZ ALCON, Mª. T., Vidrio y Cristal de La Granja. C.S.I.C., 1985.

SCHOLKS, S. Modern Glass Practic. Industrial Publications Inc. 1952.

SCHOLZ, H. Le Verre. Trad. Institut du Verre de Paris. 1974.

TOOLEY, F. Handbook of Glass Manufacture. Vol II. Books for the Industry Inc.

VARIOS AUTORES., El grabado. historia de un arte. Ed. Skira.

VIGIL PASCUAL, M., El vidrio en el mundo antiguo. Madrid, Instituto Español de Arqueología del  
C.S.I.C. 1969.