

DI-SF.19

ARTESANIAS DE COLOMBIA  
UNIDAD DE DISEÑO

HISTORIA DE LA TECNICA DE CERA PERDIDA EN COLOMBIA  
MATERIAL DE APOYO

ASESOR OMAR HURTADO

BORNEA D.C.



# **INFORMACION GENERAL**



## AREAS ORFEBRES PREHISPANICAS

### 1 - CALIMA

Los valles de los ríos que descienden de la cordillera occidental hacia el pacífico fueron densamente habitados y sirvieron de acceso a las tierras andinas. Durante el primer milenio de nuestra era, los cursos altos de los ríos Calima y Dagua estaban habitados por grupos de agricultores sedentarios responsables de un largo proceso de desarrollo local, durante el período conocido como ILAMA.

Hacia los comienzos de nuestra era, las poblaciones crecieron, irradiando su influencia hacia regiones vecinas. Cultivaron el maíz y transformaron el paisaje de colinas y valles al construir terrazas para sus viviendas, eras de cultivo y canales de drenaje. A este período, conocido como YOTOCO, corresponde la mayor producción de oro Calima. Complejos y vistosos atuendos reforzaban el prestigio de quienes lo usaban, acompañándolos luego en sus tumbas. Objetos de oro y cerámica muestran hombres y animales que se entremezclan en complejas representaciones.

Se desconocen las causas de la desaparición de esta cultura, pero los hallazgos arqueológicos nos dicen que, hacia el siglo X d. c., la zona fue ocupada por un grupo diferente que permaneció allí hasta la conquista española.

### 2 - CAUCA

La región del alto río Cauca, en el suroccidente colombiano, fue ocupada en una época posterior al siglo VI d. c. por un grupo humano que produjo una orfebrería notable por su calidad técnica y decorativa. Se distinguen los colgantes y pectorales de variados tamaños, con formas de aves rapaces y hombres-ave. Los más elaborados, están decorados con una figura central, que representa un hombre con pico de ave, acompañado por pequeñas figuras zoomorfas.

Además del oro, en las tumbas se han encontrado piezas cerámicas espectaculares, que representan personajes llevados en andas o sentados sobre bancos. Adornados con pintura facial (o tatuajes) y collares, en ocasiones



sostienen un escudo circular, cuya decoración en motivos escalonados es similar a la de algunos pectorales de oro.

### 3 - MUISCA

El poblamiento del altiplano de la cordillera oriental colombiana se remonta a más de 12.000 años, cuando bandas de cazadores habitaron los abrigos rocosos de la zona. Hace 3.000 años comunidades de agricultores iniciaron su proceso de desarrollo, basado en la explotación y comercio de la sal. Estas comunidades legaron su herencia cultural a los Muisca, grupo de habla chibcha que ocupó altiplanicies hacia el siglo VII d. c. Desde entonces hasta la conquista española, se expandieron en un territorio de 25.000 km<sup>2</sup> y sobrepasaron el millón de habitantes.

Agricultores de maíz, papa y otros tubérculos andinos, vivían dispersos en las laderas y los valles, y en asentamientos nucleados donde residían los caciques. Dos jefes principales, el Zipa y el Zaque, aspiraban al dominio respectivo de las zonas sur y norte del territorio a través de una política de expansión no consolidada aún a la llegada de los españoles.

En centros ceremoniales se congregaba periódicamente la población, para rituales donde el oro cumplía un papel fundamental. Figuritas pequeñas y toscas, elaboradas por especialistas, representando seres humanos, animales y escenas de la vida política y social eran depositados como ofrendas en templos, cuevas y lagunas sagradas.

### 4 - NARIÑO

El altiplano nariñense, en el extremo sur del país, fue habitado hacia el siglo VII d. c., por un grupo humano que produjo una orfebrería relacionada con la tradición metalúrgica del suroccidente colombiano.

Conocida como CAPULI, esta cultura se extendió por la zona andina del norte ecuatoriano y mantuvo relaciones comerciales con los pobladores de la vertiente y el litoral Pacífico. Representaciones de hombres y animales, vasijas

de formas variadas y ricos ajuares de oro, fueron enterradas en tumbas de pozo con cámara lateral que pueden alcanzar 30 o 40 metros de profundidad.

Hacia el siglo VIII d. c., la región fue también ocupada por otro grupo humano conocido con el nombre de PIARTAL. Estas comunidades construyeron sus viviendas en los filos de las montañas, acondicionaron las laderas con terrazas



artificiales para obtener una abundante producción agrícola y elaboraron, con sofisticada tecnología, objetos de cerámica y madera, textiles y piezas de orfebrería que presentan características únicas en el panorama orfebre de todo el país.

Sus descendientes, conocidos como cultura TUZA, aún habitaban la zona en la época de la conquista española. Ellos alcanzaron a sentir la tardía influencia de los Incas del Perú, cuya expansión sólo llegó hasta el río Angasmayo cerca de la actual frontera colombo-ecuatoriana

## 5 - QUIMBAYA

Desde los primeros siglos de nuestra era, las vertientes de clima templado del valle medio del río Cauca fueron pobladas por comunidades que participaron en el gran auge cultural del suroccidente colombiano. Conocida como Quimbaya clásica, esta cultura produjo una orfebrería sobresaliente por su calidad técnica y su realismo. Fueron comunidades innovadoras en las técnicas metalúrgicas, influyendo en una amplia zona que abarca el centro y norte de Colombia y la baja Centroamérica.

Hacia el siglo X d. c., pasado el auge cultural de esos antiguos pobladores, el valle medio del río Cauca fue habitado por comunidades diferentes que sobrevivieron hasta la conquista española. Organizados en aldeas con bohíos circulares, enterraban a sus muertos en tumbas de pozo con cámara lateral agrupadas en extensos cementerios. Utilizaron las aleaciones de oro y cobre y las técnicas de fundición para elaborar narigudas, orejeras, pectorales y otros adornos producidos en amplias regiones.

## 6 - SAN AGUSTIN - TIERRA DENTRO

El macizo Colombiano, donde la cordillera de los Andes se divide en dos ramales y nacen los ríos Cauca y Magdalena, fue escenario del largo desarrollo de la cultura agustiniana.

Desde hace unos 2.000 años, estos agricultores sedentarios se esparcieron en un área de 500 kilómetros cuadrados. Terrazas y canales alternan con montículos artificiales que cubren tumbas monumentales, con entradas custodiadas por estatuas de piedra y un corredor de lajas que conduce a la cámara mortuoria donde los personajes eran enterrados con ofrendas de cerámica y en ocasiones de oro.



La estatuaria agustiniana, caracterizada por la agresividad de la expresión, representa personajes con armas y cabezas-trofeo, seres con complejos atuendos, aves rapaces, serpientes, jaguares y otros animales míticos. Predomina el tema del jaguar, animal que en San Agustín, al igual que en otros pueblos americanos, es símbolo de fuerzas opuestas: poder - fertilidad y destrucción del orden social. Las estatuas de hombres-jaguar, se asocian al CHAMAN, sacerdote que tiene la facultad de transformarse en felino para mantener el equilibrio entre esas fuerzas contradictorias.

Los vestigios de la cultura agustiniana desaparecen por causas desconocidas unos 800 años antes de la llegada del español.

## 7 - SINU

Las llanuras tropicales del caribe son zonas de ciénagas, estuarios, sabanas y bosques, con suelos aluviales fértiles y una variada fauna. La explotación de estos recursos y la adopción de la agricultura de la yuca y otras raíces permitieron la formación de sociedades complejas, como la de los Zenúes, quienes desde los comienzos de la era cristiana se expandió por las cuencas de los ríos Sinú, San Jorge, Cauca y Nechi.

Su territorio estaba dividido en tres provincias con funciones económicas complementarias: la producción de alimentos y de variadas manufacturas y la explotación del oro nativo. Sus jefes, del mismo linaje, controlaban la distribución de productos efectuada a través de una eficiente red comercial.

Controlaron las aguas en zonas inundables, mediante un sistema de canales artificiales que cubre 500.000 hectáreas. Una numerosa población se estableció a lo largo de los ríos, en viviendas aisladas o en aldeas, construidas sobre plataformas artificiales que albergaban también los túmulos funerarios. Hacia el año 1.000 d. c., la población disminuyó notablemente. Algunos grupos sobrevivieron hasta la conquista.

## 8 - TAIRONA

La Sierra Nevada de Santa Marta, en el norte del país, fue poblada por los Taironas, quienes desde los primeros siglos de nuestra era comenzaron a consolidarse como entidad política y social.

Alcanzaron su máximo esplendor después del año 1.000 d. c., cuando se agruparon en numerosos núcleos urbanos. Se conoce más de 200 de estos



asentamientos, dispersos desde las tierras bajas hasta los 2.000 metros de altura, hoy cubiertos por espesa vegetación. Los pobladores son notables por sus obras de ingeniería y arquitectura de piedra, como terrazas, canales de irrigación, puentes, caminos, escaleras y centenares de cimientos para viviendas.

Núcleos de población de diversos tamaños, atestiguan las jerarquías en el manejo político, con centros mayores que controlaban asentamientos más pequeños a través de una elite conformada por caciques y una poderosa casta sacerdotal.

Las piezas de piedra, cerámica y oro, producidas por especialistas, muestran hombres y animales que se mezclan en representaciones de profundo contenido

Simbólico, aún vigente entre los IJIKAS y KOGUIS, comunidades indígenas que habitan actualmente la Sierra Nevada de Santa Marta.

## 9 - TOLIMA

El valle del río Magdalena, principal arteria fluvial de Colombia, fue importante zona de paso en los movimientos de población e intercambios comerciales, reflejados en la influencia que las culturas del sur, del centro y norte tuvieron en la zona.

Desde los comienzos de la era cristiana, época del auge cultural del suroccidente colombiano, existió una importante producción de orfebrería favorecida por la presencia de los ricos aluviones de los afluentes del Magdalena. El oro extraído fue trabajado en la región y su excedente se convirtió en un importante artículo de comercio que abasteció a los orfebres de regiones vecinas.

A la llegada de los españoles, la zona estaba poblada por numerosos grupos de lengua KARIB que sólo se organizaban para la guerra.

## 10 - TUMACO

La llanura costera del pacífico, desde los manglares hasta los bosques tropicales del piedemonte andino, ofrece variados recursos para la subsistencia del hombre. Sus suelos fértiles y su fauna acuática fueron aprovechados durante más de 4.000 años por los antiguos habitantes de la región.



Establecieron sus poblados en las cercanías de los esteros y desarrollaron un eficiente sistema económico basado en la pesca y la agricultura del maíz. Esta estabilidad, sustentó el auge de la cultura Tumaco y de la vecina región ecuatoriana de la Tolita, hace más de 2.000 años.

Numerosas figuras de cerámica, fabricadas con moldes, representan fielmente ancianos, enfermos, mujeres embarazadas, escenas familiares y eróticas que permiten apreciar aspectos de su vida cotidiana. Las cabezas de hombres y mujeres, deformadas intencionalmente y muy adornadas, con frecuencia aparecen separadas del cuerpo como si estos personajes hubieran sido víctimas de un ritual desconocido.

Fueron hábiles orfebres, actividad favorecida por los ricos aluviones auríferas de la vertiente del Pacífico. La explotación minera y el trabajo del oro son tradiciones que aún perduran en la zona en sitios como Barbacoas y Condoto.





## TECNOLOGIA DE LA ORFEBRERIA PREHISPANICA

Los yacimientos auríferos de Colombia están localizados en las cordilleras Occidental y Central y en los numerosos ríos que drenan estas cordilleras y arrastran ricos aluviones.

En la mayoría de los centros mineros de importancia empleaban esclavos para la explotación de las minas, generalmente prisioneros de guerra originarios de tribus vecinas.

La mayor parte del oro empleado por los indígenas prehispánicos era obtenido de las aluviones de los ríos. El método utilizado para su obtención consistía en remover la tierra con palos cuya punta era endurecida al fuego; esta tierra se lavaba hasta obtener un residuo que contenía el oro, el cual era nuevamente lavado en recipientes planos de madera llamados bateas.

También explotaron el oro acumulado en las terrazas aluviales, para lo cual desviaban y canalizaban el agua de los arroyos, que era así conducida a las terrazas en donde el oro se lavaba separándolo de la grava.

La explotación del oro de veta se practicó también en ciertas regiones. Empleando herramientas de piedra, excavaban pozos verticales muy estrechos, de un metro de diámetro, en algunos casos con 30° o 40° de inclinación, hasta cortar la vena de cuarzo. Los pozos mayores alcanzaban una profundidad de 20 a 27 metros. Aparentemente no construían cámaras o galerías subterráneas. El mineral era luego molido en morteros de piedra y el oro se separaba lavándolo en bateas. Existen evidencias de que en algunos centros mineros el metal en bruto era sometido al proceso de fundición con el fin de separar el metal puro y poder transportarlo con facilidad.



## 1 - FUNDICION DEL MINERAL

El metal era fundido en pequeños crisoles de cerámica, colocados dentro de hornillas también de arcilla cocida refractaria, recipientes de forma especial, cuya parte superior tiene capacidad suficiente para colocar carbón vegetal y uno o dos crisoles.

La temperatura necesaria para fundir el metal se conseguía con la ayuda de sopladores tubulares de cerámica, cuyo orificio interior se adelgazaba hacia uno de los extremos, aumentando así la fuerza de la salida del aire.

Como resultados de las fundiciones, quedaban en el fondo del crisol unos pequeños discos de diámetro variable (promedio: 1.28cms. Una de sus caras es generalmente lisa mientras la otra es redondeada y presenta las impresiones corrugadas dejadas por la superficie de la cerámica.

## 2 - METALES Y ALEACIONES

Los orfebres que habitaron el territorio colombiano trabajaron especialmente el oro y el cobre y en menor grado la plata y el platino.

Una característica principal del trabajo metalúrgico fue el empleo de la TUMBAGA, aleación intencional de oro y cobre.

Al mezclar el oro con el cobre en ciertas proporciones (aprox). 70% de cobre y 30% de oro se reduce en 250°C o más el punto de fusión de los metales: 1.063°C para el oro, 1.083°C para el cobre y 800°C para la tumbaga. Si se tiene en cuenta las condiciones bajo las cuales los orfebres fundieron los metales, esta reducción de temperatura les ofrecía considerables ventajas. Además las piezas fundidas en tumbaga reproducen mejor los detalles decorativos que las elaboradas en cobre u oro de alta ley.



### 3 - TECNICAS DE ELABORACION

#### MARTILLADO

El martillado requiere mayor destreza artesanal y conocimiento del comportamiento de los metales durante el proceso de manufactura, que en el caso de la fundición. Así lo demuestran piezas como los grandes pectorales repujados del área Calima y las delgadas láminas de oro que sirvieron de vestido funerario a los indígenas del área Sinú. Para alcanzar este tamaño y espesor, los orfebres golpeaban tunjuelos de oro colocados sobre yunques cilíndricos de piedra, con pequeños martillos ovalados elaborados en hierro meteórico. Las caras planas del martillo les permitieron adelgazar las láminas contra la superficie plana del yunque, mientras que al golpearlas con los lados convexos del martillo se obtenían superficies curvas.

#### RECOCIDO

Después de algunos golpes. La lámina de oro se tornaba quebradiza y ante el peligro de agrietamiento si se continuaba golpeándola, el orfebre tenía que calentarla hasta el rojo naciente y enfriarla nuevamente sumergiéndola en agua. Este proceso permitía continuar martillando el metal hasta alcanzar el tamaño y espesor deseados.

#### REPUJADO

Una vez obtenida la lámina de un grosor homogéneo, se dibujaba sobre ella, con trazos generales, el diseño decorativo deseado. Luego se presionaba el metal realzando la superficie en las zonas demarcadas. Este trabajo se podía llevar a cabo con herramientas de oro, piedra o cuerno. Siempre que la lámina estuviera sobre una superficie suave, como la del cuero grueso o la de un saco relleno de arena fina.

Después de trabajada la pieza desde la cara opuesta, presionando con cinceles los límites de las zonas realzadas, se continuaba trabajando sobre las dos caras del objeto alternadamente. Cada vez que la pieza se tornaba quebradiza, el orfebre tenía que templarla para poder continuar su labor.



## UNION DE PIEZAS FABRICADAS

Con el fin de hacer piezas con volumen basándose en láminas, los orfebres emplearon diversas técnicas para ensamblarlas. La más simple de ellas es la unión de las distintas partes utilizando clavos de oro, o dobleces en los bordes de cada una de las partes que encajaban entre sí. De esta manera, utilizaron las láminas de oro para recubrir objetos no metálicos.

Un proceso más complejo fue empleado para unir gránulos, alambres y láminas de oro entre sí, formando o decorando piezas de gran delicadeza. Este método, conocido con el nombre de GRANULACION o Soldadura por Fusión, fue utilizado en el sur de Colombia y noroeste de Ecuador. Dicha unión se puede llevar a cabo con piezas con distinto contenido de oro. Si las partes a unir son de oro fino (18 a 24 kilates) se coloca en el sitio donde se va a llevar a cabo la unión, una gota de acetato de cobre, que se obtiene disolviendo cobre en vinagre y algunas gotas de pegante de origen orgánico, como la colapsas o la cola vegetal. Luego se calientan las partes con una llama suave en atmósfera libre de oxígeno, ideal para llevar a cabo esta operación. El pegante orgánico se quema durante el proceso y el cobre añadido crea una aleación con el oro de la pieza, creando una unión molecular en los sitios donde se tocan las dos partes.

En el caso de que las piezas sean de Tumbaga, no es necesario añadir acetato de cobre. Este es un proceso delicado que requiere de altas temperaturas, aproximadamente 25°C antes del punto de fusión del metal y cualquier mínimo error puede destruir la pieza. La unión lograda por este método es resistente y casi imperceptible a simple vista.



## FUNDICION A LA CERA PERDIDA

Para fundir piezas planas el orfebre seguía el proceso siguiente:

- Con cera de abejas hacía hilos, trenzas y láminas que luego utilizaba para elaborar los distintos objetos.
- \* Terminada la pieza se le añadían, también en cera, un embudo y los conductos necesarios para la circulación del metal fundido.
- \* Se recubría luego con sucesivas capas de arcilla semilíquida que penetraba en los espacios libres de cera.
- \* Con arcilla de mayor consistencia se elaboraba un molde que cubría todo el objeto. Este se dejaba secar algunos días y se ponía al fuego.
- \* Al calentar el molde la cera se derretía y era retirada, quedando así un espacio interior libre que era ocupado por el metal fundido.
- \* Cuando el molde estaba frío, se rompía, se sacaba la pieza fundida y se limpiaba de los residuos de arcilla.
- \* Por último se cortaban los conductos y se retocaba el objeto, el cual quedaba así terminado.

## FUNDICION A LA CERA PERDIDA CON NUCLEO

Cuando las piezas elaboradas eran recipientes de boca estrecha cuyo uso requería un espacio libre interior o piezas huecas y abiertas en su parte posterior, eran fundidas a la cera perdida con núcleo interior independiente. Los pasos del proceso eran los siguientes:

El núcleo de arcilla y carbón modelado en la forma del objeto, se cubría totalmente con una capa homogénea de cera de abejas. Esta capa de cera de abejas se atravesaba luego con unos soportes de bambú o madera que se internaban aproximadamente un centímetro dentro del núcleo de arcilla para mantenerlo fijo en su posición durante la fundición.

Este conjunto era entonces cubierto por un molde exterior de arcilla. Cuando se retiraba la cera caliente, los soportes mantenían el núcleo en su posición



evitando que este obstruyera el paso del metal fundido. El tamaño y número de estos soportes era variables. Una vez terminada la fundición, se rompía el molde exterior y se retiraban los soportes. Los agujeros circulares dejados por ellos en las piezas eran reparados con un alambre metálico grueso que entraba a manera de clavo en el orificio. La línea de unión de la reparación era disimulada por medio del pulimento. Por último, se sacaba el núcleo interior dejando hueco el recipiente.



## EMPLEO DE MATRICES DE PIEDRA PARA ELABORAR PIEZAS EN SERIE

Las matrices se elaboraban tallando piedras de poca dureza (pizarra) hasta obtener el diseño en alto relieve. La mayoría de estas piedras tienen cuatro lados y presentan múltiples motivos en todas sus caras. Cuando uno de estos diseños en alto relieve se desgastaba, la piedra era tallada de nuevo sobre esa cara. Los motivos de las matrices se utilizaban para imprimir sobre arcilla blanda el diseño representado. Seca la arcilla, se recubría el interior del molde así obtenido con cera de abejas, sobre la cual se estampaba nuevamente la matriz de piedra. El resultado era un modelo en cera, impreso por ambas caras, el cual, hecho en serie, servía para fundir mediante el procedimiento de la cera perdida, la cantidad de objetos requeridos.

Estos moldes de cera fueron utilizados individualmente para elaborar cuentas de collar o Tunjos y en ocasiones, unidos a las láminas de cera junto con otros accesorios, formaron también piezas de mayor tamaño, como pectorales y colgantes de orejera.

### 4 - TECNICAS DE ACABADO

El tratamiento superficial de las piezas de orfebrería presenta diferencias y dependía generalmente del fin para el cual estaban destinadas. Las utilizadas como adornos personal y los recipientes (poporos) y utensilios que iban a prestar servicio por largo tiempo, fueron bruñidos, pulidos y en ocasiones dorados.

#### DORADO

Durante siglos, los orfebres precolombinos doraron sus piezas con diversos fines. Entre estos, seguramente prevaleció la necesidad de proteger sus piezas elaboradas en tumbaga contra la rápida oxidación del cobre. En la América Precolombina se utilizaron varios métodos para lograrlo, entre los cuales, el más conocido es el llamado MISE EN COULEUR o dorado por oxidación.

Al calentar un objeto de tumbaga, aleación de oro y cobre, este último se oxidaba, produciendo una película superficial de óxido cuproso que es retirado



por medio de una solución ácida. Al limpiar el óxido de cobre, la superficie queda cubierta de una capa de oro, la cual se va engrosando a medida que el proceso se repite

En Ecuador y Colombia se utilizaron plantas de la familia OXALIS como solución ácida, la cual, aplicada inmediatamente después de calentar la pieza, agilizaba el proceso de oxidación del cobre. En el sur del país, área arqueológica Nariño, las técnicas de dorado alcanzaron un desarrollo singular, los orfebres decoraron la superficie de las piezas con los distintos colores del oro y de sus aleaciones.

## BRUÑIDO

Para bruñir las piezas martilladas o fundidas, los orfebres utilizaron herramientas metálicas, de cuerno, hueso o piedra. Con ellas se efectuaba una presión regular sobre la superficie para alisarla y crear, al mismo tiempo, una capa exterior compacta que sirviera de protección a la pieza.

## PULIMENTO

Cuando se quería tener una superficie homogénea y brillante se pulían las piezas, inclusive aquellas que habían sido doradas, frotándolas con agua y un abrasivo como la arena fina.

Existen algunos objetos decorados con distintas texturas superficiales. Una vez dorada la pieza, se le daba una apariencia mate utilizando un agente corrosivo. Después, el orfebre sólo bruñía algunas zonas, creando así la decoración.

El color oscuro que presentan en ocasiones las áreas mate es producto de la oxidación del cobre del interior de las piezas. Estas zonas son más porosas que las áreas bruñidas y por lo tanto permiten una mayor acción de los agentes externos.

## 5 - HERRAMIENTAS METALICAS

A grandes rasgos, se pueden clasificar en dos grupos: las empleadas para trabajar la cera, como las espátulas y las utilizadas para trabajar directamente el metal. Un gran número de estas últimas fue utilizado por sus dos extremos. La





mayoría están elaboradas en tumbaga y presentan la superficie dorada. Se le dio forma por medio del martillado y se endurecieron golpeándolas en frío. Gracias a su dureza, cortaban y perforaban con alguna facilidad las láminas de oro.

El grupo más numeroso está constituido por los cinceles para cortar, cuyo filo se encuentra en línea perpendicular al eje de la herramienta y los cinceles para cortar en línea curva, cuyo filo presenta un ángulo obtuso respecto al eje. También utilizaron punzones para abrir los orificios en las piezas laminares, como pectorales y colgantes. Existen además herramientas de punta roma, de distintas formas, las cuales permitieron a los orfebres repujar las láminas de oro decorándolas con líneas, puntos y figuras en relieve.



## ELABORACION

### 1 - ELABORACION DEL MODELO ORIGINAL

La realización de los moldes se inicia con la visualización de cada joya en fotografías o por la observación directa en el MUSEO DEL ORO. Cada uno de los prototipos se hacen a escala guardando las mismas texturas y acabados, garantizando de esta forma que las replicas alcanzan un 95% de similitud con las piezas originales.

Los modelos originales son realizados en "cera para tallar" y siempre se les brinda un espesor mayor a 6 décimas, esto para evitar dificultades en la inyección de cera en el interior del caucho.

Durante el proceso de fundición se produce una reducción de volúmenes y gruesos con respecto al modelo original. Por lo tanto el original tiene un 3½ % más de lo que realmente requiere la pieza, esto para que la pieza reproducida corresponda realmente a las medidas proyectadas.

### 2 - PREPARACION DEL MOLDE DE CAUCHO

- Se programa la vulcanización a 100°C.
- Se colocan los cauchos encima de la vulcanizada para que se ablanden con el olor.
- Se coloca el modelo en el centro geométrico del marco y se cubre con dos tapas de caucho a modo de sándwich; si la altura de la pieza lo requiere, se colocan más tapas a cada lado.
- Estas matrices se elaboran en caucho amarillo y rosado, esto debido a que tienen propiedades que evitan las deformaciones y/o reducciones en las ceras.

### 3 - VULCANIZADO

- Se introduce el molde de caucho en la vulcanizadora a una temperatura de 100°C.
- A continuación se baja la prensa de la vulcanizadora hasta que haga una ligera presión sobre el marco.
- Después se aprieta 3 veces el manivela de la prensa, de 2 en 2 minutos: primero, apretamos un poco; luego, un poco más fuerte y, por fin, a los 6 minutos, a tope.
- Luego, se coloca el marcador de temperatura a 150°C y se programa en el reloj de la vulcanizadora el tiempo de vulcanización.
- Cuando pase el tiempo programado, la máquina parará. Entonces se deja que la temperatura baje a 100°C, o sea, a la temperatura inicial.



- Se saca el marco y se pone a enfriar en agua; luego se saca el caucho del marco. De esta forma se tiene fabricado el molde de caucho para la reproducción de la pieza

#### **4 - APERTURA DEL MOLDE DE CAUCHO**

Se abre el caucho con la punta de un bisturí y, al abrirlo, se hace en el canto del caucho una especie de dientes de sierra. Estos cortes se hacen hacia abajo, teniendo apoyado el molde sobre la mesa de trabajo. Los cortes se hacen en todo el contorno del caucho, con una profundidad de 4 a 6mm.

Hecha esta operación, sé continuo abriendo, siguiendo con el corte del bebedero hasta llegar a la pieza. En un lado del molde debe quedar la silueta de la pieza y en el otro el núcleo del interior de su brazo.

#### **5 - INYECCION DE CERAS EN EL MOLDE DE CAUCHO**

Los utensilios necesarios para la inyección de la cera son la máquina inyectora y dos chapas metálicas.

Teniendo una temperatura adecuada de la cera y presión suficiente en la inyectora, se procede a realizar la siguiente operación:

Se pone una chapa metálica en la parte superior del molde de caucho y otra en la parte inferior; con los dedos se presiona sobre las chapas y sujetando todo él

Bloque y empujando hacia dentro la válvula del inyector, el muelle y la válvula se abrirán, dando paso a la cera que llenara el molde de caucho. Rellenado de cera el molde, sé

Deja reposar cierto tiempo, para que la cera no se rompa al sacarla del caucho.

La cera que se utiliza es importada y dentro de sus bondades esta el que facilita la inyección y extracción de los moldes, también da una impresión muy exacta del original.

#### **6 - REVISION Y SELECCION**

Sacadas de los moldes, las piezas de cera son debidamente revisadas antes de pasar a su reproducción en metal. Este es un control de calidad obligado, puesto que en el proceso de inyección pueden haber salido las ceras con alguna rebaba o con alguna pata rota o haber quedado incompleta la reproducción. Si se comprueba alguno de estos defectos, se desecha la pieza.



Este control se hace muy bien, ya que el trabajo de corrección de defectos realizado en la cera es más sencillo que el que se pueda hacer después en el repaso del metal.

## 7 - MONTAJE DEL ARBOL

El tronco de cera debe tener 12mm. de diámetro, y su longitud corresponde a la altura del cilindro. Para fabricar este vástago de cera se hace un molde de caucho con esta forma de tronco, con la longitud y diámetro adecuados, y se le inyecta la cera hasta rellenarlo. La cera se inyecta a una temperatura muy baja, entre 0.2° y 0.4°C.

Para montar el árbol, se realiza el siguiente procedimiento:

- Se coloca el tronco en la tapa de goma, en el agujero de la *Macerota*;
- Con el soldador eléctrico, se sujeta a este agujero;
- A continuación se sueldan las piezas de cera en el tronco, con una inclinación de 45° hacia arriba hasta formar el árbol.

Una vez finalizado el árbol, se precisa que cantidad de metal se necesita para la fundición, inyección en el molde y reproducción de la pieza. La proporción de metal está en relación con el peso de las piezas de cera y el peso específico del metal a fundir. Para determinar la cantidad exacta de metal necesario se sigue este procedimiento:

- Montado el árbol en la tapa de goma, se pesa todo el árbol;
- A este peso se le resta el peso de la goma, obteniendo así el peso de las piezas de cera;
- Este peso de las ceras se multiplica por el peso específico del metal que se va a fundir.
- Al peso resultante se le suma el peso específico de la macerota: 35gramos si es de plata, y 25 gramos si es de oro.

## 8 - REVESTIMIENTO PARA EL ARBOL

Una vez que está montado el árbol en el cilindro, se necesita transformarlo en un molde para la reproducción de las piezas de metal. Para conseguir esto, se utiliza el revestimiento en forma líquida, de modo que se pueda vaciar en el cilindro hasta el borde. Este material se hará sólido, muy compacto y duro (a



modo de cemento), y cubrirá todas las piezas de cera en el cilindro. Para lograr esto, las proporciones de agua y polvo de cuarzo (revestimiento) tienen que ser de gran exactitud. En general, los fabricantes indican estas proporciones en los envases que contienen el revestimiento.

### 9 - LICUACION (Eliminación de la cera)

La eliminación de la cera se hace mediante la Máquina Licuadora, siguiendo este procedimiento:

- Vaciamos en el interior de la licuadora 5 litros de agua y encendemos el gas;
- Se colocan los cilindros en la licuadora con el agujero de la macerota hacia abajo y se tapa la licuadora. El barómetro de la tapa nos indica la temperatura del agua;
- En el interior de la licuadora, la temperatura del vapor de agua alcanza 120°C y hace licuar la cera en el interior del cilindro;
- La cera sale derretida por el agujero de la macerota;
- Esta cera cae por el agujero en forma de embudo que tiene la bandeja, y sale al exterior, junto con el vapor de agua.

### 10 - TRATAMIENTO TERMICO

Consiste en colocar los cilindros en el horno una vez finalizado el proceso de licuado. Este tratamiento tiene 2 puntos críticos: Los 300°C, que no se deben sobrepasar en las 2 primeras horas de funcionamiento del horno; y los 750°C, que el horno debe alcanzar al cabo de 4 horas, trabajando al 50% de su capacidad. Una vez que el horno ha llegado a 750°C tiene que mantener esta temperatura durante 2 horas, como mínimo. Si sumamos los tiempos anteriores, tendremos 8 horas de funcionamiento. Este es el ciclo normal, pero es variable por las necesidades del cilindro y capacidad del horno. A veces, por el número de cilindros se aumentan los ciclos a 10 ó 12 horas.

Este tratamiento térmico de los cilindros tiene como objetivo lograr su limpieza total de los residuos de cera que hayan podido quedar después de haber pasado por la licuadora.



## 11 - FUNDICION DEL METAL PARA SU INYECCION

Para la inyección del metal en los cilindros es necesario que, en el momento de la inyección del metal, los cilindros estén a una temperatura parecida a la del metal fundido, para que no se produzca un rechazo.

Para la fundición del metal en el crisol de la centrífuga, se procede de la siguiente manera:

- Se coloca un crisol en la centrífuga, se "cura" y se vacía en él el metal, previamente pesado para el cilindro que se va a inyectar.
- Se afloja el tornillo de la centrífuga en su parte superior, quedando la barra niveladora como una báscula.
- Se nivela la barra con el crisol y el metal, y se fija la pesa de contrapeso.
- Luego se funde el metal con el soplete.
- Mientras se mantiene el metal líquido en el crisol, se calienta la boca del vaciado del cilindro.
- Para evitar en parte la oxidación del metal fundido en el preciso momento de la inyección del metal en el cilindro, se cierra con suavidad la llave del aire del soplete, mientras se sigue aplicando la llama de gas al metal. Así se evitará en parte que el oxígeno penetre al metal en el momento de ser proyectado por la centrífuga.
- A continuación se aprieta el botón de puesta en marcha de la centrífuga, todo el metal será proyectado al interior del cilindro, quedando las impurezas en la macerota. Se deja que la máquina gire durante 3 minutos hasta que el metal quede totalmente sólido. Luego se puede parar la máquina.

## 12 - RECUPERACION DEL ARBOL

Para recuperar el árbol de piezas de metal, se sigue este procedimiento:

- Con las tenazas se saca de la centrífuga el cilindro. Se coloca junto con la macerota hacia arriba y se deja reposar.
- Se coge con las tenazas el cilindro en reposo y se introduce en agua, de esta forma se desprende el revestimiento, quedando el árbol a la vista.
- Se coge el árbol y con un martillo se le dan golpes a la macerota para que se desprenda todo el revestimiento posible, que aún queda adherido a las piezas de metal.
- Para la limpieza del árbol, se pone bajo un chorro de agua, al mismo tiempo se frota con un cepillo; luego lo introducimos en el blanqueamiento caliente.



ICP

- Completamos esta operación de limpieza, cortando las piezas de metal con la cizalla de corte por el bebedero y dejando las piezas totalmente limpias de revestimiento.