



ACADEMIA DE POLICÍA  
“WALTER MENDOZA MARTÍNEZ”  
INSTITUTO DE ESTUDIOS SUPERIORES



“HONOR. SEGURIDAD Y SERVICIO”

POST-GRADO EN CRIMINALISTICA  
MENCION EN QUIMICA

*TRABAJO DE INVESTIGACION*

*Tema: RESTAURACIÓN DE NUMEROS BORRADOS EN MOTOR Y CHASIS DE AUTOMÓVILES CON EL MORDIENTE QUÍMICO SULFATO DE COBRE ( $CuSO_4$ ) COMO UN METODO RESTAURATIVO*

**AUTORES:**

Lic. IRAZEMA MARISOL RUÍZ MEDRANO

Lic. FRANCISCO FERNANDO GONZÁLEZ GUTIÉRREZ

**TUTOR:**

SUB COMISIONADO: ABELARDO ALVARADO MARTÍNEZ

**ASESOR:**

INSPECTORA: MARTHA RODRIGUEZ

Managua, Nicaragua 21 de Febrero del 2006

# CONTENIDO

	<b>Página</b>
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVO	2
III. DESARROLLO	3
3.1. Número de serie y el trabajo policial	4
3.2. Deformación del metal y sus efectos	5
3.3. Clasificación de posibles falsificaciones o alteraciones	7
3.4. Aspectos que indican alteración en el número de motor	7
3.5. Aspectos que indican alteración en el número de chasis	7
3.6. Bases teóricas sobre la restauración de números borrados en metales	10
3.7. Métodos de restauración	10
3.8. Cobre	11
3.9. Sulfato de cobre	14
IV. HIPOTESIS	18
V. METODO Y MATERIALES	19
5.1. Metodología	19
5.2. Materiales y Reactivos	16
5.3. Pasos a seguir en la restauración química con el agente activo del reactivo sulfato de cobre	20
5.4. Precauciones	21
5.5. Mecanismo de Interacción en el metal	21
VI. RESULTADOS	23
VII. CONCLUSIONES	24
VIII. RECOMENDACIONES	25
IX. BIBLIOGRAFIA	26
GLOSARIO	27
ANEXOS	28

## I. INTRODUCCION

El Trafico Ilícito de Vehículos es un delito común en los países del mundo y Nicaragua no es la excepción. De hecho, el robo de automóviles, después del tráfico ilícito de estupefacientes, es el segundo delito que más ingresos genera. Cuando un vehículo es robado en la mayoría de los casos los números de serie (Chasis, Motor) que lo identifican como tal, son alterados o borrados su totalidad y seguidamente en la superficie metálica en que se encontraban los números de serie originales son **troquelados o pintados** otros números para hacer pasar al vehículo por otro y así poder comercializarlos. Muchas veces estos vehículos robados, son involucrados en algún tipo de crimen (asesinatos, ataques sexuales, asaltos. etc.) aquí se vuelve necesario la investigación y/o restauración del número original para demostrar la identidad del vehículo.

Por ello es necesario contar con un método que nos permita restaurar estos números que fueron alterados de una u otra manera, con el fin de apoyar el trabajo de la Dirección de Investigaciones Económica y la Dirección Nacional de Vehículos.

En 1940, G. W. Pirk, metalurgista del Buró de la Policía Utica, New York, sugirió que una solución química mordiente conocida entre los metalógrafos como el reactivo de FRY podría usarse para recuperar números de serie. Desde entonces, otros investigadores han recomendado muchos otros *mordientes* o *agentes grabadores químicos*.

Desde la década de los años 80 en el Laboratorio Central de Criminalística se ha utilizado este mordiente químico como método de restauración de números borrados en superficies metálicas. Cuando es aplicado un mordiente químico satisfactoriamente, es evidente la alteración de la estructura cristalina haciéndola visible temporalmente, es así que dichas soluciones químicas son adecuadas para revelar números que han sido alterados.

Debido a que en el Laboratorio se agotó en existencia el reactivo (cloruro de cobre II), que se utiliza para la preparación de este mordiente químico del Fry, surgió la necesidad de buscar un método alternativo para la restauración de números en superficie metálica en el cual utilizamos el mordiente químico CuSO<sub>4</sub>, como un método de restauración en las superficies metálicas.



## II. OBJETIVO

### Objetivo General

*Determinar la efectividad del método de Sulfato de Cobre para el revelado de números en superficie metálica.*

### Objetivos específicos

- 1. Determinar las condiciones de los reactivos a utilizar en el método del Sulfato de Cobre.*
- 2. Establecer un procedimiento de trabajo para la aplicación del método Sulfato de Cobre en el proceso de revelado de números en superficies metálicas.*



### III. DESARROLLO

La falsificación de números de serie de chasis, motor u otras marcas de identificación que han sido borrados y seguidamente restaurados o pintados con números falsos es una corrección común en todos los países del mundo. Si un vehículo robado es involucrado en un crimen (asesinato, ataque sexual, robo, hurto etc.) aquí se vuelve necesario la investigación y/o restauración del número original para demostrar la identidad del vehículo.

En 1940, G. W. Pirk, metalurgista del Buró de la Policía Utica, New York, sugirió que una solución química mordiente conocida entre los meta grafos como el reactivo de FRY podría usarse para recuperar números de serie<sup>1</sup>. Desde entonces, otros investigadores han recomendado muchos otros *mordientes* o *agentes grabadores químicos*. Particularmente dignos de nota entre los informes del método químico son los trabajos de Mathews y Nicholls<sup>2, 3</sup>.

En 1950 el Buró Federal de Investigación (**FBI**) informó de un método de restauración no destructivo, basado en el comportamiento de *partícula magnética* sobre la superficie del espécimen mientras está magnetizado<sup>4</sup>. Más o menos al mismo tiempo se ideó una variación del método químico en la que utilizó una serie de corrientes eléctricas para facilitar el proceso de grabado. De este método electrolítico informaron **TURNER**, Arai y Mathews<sup>5, 6, 7</sup>. El **FBI** ha perfeccionado también una técnica basada en el *calentamiento* del espécimen con un soplete<sup>8</sup>. Más reciente Young, del Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio, ha demostrado un novedoso método de grabado utilizando agua destilada por un vibrador a un estado de *cavitación ultrasónica* para producir el grabado<sup>9</sup>.

Cuando nos encontramos con un vehículo que procede de ilícito, en él pueden encontrarse diversos números de serie, que pueden corresponder al motor, chasis, carrocería etc., pudiendo estar alterado unos u otros de sus series. Cuando son aplicados los reactivos químicos satisfactoriamente para tal borrado, es evidente la alteración de la estructura cristalina volviéndola visible temporalmente la solución del grabado, es así que dichas solución químicas son adecuadas para revelar números que han sido lijados completamente.

---

<sup>1</sup> Young, S.G., "The Restoration of Obliterated Stamped Serial Number by Ultrasonic Induced Cavitation in Water", Journal of Forensic Science vol. 19, num. 4, p. 820 (1974).

<sup>2</sup> Metal Handbook, 8a edición, vol 8, American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1973, Págs. 70 – 142.

<sup>3</sup> Anuario de Normas de ASTM, Parte 11 Metalografía, Prueba no destructivas, Comité E-4 y E-7, American Society for Testing and Materials, Filadelfia, 1975, Págs. 41-48, 413-419.

<sup>4</sup> Metal Progress, vol 108, no 1, Pág. 174 - 177 mediados de Junio de 1975.

<sup>5</sup> Metal Handbook, 8a edición, vol 8, American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1973, Págs. 70 – 142.

<sup>6</sup> Heindl, R., "Ein neues Verfahren um ausgefeilte Stanzmarken zu rekonstruieren", Archiv fur Kriminologie, vol 96, Pág. 241 (1935).

<sup>7</sup> Walensky, W., "Die Rekonstruktion ausgefeilter Fabriknummern und sonstiger Pragezeichen". Archiv fur Kriminologie, vol 100, Pág. 289 (1937).

<sup>8</sup> Pirk, Gustav W., "Metallurgical Examinations in Criminal Cases", American Journal of Police Science, vol 30, Pág. 900 (1940).

<sup>9</sup> Bassemans, A. y Haemers, H., "Procède commode et rapide pur la revelation a froid des marques d'estampage sur metal effaces mecaniquement", Revue de Droit Penal et de Criminologie, Pág 934 (julio de 1947).



Otro aspecto importante a tener en cuenta es la ubicación del número de la serie, así podemos encontrarnos con números que asientan sobre: la placa indicadora (que en la mayoría de los casos hacen desaparecer), sobre la placa de la carrocería en el interior del compartimiento del motor; sobre la placa el interior del automóvil (bajo los asientos), en varios lugares del vehículo, por lo que es necesario realizar gestiones oportunas en las casas comerciales para descubrir todos aquellos números, algunos de los cuales pueden pasar desapercibidos para el delincente y no estar alterado.

### **3.1. LOS NUMEROS DE SERIE Y EL TRABAJO POLICIAL**

La forma de rastrear la propiedad de un vehículo se hace mediante su número de serie que dependerá de los reglamentos del registro y de la actualización de las de las listas de números de serie de los vehículos robados. Otras posibles fuentes de información son fabricantes, vendedores, dueños de casas de empeño, talleres de reparación y compañías de seguros<sup>10</sup>.

Los automóviles tienen números de identificación de distintas formas en el bastidor. Su identificación típica consta de trece a diecisiete dígitos o letras ordenadas para dar información sobre el: Nacionalidad de origen, Manufactor, Tipo de vehículo, Tipo de motor, Línea ensambladora, Modelo, La carrocería, Tipo de serie, Dígito de control, Año de producción, Ensambladora y el número de producción. El Buró Nacional de Robo de Automóviles publica Manuales para la Identificación de Automóviles, que contiene información sobre la ubicación e interpretación de estos números.

Los autos de fabricación reciente tienen un número **VIN** estampado en una placa metálica, que corresponden de 17 dígitos visible. Se indica que partes como la transmisión y el carácter del cigüeñal tienen a veces su propio número de serie único y que las listas de los fabricantes dan la referencia entre éste y el número del vehículo<sup>11</sup>.

Todos los números de serie restaurados por la División del Laboratorio de Criminalística en el área de Química se les informan a la Dirección de Investigaciones Económicas (**DIE**) los cuales a su vez lo informan a la Policía Internacional conocida como (**INTERPOL**) sobre la procedencia de dicho vehículo. Claramente, la contribución que hace la labor de restauración de números de serie al trabajo policial ha mejorado con la creación de con leyes de registro la introducción y naturalización de vehículos que no llenan la identificación original del fabricante y si son alterados, desconociendo su verdadera identidad y estado legal. Los delincuentes usan una variedad de técnicas para borrar ilegalmente números de identificación de los automotores con el fin de comercializarlos dentro y fuera del país.

---

<sup>10</sup> Nickolls, L.C., The Scientific Investigation of Crime, butterworth & Co., Londres, 1 págs 1 – 1.

<sup>11</sup> Chisum, W, Jerry, "A Catalytic Process for Restoration of Serial Number on Aluminium", Journal of Forensic Science, vol 6, num 2, Pág 86, California Association of Criminalist, mayo de 1963.



### 3.2. DEFORMACION DEL METAL Y SUS EFECTOS

Debido a las alteraciones que ocurren en la estructura cristalina del metal cuando se estampa un número de serie esto facilita la restauración de los números borrados. A continuación se hace una breve descripción de la teoría de la del metal.

El examen microscópico revela que los metales poseen estructura policristalina. Estos están formados de cristales de forma irregular, o granos, que se forman cuando el metal fundido se enfría hasta el punto de solidificación. Entre los granos, hay regiones entrelazadas conocidas como limites intergranulares. Los átomos en los metales, presentan una ordenación muy rígida que les permite tener una estructura permanente y difícil de modificar<sup>12</sup>.

Los átomos del metal en los granos cristalinos se disponen en cierto orden tridimensional, o retículos espaciales. La disposición atómica dentro de los límites intergranulares es menos regular que la de los cristales individuales, y se cree que esta sea la razón de la mayor resistencia que se observa en los límites intergranulares. Regulando la velocidad de enfriamiento durante la solidificación se puede controlar el tamaño de los granos y la densidad de los límites intergranulares. Las propiedades mecánicas se ven afectadas por ello; en general, los granos pequeños resultan en mayor solidez y dureza, mientras que los granos grandes promueven mayor plasticidad<sup>13</sup>.

Cuando se aplica un esfuerzo (tensión, compresión o torsión) a un metal, sus granos se deforman. Si el esfuerzo rebasa el límite elástico del metal, la estructura no vuelve a su condición original cuando cesa el esfuerzo. El resultado es la deformación permanente, también llamada deformación plástica. Como los metales presentan esta propiedad, se les puede dar forma con procesos tales como laminado, revenido, doblado, extrusión y forja<sup>14</sup>.

La deformación plástica produce dos clases de movimientos de átomos dentro del cristal, conocidas como deslizamientos y maclaje. El deslizamiento involucra que un bloque de átomos se corre sobre el resto del reticulado por algún múltiplo de la distancia intraatómica. Semejante deformación ocurre a lo largo de direcciones cristalográficas específicas, llamadas planos de deslizamientos. El maclaje se produce cuando planos paralelos de átomos se deslizan consecutivamente uno sobre otro por una fracción de la distancia intraatómica. A lo largo de los planos de maclaje, se genera una nueva orientación de la estructura reticular. La deformación dobla cualquier plano cristalino que ocurre los planos de maclaje. De manera tal que la región situada entre los planos se puede observar meta y se conoce como banda de maclaje<sup>15</sup>.

---

<sup>12</sup> Kehl, George, L., "Principles of Metallographic Laboratory Practice, 3a edición, Mc Graw Hill Book Co., New York, 14 págs. 433 - 435, 441 - 448.

<sup>13</sup> Kehl, George, L., "The Principles of Metallographic Laboratory Practice, 3a edición, McGraw Hill Book Co., New York, 14, págs. 433 - 435, 441 - 448.

<sup>14</sup> Nickolls, L.C., "The Scientific Investigation of Crime, Butterworth & Co., Londres, 1 págs, 1 - 1.

<sup>15</sup> Chsum, W. Jerry, "A Catalytic Process for Restoration of Serial Numbers on Aluminium", Journal of Forensic Science, vol. 6, num. 2, Pág. 86, California Association of Criminalists, mayo de 1963.



En un metal policristalino, el esfuerzo aplicado se transmite a través del material de un grano a otro, causando deformación plástica en cada parte. Como resultado, aparecen líneas de deslizamiento y bandas de maclaje, al tiempo que disminuye el tamaño del grano. Cuando se estampa o imprime un número de serie un metal, el esfuerzo creado es mayor en el punto de aplicación del dado. Mas allá de esta región localizada, las fuerzas de compresión están demasiadas disipadas para causar deformación plástica, pero si hay una región mas profunda de deformación elástica.

Es sabido que un trozo de alambre doblado es difícil de enderezar. En particular, la porción doblada tiene una fuerza especial que se opone a que vuelva a la forma original. La industria aprovecha tales efectos para modificar las propiedades de los metales en la forma deseada. Todos los procesos de fabricación tales como el laminado en frío, la forja, el revenido, el estampado, el prensado y el doblado, producen deformación plástica. Los trabajadores metalistas acostumbran las expresiones endurecimiento por trabajo, endurecimiento mecánico ó endurecimiento en frío para describir los resultados de estos procesos. Aún el proceso de maquinar o bruñir un metal puede tener efecto de endurecerlo.

Los efectos del endurecimiento mecánico se eliminan si el metal es recocido. Es este proceso, el metal se calienta a un punto en que desaparece la estructura deformada. Todos los procedimientos de restauración de números de serie se basan en el principio de que el metal deformado o endurecido mecánicamente que se halla inmediatamente abajo del estampado tiene propiedades diferentes que el que la rodea.

Mediante la acción mecánica se realiza el troquelado de números, se produce una modificación en la ordenación de los átomos, haciendo entonces que en esta zona se alteren sus propiedades físicas, siendo dichos fenómenos para poder realizar la restauración, ya que dicha zona es mas susceptible (por la modificación) de ser atacadas por distintos reactivos.

Si en este momento se produce el limado de los números, y el mismo no llega a sobrepasar la profundidad del troquel, es factible el a la restauración de los mismos. Si por el contrario el limado o desgaste es más profundo, o bien se realiza un punzonamiento que produce una deformación mayor que la del troquel, la restauración será infructuosa. En general, todas las propiedades de un metal se ven afectadas por el endurecimiento mecánico. Las propiedades cuyas magnitudes se sabe que aumentan son:

- Dureza: Resistencia electrica.
- **Fragilidad:** Velocidad de elusión por químicos.
- **Resistencia a la Tensión:** Retentividad magnética

Como podría esperarse por los efectos arriba mencionados, el endurecimiento mecánico disminuye estas propiedades:

- **Ductibilidad:** Resistencia al ataque químico.
- **Resistencia al Choque:** Permeabilidad magnética.
- **Densidad:** Plasticidad



### 3.3. CLASIFICACIONES DE POSIBLES FALSIFICACIONES O ALTERACIONES

Independientemente de lo necesario, sobre si hay cambios de piezas, chapas soldadas, las alteraciones de los distintos números de serie, podemos clasificarlas en:

- **Números limados:** es el sistema generalmente usado por los delincuentes para borrar el número de serie.
- **Números punzados:** son aquellos casos en los que el punzón se realiza marcas profundas sobre los números originales deformán los. Son los peores tipos de alteraciones y normalmente den un resultado negativo por las razones que vemos a continuación:
  - a) Números originales que han sido empastados o tapados y sobre ello vueltos a troquelar. La restauración suele quedar terminada quitando el empaste que lo recubre, apareciendo el número original.
  - b) Números troquelados directamente sobre los originales, o bien intercalados entre los mismo. Suelen dar los problemas de averiguar cuales son los que forman el número original.
  - c) Números que han sido alterados sólo parcialmente, en uno o en más guarismos, o añadida algunas cifras más. En todos los s la actuación suele ser la misma.

### 3.4. ASPECTOS QUE INDICAN ALTERACIÓN EN EL NÚMERO DE MOTOR EN VEHÍCULOS AUTOMOTORES

- Que presenten morfología diferente.
- Ausencia de linealidad y homogeneidad en la fuerza de impresión.
- Diferencia de distancia entre guarismo y guarismos.
- Eliminación o alteración de las líneas de seguridad de la superficie metálica, observándose lisa, con rayones o desbastada.
- Que presenten diferencia numérica, dependiendo de la marca.
- Alteración parcial del número de serie.
- Modificación de guarismos.

### 3.5 ASPECTOS QUE INDICAN ALTERACIÓN EN EL NÚMERO DE CHASIS EN VEHÍCULOS AUTOMOTORES

- Que presenten morfología diferente.
- Ausencia de linealidad y homogeneidad en la fuerza de impresión.
- Diferencia de distancia entre guarismo y guarismos.
- Presencia de masilla cubriendo la superficie metálica.
- Presencia de bordes metálicos por efecto de soldadura.



- Que la superficie donde se localiza (dependiendo de la marca del vehículo), se encuentre lisa y cubierta de pintura.
- Que presenten diferencia numérica: 11 ó 17 dependiendo la marca del vehículo.
- Alteración parcial del número de serie por ejemplo: RN48 ~ 234853.
- Modificación de guarismos: 1 → 4 ó 3 → 8.
- Superficie metálica rayada o desbastada.

Ejemplos donde se ubica el número de chasis en diferentes marcas de vehículos:

- ∅ **Pic-Up Nissan** Mexicano: Número de chasis impreso en el área superior del riel delantero derecho.
- ∅ **Pic-Up Nissan** Americano: Número de chasis impreso en el área superior del riel delantero derecho.
- ∅ **Nissan Pathfinder** Japonés: Número de chasis impreso en el área superior del riel delantero derecho.
- ∅ **Nissan Centra**: Número de chasis impreso en la pared de fuego.
- ∅ **Toyota Corolla**: Número de chasis en la pared de fuego.
- ∅ **Pic-Up Toyota**: Número de chasis impreso en el área externa del riel delantero derecho.
- ∅ **Microbús Toyota**: Número de chasis unido mediante soldadura.
- ∅ **Toyota Hilux**: Número de Chasis impreso en el área externa del riel delantero derecho.
- ∅ **Kuzu Trooper**: Número de chasis impreso en el área externa del riel trasero derecho.
- ∅ **Daihatsu tipo Rocky**: Número de chasis impreso en el área externa del riel delantero derecho.
- ∅ **Vehículo BMW**: Número de chasis impreso en el área externa del riel delantero derecho.
- ∅ **Suzuki Samurai**: Número de chasis impreso en el área externa del riel delantero derecho.
- ∅ **Daewood**: Número de chasis impreso en la parte inferior del asiento lateral derecho.
- ∅ **KIA**: Número de chasis impreso en la pared de fuego.
- ∅ **Mitsubishi Montero**: Número de chasis impreso en el área externa del riel trasero derecho.
- ∅ **Hyundai**: Número de chasis impreso en la pared de fuego.





### **3.6 BASES TEORICAS SOBRE LA RESTAURACION DE NUMEROS BORRADOS EN METALES**

#### **3.6.1. Restauración de Números de series**

**Definición:** Proceso mediante el cual se visualiza guarismos u otras marcas que han sido borrados o alterados de una superficie metálica

#### **3.6.2. Tipos de Restauración**

- ∅ **Total:** Cuando se obtiene todos los elementos que forman el número de serie.
- ∅ **Parcial:** Cuando sólo parte de los elementos se obtienen.
- ∅ **Nula:** Cuando no se obtiene ningún elemento.

Los resultados dependen del método de borrado o alterado utilizado.

### **3.7. MÉTODOS DE RESTAURACIONES**

- ∅ **Electromagnético:** Método no destructivo que utiliza partículas magnéticas.
- ∅ **Térmico:** Superficie calentada con flama de acetileno.
- ∅ **Químico:** La superficie metálica es pulida y tratada con el reactivo químico específico.
- ∅ **Cavitación:** Produce gravado utilizando agua destilada por un vibrador a un estado de cavitación ultrasónica.
- ∅ **Electroquímico:** Una fuente de poder es usada en la aplicación de solución química sobre el metal. La superficie metálica es conectada a la terminal positiva (+) y la terminal negativa (-) al hisopo por medio de una pinza metálica (ver Anexo 3, características de los métodos de restauración).



## 3.8. COBRE

### 3.8.1. HISTORIA

El cobre era conocido en la prehistoria y fue probablemente el primer metal utilizado para fabricar útiles y objetos decorativos.

El cobre fue el primer elemento que se extrajo de los minerales en los que se encontraba en la naturaleza (minerales); en el medio Oriente se han descubierto los labores de cobre más antiguas, que datan del 3000 al 4000 a.J.C. El conocimiento de la relación entre los metales y los minerales de los que estas podían ser extraídos fue un adelanto decisivo presumiblemente.

Los objetos de cobre se han encontrado entre los restos de muchas civilizaciones antiguas, incluyendo las de Egipto, Asia Menor, China, Sudeste de Europa, Chipre (palabra de la que se deriva su nombre) y Creta.

Los nativos americanos también utilizan el cobre desde el tercer milenio A.C. El análisis de los objetos de cobre y sus aleaciones, y el estudio de los minerales existentes en las regiones donde fueron encontrados inducen a pensar que ya en el año 6.000 A.C., el hombre desarrollaba procesos metalúrgicos.

### 3.8.2. ABUNDANCIA

El cobre ocupa el 25º lugar en abundancia en la corteza terrestre.

### 3.8.3. DISTRIBUCIÓN EN PESO DE LOS ELEMENTOS EN LA CORTEZA TERRESTRE

También se encuentra mezclado con otros metales como: **Oro, Plata, Bismuto y Plomo y como Sulfuros, Sulfatos, Carbonatos y Oxidos minerales.**

Los principales minerales son la calcopirita (mezcla de sulfuros de cobre y hierro), la azurita (carbonato básico de cobre) que se encuentra en Francia y Australia, la malaquita también un carbonato básico de cobre, que se encuentra en los Urales y la cuprita un óxido que se encuentra en Cuba.

La producción mundial de cobre se estima que es de 8,8 millones de toneladas anuales.

### 3.8.4. CONFIGURACIÓN ELECTRÓNICA DEL COBRE



### 3.8.5. PROPIEDADES

Es un metal de color rojizo característico que cristaliza en el sistema cúbico centrado en las caras. A causa de muchas propiedades deseables como su conductividad eléctrica y calorífica, su resistencia a la corrosión, su maleabilidad y Ductibilidad y su belleza, el cobre se usa en una amplia variedad de aplicaciones.

Es más pesado que el níquel y más duro que la plata y el oro. Es muy buen conductor de electricidad y el calor. Presenta un alto grado de acritud, es decir, se vuelve quebradizo si se somete a martilleo y posee gran resistencia a la corrosión atmosférica. Se encuentra libre en la naturaleza (cobre nativo) y a menudo contiene



pequeños porcentajes de plata, bismuto y plomo. También aparece combinado con oxígeno, formando óxido cuproso y cúprico. Algunos de minerales más conocidos del cobre son los sulfuros mixtos de hierro y cobre, como la malaquita o piritita de cobre y el sulfuro. Sus principales aleaciones son el latón y el bronce.

### Valores de las Propiedades

Masa Atómica	63,546 uma
Punto de Fusión	1356,6 K
Punto de Ebullición	2840 K
Densidad	8960 kg/m <sup>3</sup>
Dureza (Mohs)	2,8
Potencial Normal de Reducción	+ 0,34 V Cu <sup>2+</sup>   Cu
Conductividad Térmica	401,00 J/m s °C
Conductividad Eléctrica	595,8 (mOhm.cm) <sup>-1</sup>
Calor Específico	384,56 J/kg °K
Calor de Fusión	13,0 kJ/mol
Calor de Vaporización	305,0 kJ/mol
Calor de Atomización	338,0 kJ/mol de átomos
Estados de Oxidación	+1, +2, +3 , +4
1 <sup>a</sup> Energía de Ionización	745,4 kJ/mol
2 <sup>a</sup> Energía de Ionización	1957,9 kJ/mol
3 <sup>a</sup> Energía de Ionización	3553,5 kJ/mol
Afinidad Electrónica	118,5 kJ/mol
Radio Atómico	1,28 Å
Radio Covalente	1,17 Å
	Cu <sup>+1</sup> = 0,96 Å
	Cu <sup>+2</sup> = 0,69 Å
	Cu <sup>+3</sup> = 0,59 Å
Radio Iónico	
Volumen Atómico	7,1 cm <sup>3</sup> /mol
Polarizabilidad	6,7 Å <sup>3</sup>
Electronegatividad (Pauling)	1,9

Tiene poca actividad química y únicamente se oxida en el aire húmedo muy lentamente, recubriéndose de una capa de carbonato básico que lo protege de la corrosión posterior.

Su oxidación se favorece en medio ácido por lo que no es recomendable su uso en utensilios de cocina, ya que las sales que forma son estables (provocan vómitos).

Calentado al rojo se oxida y puede arder en el **cloro** y en el **azufre**. Sólo es atacado por los ácidos oxidantes y puede formar complejos con algunas sustancias como por ejemplo el amoníaco.

El cobre forma dos series de compuestos químicos: cuprosos, en los que el cobre tiene valencia +1, y cúpricos, en los que tiene valencia +2. Los compuestos cuprosos se oxidan fácilmente a cúpricos, en muchos casos por la mera exposición al aire y son de poca importancia industrial; los compuestos cúpricos son estables.



Elemento químico, de símbolo **Cu**, con número atómico **29**; uno de los metales de transición e importante metal no ferroso. Su utilidad se debe a la combinación de sus propiedades químicas, físicas y mecánicas, así como a sus propiedades eléctricas y su abundancia. El cobre fue uno de los primeros metales usados por los humanos.

La mayor parte del cobre del mundo se obtiene de los sulfuros minerales como la calcocita, covelita, calcopirita, bornita y enargita. Los minerales oxidados son la cuprita, tenorita, malaquita, azurita, crisocola y brocantita. El cobre natural, antes abundante en Estados Unidos, se extrae ahora sólo en Michigan. El grado del mineral empleado en la producción de cobre ha ido disminuyendo regularmente, conforme se han agotado los minerales más ricos y ha crecido la demanda de cobre. Hay grandes cantidades de cobre en la Tierra para uso futuro si se utilizan los minerales de los grados más bajos, y no hay probabilidad de que se agoten durante un largo periodo.

El cobre es el primer elemento del subgrupo Ib de la tabla periódica y también incluye los otros metales de acuñación, plata y oro. Su átomo tiene la estructura electrónica  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$ . El bajo potencial de ionización del electrón  $4s^1$  da por resultado una remoción fácil del mismo para obtener cobre(I), o ion cuproso,  $Cu^+$ , y el cobre(II), o ion cúprico,  $Cu^{2+}$ , se forma sin dificultad por remoción de un electrón de la capa  $3d$ . El peso atómico del cobre es 63.546. tiene dos isótopos naturales estables  $^{63}Cu$  y  $^{65}Cu$ . También se conocen nueve isótopos inestables (radiactivos). El cobre se caracteriza por su baja actividad química. Se combina químicamente en alguno de sus posibles estados de valencia. La valencia más común es la de 2+ (cúprico), pero 1+ (cuproso) es también frecuente; la valencia 3+ ocurre en unos cuantos compuestos inestables.

Un metal comparativamente pesado, el cobre sólido puro, tiene una densidad de 8.96 g/cm<sup>3</sup> a 20°C, mientras que el del tipo comercial varía con el método de manufactura, oscilando entre 8.90 y 8.94. El punto de fusión del cobre es de 1083.0 (+/-) 0.1°C (1981.4 +/- 0.2°F). Su punto de ebullición normal es de 2595°C (4703°F). El cobre no es magnético; o más exactamente, es un poco paramagnético. Su conductividad térmica y eléctrica es muy alta. Es uno de los metales que puede tenerse en estado más puro, es moderadamente duro, es tenaz en extremo y resistente al desgaste. La fuerza del cobre está acompañada de una alta ductibilidad. Las propiedades mecánicas y eléctricas de un metal dependen en gran medida de las condiciones físicas, temperatura y tamaño de grano del metal.

De los cientos de compuestos de cobre, sólo unos cuantos son fabricados de manera industrial en gran escala. El más importante es el sulfato de cobre(II) pentahidratado o azul de vitriolo,  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ . Otros incluyen la mezcla de Burdeos;  $3Cu(OH)_2CuSO_4$ ; verde de París, un complejo de metaarsenito y acetato de cobre; cianuro cuproso,  $CuCN$ ; óxido cuproso,  $Cu_2O$ ; cloruro cúprico,  $CuCl_2$ ; óxido cúprico,  $CuO$ ; carbonato básico cúprico; naftenato de cobre, el agente más ampliamente utilizado en la prevención de la putrefacción de la madera, telas, cuerdas y redes de pesca. Las principales aplicaciones de los compuestos de cobre las encontramos en la agricultura, en especial como fungicidas e insecticidas; como pigmentos en soluciones galvanoplásticas; en celdas primarias; como mordientes de teñido, y como catalizadores.



### **3.8.6. EFECTOS DEL COBRE SOBRE LA SALUD**

La exposición profesional al Cobre puede ocurrir. En el Ambiente de trabajo el contacto con Cobre puede llevar a coger gripe conocida como la fiebre del metal. Esta fiebre pasará después de dos días y es causada por una sobre sensibilidad.

Exposiciones de largo periodo al cobre pueden irritar nariz, la boca y los ojos y causar dolor de cabeza, de estómago, mareos, vómitos y diarreas. Una toma grande de cobre puede causar daño al hígado y los riñones e incluso la muerte. Si el Cobre es cancerígeno no ha sido determinado aún.

Hay artículos científicos que indican una unión entre exposiciones de largo término a elevadas concentraciones de Cobre y una disminución de la inteligencia en adolescentes.

### **3.8.7. USOS DEL COBRE**

Debido a que es muy dúctil, pueden hacerse cables de cualquier diámetro desde 0,025mm en adelante. La resistencia a la tensión del cable de cobre está en torno a los 4200 kg / cm<sup>2</sup>; se usa en líneas eléctricas de tensión y de telegrafía, así como también en la instalación eléctrica de interiores, cordones de lámpara y maquinaria eléctrica como generadores, motores, controladores, dispositivos de señalización, electroimanes y equipo de comunicaciones.

El cobre se ha usado para monedas a lo largo de la historia y también para utensilios de cocina, cubas y objetos decorativos. Durante mucho tiempo se usó para proteger el fondo de los buques de madera.

El cobre puede depositarse electrolíticamente con mucha facilidad, solo o sobre otros metales. Para este fin se usan grandes cantidades, particularmente para hacer planchas tipográficas para imprimir.

Ciertas soluciones de cobre tienen la facultad de disolver la celulosa y por ello se usan grandes cantidades de cobre en la fabricación del rayón.

El cobre se usa también en muchos pigmentos y en insecticidas y fungicidas, aunque normalmente ha sido reemplazado por productos químicos orgánicos sintéticos para este fin.

## **3.9. SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO**

- Reactivo químico imprescindible que sirve como separador de minerales en el proceso de flotación.
- Es muy utilizado en los procesos metalúrgicos de minería como activador de sulfuros de Zinc, Hierro, Cobalto y Níquel.
- Es el re-activador más usado y económico de los sulfuros de Zinc que han sido deprimidos por los sulfatos de Zinc.



### ***3.9.1. PRESENTACIÓN DEL SULFATO DE COBRE***

- Sacos de polipropileno y/o polietileno con capacidades de 25 y 50 kg.
- Maxibags con capacidad de 1 Tn.
- Envases de plástico con capacidad de 2.5 Kg.

### ***3.9.2. FORMA DE LA PRESENTACIÓN DEL SULFATO DE COBRE***

- Cristalino Fino
- Nieve →



### 3.9.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL SULFATO DE COBRE

Contenido	Porcentaje
Cu	25.400%
CuSO <sub>4</sub>	63.940%
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	99.000%
Metales pesados	Menos de 4 ppm
PH en solución al 5 %	3.8



#### Fórmula Química

CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O

#### Nombres Comerciales

- Sulfato cúprico
- Piedra azul
- Vitriolo romano

#### Características Técnicas

Color	Azul
Sabor	Metálico
Peso molecular	249.61
Densidad	2.284
Propiedades	<ul style="list-style-type: none"><li>• Soluble en agua y metanol.</li><li>• Ligeramente soluble en alcohol y glicerina.</li></ul>

#### Ventajas y beneficios

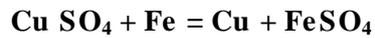
- Alto grado de pureza.
- 100 % soluble
- Este producto no se aglutina
- El empaque es muy hermético
- Nuestro producto es de primera calidad
- Cumplimos con los estándares internacionales de protección al medio ambiente.
- Cumplimos con la entrega puntual del producto.

### 3.9.4. PREPARACIÓN

La metalurgia del cobre varía con la composición del mineral. Los minerales que contienen cobre nativo se trituran, se lavan y se separa el cobre para fundirlo y prepararlo en barras.

Si el compuesto consiste en óxido o carbonato de cobre, se tritura y se trata con ácido sulfúrico diluido para producir sulfato de cobre disuelto del que se obtiene el metal por electrólisis o, utilizando chatarra, por desplazamiento con el **hierro**:





Los óxidos y los carbonatos también se reducen con carbón los minerales tienen bastante riqueza en cobre. Los minerales más importantes, los sulfuros, contienen entre el 1 y el 12% de cobre; estos se muelen y se concentran por flotación. Los concentrados se reducen en un horno, quedando cobre metálico crudo, llamado blíster, aproximadamente del 98% de pureza. El cobre crudo es posteriormente purificado por electrólisis, hasta una pureza superior al 99,9%.



## IV. HIPOTESIS

*¿La utilización del Sulfato de Cobre (CuSO<sub>4</sub>) como un mordiente químico en la restauración de números alterados (chasis y motor) en superficie metálica de automóviles investigados en el Laboratorio Central de Criminalística durante el último trimestre del 2005, es eficaz?.*

## V. MATERIAL Y METODO

### 5.1. METODOLOGÍA



La presente investigación se realizó de manera descriptiva ya que a través de la observación del comportamiento del mordiente químico del Sulfato de Cobre (CuSO<sub>4</sub>) en la superficie metálica pudimos evaluar la eficacia este como un método de restauración químico de números alterados (chasis y motor) en superficie metálica.

## 5.2. MATERIALES Y REACTIVOS

Para efectuar la restauración numérica en bastidores metálicos se los siguientes materiales y reactivos:

- Ø Acetona
- Ø Ácido Nítrico HNO<sub>3</sub>
- Ø Ácido Clorhídrico HCl
- Ø Agitador
- Ø Agua destilada H<sub>2</sub>O
- Ø Balanza Analítica
- Ø Bolsa de algodón de 1 libra
- Ø Beaker de 50 ml
- Ø Frascos ámbar de vidrio de 6 onza
- Ø Guantes
- Ø Goteros de plástico
- Ø Gafas
- Ø Gabacha de laboratorio
- Ø Hisopos de algodón
- Ø Linterna
- Ø Mascarilla para gases
- Ø Probetas de 100 ml
- Ø Pliegos de Lijas número 120
- Ø Pizetas
- Ø Sulfato de Cobre CuSO<sub>4</sub>

## 5.3. PASOS A SEGUIR EN LA RESTAURACIÓN QUÍMICA CON EL REACTIVO DEL SULFATO DE COBRE (CUSO<sub>4</sub>).

1. Si la superficie se encuentra pintada, utilizar removedor de pintura (Acetona).



2. Limpiar, la superficie con algodón.
3. Fijar, fotográficamente la superficie donde se encuentran los números de serie de interés.
4. Pulir, la superficie con papel lija.
5. Aplicar, el reactivo químico del Sulfato de Cobre (CuSO<sub>4</sub>), el cual debe ser aplicado con unos hisopos en una sola dirección. Observar la superficie con lámpara.
6. Realizar anotaciones, de lo que es restaurado o visualizado pues suelen desaparecer rápido.

Tan pronto aparece un número se anota tal cuál si esta completamente seguros, esto se hace así, porque al continuar con el procedimiento es posible que el número que veíamos perfectamente en un momento dado, ya no lo volvamos a ver con nitidez después, y sí otros.

Las posibilidades de restaurar con buen éxito un número de serie aumentan si el investigador tiene cuidado de anotar todas las observaciones que haga durante el intento de restauración. La anotación apropiada de los resultados es de particular importancia si las conclusiones a que se llegue han de ofrecerse como pruebas judiciales.

Conforme procede el intento de restauración, es posible que aparezca una porción del número y que luego desaparezca con la continuación del tratamiento. Así que todas las observaciones se deben anotar sin demora. Se debe el procedimiento siguiente:

**Paso 1.** Determine el número de dígitos que se creen borrados. Marque ese número de espacios en un papel: \_ \_ \_ \_ \_.

**Paso 2.** Anote los números o partes de números apenas se haga visibles:  
\_ 4 0 \_ \_ \_.

**Paso 3.** Continúe el tratamiento hasta que ya no sea posible recobrar más:  
\_ 4 6 \_ 0 5.

**Paso 4.** Debajo de cada espacio, reportar las interpretaciones posibles de lo que da cada fragmento podría ser: \_ 4 6 \_ 0 5

6    ?  
5    ?  
8    ?

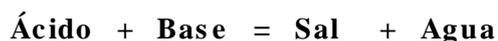
7. Fijar, fotográficamente la superficie donde se realizo la restauración con el reactivo químico.

8. Neutralización

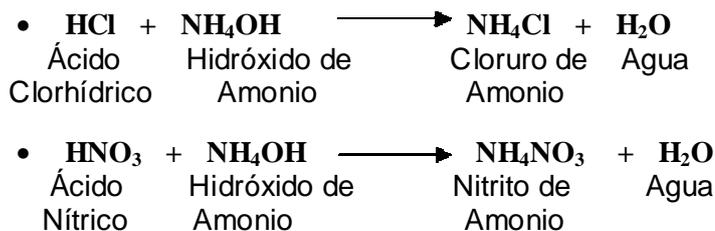
Una vez visualizado el número buscado ó bien haber dado como infructuosa la investigación del mismo, hay que proceder a neutralizar la acción de los reactivos utilizados, ya que de lo contrario estos seguirán actuando sobre la superficie metálica objeto de estudio y podría llegar a deteriorarla.



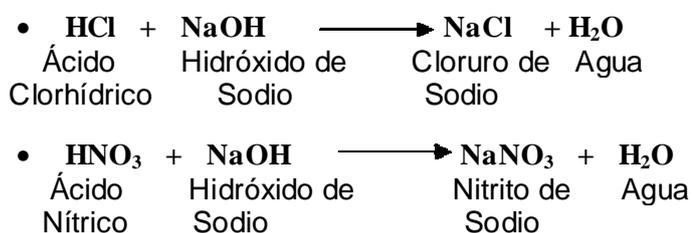
El fundamento de esta neutralización, es la conocida reacción química:



En nuestro caso concreto si utilizamos una solución de amoníaco para neutralizar:



Si por el contrario, lo que utilizamos es la sosa, las reacciones que se producen son:



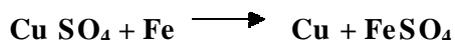
Una vez neutralizados por el procedimiento descrito, se procede a lavar la superficie de actuación con agua, secar y después se limpia bien con un solvente orgánico cualquiera y por último se engrasa. De esta manera evitaremos una progresión superior en el deterioro de la superficie metálica tratada.

#### 5.4. PRECAUCIONES

Los reactivos usados son ácidos y bases fuertes y por consiguiente se trata de sustancias muy cáusticas que hay que manejar con cuidado ya que son capaces de originar lesiones muy importantes cuando actúan sobre el cuerpo del individuo; y en caso de caer sobre la ropa la deterioran hay que lavar con agua abundante donde se ha vertido el reactivo. Este tratamiento es el más importante y de la rapidez con que se actúe dependerá en gran medida, que se ocasionen lesiones o no. El tratamiento posterior puede requerir la acción del médico, según cuál sea la zona afectada y el grado de afectación.

#### 5.5. MECANISMO DE INTERACCION EN EL METAL

Si el compuesto consiste en óxido o carbonato de cobre, se tritura y se trata con ácido sulfúrico diluido para producir sulfato de cobre disuelto del que se obtiene el metal por electrólisis o, utilizando chatarra, por desplazamiento con el **hierro**:

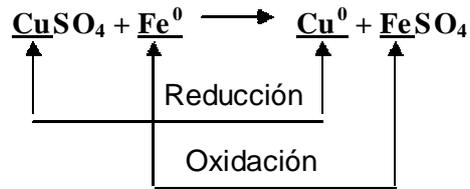


En este proceso ocurre un mecanismo de Oxidación – Reducción, el cual ocurre un cambio en el estado de oxidación en cada uno de sus elementos. En toda reacción de Oxidación – Reducción, una sustancia se oxida es decir experimenta un aumento en su estado de oxidación, esta sustancia se conoce como agente reductor, debido a que causa la reducción de otra sustancia. Del mismo modo, una sustancia que



experimenta la disminución en su estado de oxidación se conoce como oxidante o agente oxidante, porque causa la oxidación de alguna otra sustancia.

En este proceso de Oxidación – Reducción, se da cuando se observan los números revelados y es por eso que el Sulfato de cobre al interactuar con la superficie metálica, se electrodeposita el cobre de la solución en el metal.



## VI. RESULTADOS



- El reactivo químico seleccionado en esta investigación para la restauración numérica de bastidores borrados en la superficie metálica ferrosas el reactivo de (sulfato de cobre con ácido clorhídrico y agua) lo recomendamos ya que este método es eficaz en la restauración de series borradas en la superficie metálica donde se ubican el número de chasis y motor de los automóviles investigados durante el último trimestre del 2005.
- Se estableció un procedimiento de trabajo en la aplicación del método Sulfato de Cobre como un proceso de revelado de números en superficies metálicas.



## VII. CONCLUSIONES

- El sulfato de cobres además de utilizarse como mordiente químico en esta investigación, sirve como mordiente para otros fines investigativos, ya sea para la preparación de estándares en la identificación de sustancias desconocidas y es de gran efectividad.
- En la metalurgia es usado como método electrolítico para la electro-posición de compuestos de cobre en la superficie metálicas.
- En el laboratorio este reactivo es utilizado como un método para la restauración de números borrados en la superficie metálica donde se ubica la serie del chasis y motor, del cual se obtuvo buenos resultados y confiables, debido a que es efectivo.

## VIII. RECOMENDACIONES



1. Realizar una serie de restauraciones numéricas en distintos tipos de bastidores como en armas, electrodomésticos y bicicletas, para proceder determinar la efectividad del método (sulfato de cobre) investigado.
2. Se debería implementar la técnicas de Restauración de números borrados en motor y chasis como el Método Electrolytico con la utilización del sulfato de cobre como método restaurativo.

## IX. BIBLIOGRAFIA



- ∅ Anuario de Normas de ASTM, Parte 11 Metalografía, Prueba no destructivas, Comité E-4 y E-7, American Society for Testing and Materials, Filadelfia, 1975, Págs. 41-48, 413-419.
- ∅ Bassemans, A. y Haemers, H., "Procède commode et rapide pur la revelation a froid des marques d'estampage sur metal effaces mecaniquement", Revue de Droit Penal et de Criminologie, Pág 934 (julio de 1947).
- ∅ Chisum, W, Jerry, "A Catalytic Process for Restoration of Serial Number on Aluminium", Journal of Forensic Science, vol 6, núm 2, Pág 86, California Association of Criminalist, mayo de 1963.
- ∅ Heindl, R., "Ein neues Verfahren um ausgefeilte Stanz zu rekonstruirm", Archiv fur Kriminologie, vol 96, Pág. 241 (1935).
- ∅ Kehl, George, L., The Principles of Metallographic Laboratory Practice, 3a edition, McGraw Hill Book Co., New York, 14, págs, 433 - 435, 441 – 448.
- ∅ Metal Handbook, 8a edición, vol 8, American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1973, Págs. 70 – 142.
- ∅ Metal Progress, vol 108, no 1, Pág. 174 - 177 mediados de Junio de 1975.
- ∅ Nicolls, L.C., The Scientific Investigation of Crime, butterworth & Co., Londres, 1 págs 1 – 1.
- ∅ Pirk, Gustav W., "Metallurgical Examinations in Criminal Cases", American Journal of Police Science, vol 30, Pág. 900 (1940).
- ∅ The Official Publication of the International Association Identification. Journal of Forensic Identification, Vol. 54. No.1. Junary/ February 2004.
- ∅ Walensky, W., "Die Rekonstruktion ausgefeilter Fabrikn mmern und sonstiger Pragezeichen". Archiv fur Kriminologie, vol 100, Pág. 289 (1937).
- ∅ Young, S. G., "The Restoration of Obliterated Stamped Serial Number by Ultrasonic Induced Cavitation in Water", Journal of Forensic Sciencie vol. 19, num. 4, p. 820 (1974).
- ∅ www.cochilco.cl: en esta página se encontraros los usos del cobre y las propiedades químicas.
- ∅ [www.procobre.cl](http://www.procobre.cl) y [www.codelco.cl](http://www.codelco.cl)
- ∅ [www.penoles.com.mx/metales/sulcu.html](http://www.penoles.com.mx/metales/sulcu.html):



## GLOSARIO

- ∅ **BASTIDORES:** Armazón metálico que soporta los distintos elementos de una máquina ó armazón metálico indeformable que sirve como soporte a la carrocería, motor, etc., de un vehículo u automóvil, locomotora, vagón de ferrocarril u otro mecanismo.
- ∅ **CAVITACION:** Formación de cavidades llenas de vapor o de gas en el seno de un líquido en movimiento ó cuando la presión en un punto l líquido resulta inferior a la tensión de vapor.
- ∅ **ESBOZA:** Bosquejo.
- ∅ **GUARISMOS:** Signo o cifra arábigo que expresan una cantidad.
- ∅ **HOMOGENEIDAD:** Cualidad de homogéneo (mezcla de manera uniforme en un líquido).
- ∅ **MORDIENTE:** Sustancia que en cierta arte sirve para fijar el color. Producto químico utilizado en proceso de estampación. Ácido u o agente corrosivo empleado para atacar superficialmente los metales.
- ∅ **MUESCA:** Hueco que se hace en una cosa para encajar otra. Incisión o rte hecho como señal.
- ∅ **TROQUELADOS:** Matíz o molde metálico empleado en las operaciones de acuñación o de estampado.
- ∅ **MACLAJE:** Cuerpo compuesto de dos o más cristales asociados simétricamente, orientados de diferente manera y con interpenetración parcial.



# ANEXOS

*Anexo No 1: CODIGOS MUNDIALES DE IDENTIFICACIÓN DE  
AUTOMÓVILES SEGÚN SU PAIS DE ORIGEN*



∅ 1AM-AMERICAN MOTORS	∅ 1LN-LINCOLN
∅ VF1-EAGLE MEDALLION	∅ DB-MERCEDEZ BENZ
∅ JF1-SUBARU	∅ JH4-ACURA
∅ JNK-INFINITI	∅ 1ME-MERCURY
∅ JS3-SUZUKI	∅ ZFR-PININFARNA
∅ JN1-NISSAN	∅ 1G2-PONTIAC
∅ 1B3-DODGE	∅ YS3-SAAB
∅ JT2-TOYOTA	∅ ZBB-BERTONE
∅ JA3-MITSUBISHI	∅ SAX-STERLING
∅ 1G3-OLDSMOBILE	∅ VF3-PEUGEOT
∅ 12A-AVANTI	∅ ZFF-FERRARI
∅ ZFA-FIAT	∅ SCE-DELOREAN
∅ JMI-MAZDA	∅ SCF-ASTON MARTIN
∅ KMH-HYUNDAI	∅ WAU-AUDI
∅ 1P3-PLYMOUTH	∅ YVI-VOLVO
∅ JE3-EAGLE SUMMIT	∅ WVV-VOLKSWAGEN
∅ WBA-BMW	∅ ZAR-ALFHA ROMEO
∅ JHM-HONDA	∅ WF1-MERKUR
∅ 1G4-BUCK	∅ 1E3-EAGLE PREMIER
∅ JAB-SUZU	∅ 1G1-CHEVROLET
∅ WPO-PORSCHE	∅ JJC-JEEP
∅ ZAM-MASERATI	∅ JT8-LEXUS
∅ 1G6-CADILLAC	∅ SCA-ROLLS ROYCE
∅ SAJ-JAGUAR	∅ 1C3-CHRYSLER
∅ VF1-RENAULT	∅ SCC-LOTUS
∅ 2E3-EAGLE PRIMER	∅

**Anexo No 2: DECODIFICARDO DEL DIGITO DE CONTROL PARA SERIE CHASIS O VIN QUE CONTENGAN 17 DIGITOS**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>A</b>																	
<b>B</b>																	
<b>C</b>	8	7	6	5	4	3	2	10	0	9	8	7	6	5	4	3	2
<b>D</b>																	

**A:** Fila en donde se ubican en cada casilla los datos de la serie de chasis

**B:** Valores asignados por cada digito de la serie de chasis

**C:** Constante

**D:** Resultado de la multiplicación de la fila en cada casilla (B x C)

**Anexo 2.1: TABLA PARA SACAR EL NUMERO DE CONTROL VALORES ASIGNADOS**



A	J		=	1
B	K	S	=	2
C	L	T	=	3
D	M	U	=	4
E	N	V	=	5
F		W	=	6
G	P	X	=	7
H		Y	=	8
R		Z	=	9

0	=	0
1	=	1
2	=	2
3	=	3
4	=	4
5	=	5
6	=	6
7	=	7
8	=	8
9	=	9
10	=	10

*Anexo No 3: Características de los métodos de restauración*

<i>Método</i>	<i>Descripción</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<i>Químico</i>	Grabado con solución química	Sencillez, bajo costo y facilidad de transporte	Requiere reactivos químicos para cada metal, a veces peligrosos
<i>Electrolítico</i>	Grabado por proceso electrolítico	Sencillez y rapidez relativas	Requiere reactivos químicos (como el anterior) y una fuente de energía eléctrica
<i>Cavitación Ultrasónica</i>	Grabado por adición del agua en estado de cavitación.	Un solo procedimiento aplicable a todos los metales	Elevado costo inicial y limitada facilidad de transporte
<i>Partículas magnéticas</i>	Aplicación de partículas magnéticas al espécimen magnetizado	No destructivo del espécimen; se puede intentar antes de otros métodos	Aplicable solamente a metales magnético
<i>Calentamiento</i>	Calentamiento gradual de la superficie con un soplete	Un solo procedimiento aplicable a todos los metales	Destruye la evidencia de deformación del metal, lo que imposibilita intentos subsecuentes de restauración

*Anexo No 4: Mordientes químicos para metales no ferrosos*

<i>a) Aluminio y sus aleaciones</i>	<i>Reactivos a utilizar</i>
1. Solución de Hume - Rothery	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 200 gr de Cloruro de Cobre CuCl<sub>2</sub></li> <li>• 5 ml de ácido clorhídrico HCL</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 ml de agua destilada</li> </ul>
2. Ácido Nítrico al 25%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 ml de ácido nítrico HNO<sub>3</sub></li> <li>• 75 ml de agua destilada</li> </ul>
3. Ácido Nítrico y Fosfórico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 ml de ácido nítrico HNO<sub>3</sub></li> <li>• 94 ml de ácido fosfórico H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub></li> </ul>
4. Solución de Villella	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 partes de ácido fluorhídrico HF</li> <li>• 1 parte de ácido nítrico HNO<sub>3</sub></li> <li>• 3-4 partes de glicerol</li> </ul>
5. Cloruro férrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3% de cloruro de hierro (III) FeCl<sub>3</sub> en agua destilada</li> </ul>
6. Ácido fosfórico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 ó 20% de ácido fosfórico H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> en agua destilada</li> </ul>
7. Ácidos mezclados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 ml de ácido fluorhídrico HF</li> <li>• 1.5 ml de ácido clorhídrico HCL</li> <li>• 2.5 ml de ácido nítrico HNO<sub>3</sub></li> <li>• 95 ml de agua destilada</li> </ul>
8. Tratamiento alternos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10% de hidróxido de sodio NaOH y 10 % de ácido nítrico HNO<sub>3</sub></li> <li>• Solución de NaOH al 1%</li> </ul>
<b>b) Latón y cobre</b>	<b>Reactivos a utilizar</b>
1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 40 gr de Cloruro de Cobre CuCl<sub>2</sub></li> <li>• 180 ml de ácido clorhídrico HCL</li> <li>• 100 ml de agua destilada</li> </ul>
2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 gr de Cloruro de Cobre CuCl<sub>2</sub></li> <li>• 8 gr de cloruro de hierro (III) FeCl<sub>3</sub></li> <li>• 12 ml de ácido clorhídrico HCL</li> <li>• 100 ml de alcohol metílico CH<sub>3</sub>OH</li> </ul>
3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácido Nítrico HNO<sub>3</sub> variada</li> </ul>
4.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1.5 gr de Cloruro de Cobre CuCl<sub>2</sub></li> <li>• 30 ml de ácido clorhídrico HCL</li> <li>• 30 ml de alcohol etílico C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH</li> <li>• 95 ml de agua destilada</li> </ul>
5.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 19 gr de cloruro de hierro (III) FeCl<sub>3</sub></li> <li>• 6 ml de ácido clorhídrico HCL</li> <li>• 100 ml de agua destilada</li> </ul>
<b>c) Cromo y Níquel</b>	<b>Reactivos a utilizar</b>
Ácidos mezclados en glicerina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 parte de ácido nítrico HNO<sub>3</sub></li> <li>• 2 parte de glicerol</li> </ul>
<b>d) Plomo</b>	<b>Reactivos a utilizar</b>
1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácido nítrico HNO<sub>3</sub> concentrado</li> </ul>
2. Peróxido de hidrógeno en ácido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 parte de peróxido de hidrógeno H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 10%</li> <li>• 3 parte de ácido acético CH<sub>3</sub>COOH</li> </ul>
3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nitrato de plata AgNO<sub>3</sub> al 5%</li> </ul>
<b>e) Magnesio y sus aleaciones</b>	<b>Reactivos a utilizar</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácido málico COOHCH<sub>2</sub>CH(OH)COOH al 10%</li> </ul>
<b>f) Metales preciosos</b>	<b>Reactivos a utilizar</b>
1. Para Oro y Platino	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua de bromo</li> </ul>
2. Ácidos mezclados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 parte de ácido nítrico HNO<sub>3</sub></li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 parte de ácido clorhídrico HCL</li> <li>• 6 partes de agua estilada</li> </ul>
3. Para oro y Platino	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 ml de ácido clorhídrico HCL</li> <li>• 25 ml de ácido nítrico HNO<sub>3</sub></li> </ul>
<b>g) Estaño</b>	<b>Reactivos a utilizar</b>
1. Peróxido de hidrógeno en ácido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 gota de peróxido de hidrógeno H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></li> <li>• 50 ml de ácido acético CH<sub>3</sub>COOH</li> <li>• 50 ml de agua destilada</li> </ul>
<b>h) Zinc y sus aleaciones</b>	<b>Reactivos a utilizar</b>
1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácido clorhídrico HCl diluido según se necesite</li> </ul>
2. Tratamientos alternos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50% de ácido clorhídrico HCl y 50% de ácido nítrico HNO<sub>3</sub></li> </ul>

**Anexo No 5. Métodos utilizados por otros países para la restauración de Bastidores borrados en superficie metálicas**

1. **La policía de Portugal** utiliza el reactivo de Fry con la siguiente fórmula:
  - a) 90 gramos de Cloruro Cúprico CuCl<sub>2</sub>  
120 ml de Ácido Clorhídrico HCl  
100 ml de agua destilada
  - b) 10 gramos de Cloruro Férrico FeCl<sub>3</sub>  
90 ml de Ácido Clorhídrico HCl concentrado
2. La Policía de otros países usa la técnica **MAGNAFLUX** que consiste en utilizar la potencia de un imán y un pulverizador magnético, consiguiendo con este procedimiento la visualización del número.
3. **La Policía de Venezuela** utiliza el siguiente reactivo para recuperar números en superficie de hierro:
  - a) 90 gramos de Cloruro Cúprico CuCl<sub>2</sub>  
120 ml de Ácido Clorhídrico HCl concentrado  
100 ml de agua destilada
4. **En el Estado de California** utilizan los procesos térmicos y el electrolítico. La solución electrolítica utilizada puede ser:
  - a) 2.5 gramos de Cloruro Cúprico CuCl<sub>2</sub>  
120 ml de Ácido Clorhídrico HCl concentrado  
2.5 gramos de Cloruro Amónico NH<sub>4</sub>Cl  
100 ml de agua destilada

La reacción electrolítica se mantiene hasta que tanto en cuanto aparece el número buscado. Otras soluciones electrolíticas empleadas son:

10 ml de Ácido Clorhídrico HCl concentrado  
10 ml de Ácido Nítrico HNO<sub>3</sub> Concentrado

Para motores **VMW** y **Porsche** utilizan:



25 ml de Ácido Nítrico HNO<sub>3</sub> concentrado  
75 ml de Agua destilada

5. *En Inglaterra utilizan* para las superficies de hierro un método prácticamente igual que el que utilizamos en nuestro laboratorio tan solo ligeramente la composición cuantitativa del reactivo de Fry modificado, lo que indica que probablemente, no es determinante la medida exacta de componentes de la formula del mismo. En concreto utilizan:

- a) 52 gramos de Cloruro Cúprico CuCl<sub>2</sub>  
320 ml de Ácido Clorhídrico HCl concentrado  
240 ml de agua destilada  
200 ml de Etanol C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH al 96°

También lo alternan en la aplicación con ácido nítrico, pero algo más concentrado que el que utilizan en *España*, pues ellos utilizan el ácido nítrico HNO<sub>3</sub>. Para superficies de Aluminio y de aleación utilizan alternativamente:

- a) 78 ml de agua destilada  
22 ml de Ácido Nítrico HNO<sub>3</sub> concentrado
- b) 90 ml de agua destilada  
10 gramos de Hidróxido Sódico NaOH

6. *La Policía de la República Federal de Alemania para superficies de hierro y acero utilizan:*

- a) 5 gramos de Cloruro Cúprico CuCl<sub>2</sub>  
40 ml de Ácido Clorhídrico HCl concentrado  
30 ml de agua destilada  
25 ml de Etanol C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH al 96°
- b) 6 gramos de Cloruro Férrico FeCl<sub>3</sub>  
10 ml de Ácido Clorhídrico HCl concentrado  
6 gramos de Cloruro Cúprico CuCl<sub>2</sub>  
100 ml de Etanol C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH
- c) 3 gramos de Cloruro Cúprico – Amónico NH<sub>4</sub>CuCl<sub>2</sub>  
100 ml de agua destilada
- d) 1 ml de Ácido Nítrico HNO<sub>3</sub> concentrado  
100 ml de Etanol C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH al 96°
- e) 15 gramos de Cloruro Férrico FeCl<sub>3</sub>  
50 ml de Ácido Clorhídrico HCl concentrado
- f) 30 ml de Ácido Clorhídrico HCl concentrado  
30 gramos de Cloruro Cúprico CuCl<sub>2</sub>  
30 ml de agua destilada
- g) 120 ml de Ácido Clorhídrico HCl concentrado  
100 ml de agua destilada  
30 ml de Ácido Nítrico HNO<sub>3</sub> concentrado



50 ml de Ácido Clorhídrico HCl concentrado  
30 ml de agua destilada

Para conseguir un mayor contraste utilizan el reactivo de **WASSAUA**

- a) 50 ml de Ácido Clorhídrico HCl concentrado  
11 gramos de Cloruro Cúprico CuCl<sub>2</sub>  
22 ml de agua destilada

∅ *Cuando la superficie a investigar es de Hierro y Acero muy duro utilizan:*

- a) 50 ml de Ácido Nítrico HNO<sub>3</sub> concentrado  
50 ml de Ácido Clorhídrico HCl concentrado

∅ *Para metales de aleación ligera utilizan:*

Reactivo de **PORTEVIN** y **BASTIEN**:

- a) 10 gramos de Hidróxido Sódico NaOH  
100 ml de agua destilada
- b) 15 ml de Ácido Nítrico HNO<sub>3</sub> concentrado  
85 ml de agua destilada

∅ *Reactivos que como siempre se aplican alternativamente:*

a) Reactivo de **TUCKER**:

45 ml de Ácido Clorhídrico HCl concentrado  
15 ml de Ácido Fluorhídrico HF concentrado  
15 ml de Ácido Nítrico HNO<sub>3</sub> concentrado  
25 ml de agua destilada

b) Reactivo de **KELLER**:

5 ml de Ácido Clorhídrico HCl concentrado  
5 ml de Ácido Fluorhídrico HF  
25 ml de Ácido Nítrico HNO<sub>3</sub> concentrado  
955 ml de agua destilada

∅ *También utilizan para metales ligeros:*

- a) 0.2 ml de Ácido Fluorhídrico HF  
100 ml de agua destilada
- b) 33 ml de Ácido Clorhídrico HCl concentrado  
66 ml de Ácido Fluorhídrico HF

∅ Para aleaciones en cuya composición entra el magnesio, la recuperación de los números borrados efectúa con el siguiente reactivo:

- a) 20 gramos de Ácido Málico  
80 ml de agua destilada



Como puede comprobarse, por la composición cualitativa y cuantitativa, todos los reactivos utilizados en los diferentes países son prácticamente iguales, y el procedimiento es el mismo. No obstante, y como es lógico, cada cuál dice que obtiene mejores resultados con el que utiliza personalmente, pero si tenemos en cuenta las fórmulas y el fundamento en que se basa la recuperación de números.

**Reactivos de Fry modificado:**

- 16 ml de Ácido clorhídrico HCl concentrado
- 2.6 gr de Cloruro cúprico CuCl<sub>2</sub>
- 10 ml de Etanol C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH de 96°C
- 12 ml de Agua destilada

El único método que ha resultado típicamente más eficaz que el reactivo de **FRY** es el método electrolítico con el reactivo de **TURNER**:

- 2.5 gr de Cloruro de cobre CuCl<sub>2</sub>
- 40 ml de Ácido clorhídrico HCl
- 24 ml de etanol C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH de 96°C
- 30 ml de agua destilada

En el método electrolítico, el espécimen se limpia y se pule como se dijo antes, y el agente grabador se aplica a una pila común de 6 voltios que es una fuente conveniente de potencia.

- o **Hierro fundido:** El reactivo de **FRY** y el reactivo electrolítico de **TURNER** también dan buenos resultados como el hierro fundido. Sin embargo, el método de calor indirecto es superior a cualquiera de estos mordientes. El espécimen se limpia, pule y después se calienta poco a poco con un soplete plicado a corta distancia de la borradura. El número aparece como una imagen levantada inmediatamente antes de que la superficie se ponga al rojo vivo.
- o **Aleaciones de aluminio:** No se ha encontrado un solo método que sea eficaz con todas las aleaciones de aluminio. Si el investigador no tiene experiencia previa con el espécimen en cuestión, el primer intento de restauración debe hacerse con el mordiente químico cloruro férrico ácido:

- **Reactivos para aleaciones de aluminio Ligeras :**
  - 40 ml de agua destilada
  - 30 ml de ácido nítrico concentrado HNO<sub>3</sub>
  - 30 ml de ácido clorhídrico HCL concentrado

- **Reactivo para aluminio :**
  - 10 gr de hidróxido de sodio NaOH
  - 90 ml de agua destilada

- **Reactivo para aluminio y aleaciones :**
  - 25 gr de cloruro de hierro FeCl<sub>3</sub>
  - 25 ml de ácido clorhídrico HCl
  - 100 ml de agua destilada

- **Reactivo Hume – Rotherry:**
  - 200 gramos de cloruro de cobre CuCl<sub>2</sub>
  - 5 ml de ácido clorhídrico HCl
  - 100 ml de agua destilada



- 25 ml de ácido nítrico HNO<sub>3</sub>
- 75 ml de H<sub>2</sub>O

Los cuatro reactivos han resultado eficaces con la aleación de aluminio extruida y con la aleación fundida de aluminio/silicio. Si los tratamientos arriba mencionados no dan resultados, se debe intentar el método que ha sido más eficaz con la aleación forjada de aluminio/cobre.

En este método de calentamiento indirecto se debe tener cuidado de no calentar excesivamente el espécimen, al grado de que se ablande o deforme. Para propósitos fotográficos, la claridad de la restauración por el método de calentamiento indirecto se puede mejorar con la aplicación subsiguiente de ácido fluorhídrico en mordiente ácido mezclado:

- 2 ml de ácido Fluorhídrico HF
- 24 ml de ácido clorhídrico HCl
- 12 ml de ácido nítrico HNO<sub>3</sub>
- 2 ml de agua destilada

Este reactivo demanda un manejo especial, dado que las soluciones de ácido Fluorhídrico pican el vidrio y pueden crear presiones en recipientes cerrados. Se recomienda una botella ventilada de plástico resistente al ácido, en la que se guarda por unos cuantos días.

∅ **Latón:** Por eficacia y sencillez, se recomienda dos mordientes químicos para el latón. Son el cloruro férrico ácido:

- 25gr de cloruro férrico FeCl<sub>3</sub>
- 25ml de ácido clorhídrico HCl
- 100ml de agua destilada
- 25ml de ácido nítrico HNO<sub>3</sub>
- 75ml de agua destilada

Los dos mordientes químicos son estables almacenados. cloruro férrico ácido necesita menos tiempo para grabar. El método de cavitación ultrasónica con pulido es igualmente eficaz con el latón.

∅ **Aleaciones de cinc:** El método que ha resultado en el grabado de solución ácida crómico:

- 75ml de agua
- 20gr de óxido de cromo CrO<sub>3</sub>
- 1.5gr de sulfato de sodio Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- 100 ml de agua destilada.

