

Tecnologías utilizadas en la fabricación tradicional de productos derivados del hierro

(Technologies used in the manufacture of traditional iron products)

Izaga, José M^a; Urdangarín, Carmelo
Bastinuixa, 3-1^o Esk.
20820 Deba

BIBLID [1136-6834 (2000), 30; 41-58]

En el presente trabajo los autores hacen un estudio de las técnicas y métodos de trabajo utilizados en nuestro país para la fabricación de productos derivados del hierro, anteriores a la industrialización. Primeramente se detallan una serie de productos que se consideran más representativos, para seguidamente pasar a describir con detalle, los métodos y técnicas utilizados para la elaboración de cada uno de ellos, y que básicamente son: forja, soldadura a la calda, limado, amolado y temple. Finalmente se establecen las conclusiones que se estiman más relevantes.

Palabras Clave: Tecnología. Fabricación. Hierro. Métodos de trabajo. Herramientas. Forja. Amolado. Armas.

Gure herrian burdinaren deribatuen fabrikazioan, industrializazioaren aurreko garaietan erabilitako lan teknikak eta metodoak aztertu dituzte lan honen egileek. Lehen buruan, produktu esanguratsuen zerrenda eman ondoren, xehetasunez deskribatzen dira horietako bakoitza egiterakoan erabilitako metodo eta teknikak, funtsean ondoko hauek: forja, beroketa-soldadura, limatzea, harriz lantzea eta tenplaketa. Azkenik, beren iritziz nabarmenenak diren ondorioak azaltzen dituzte.

Giltz-Hitzak: Teknologia. Fabrikazioa. Burdina. Lan metodoak. Tresnak. Forja. Harriz lantzea. Armak.

Dans ce travail les auteurs font une étude des techniques et des méthodes de travail utilisées dans notre pays pour la fabrication de produits dérivés du fer, antérieurs à l'industrialisation. On énumère d'abord une série de produits considérés comme les plus représentatifs, pour ensuite décrire en détail les méthodes et les techniques utilisées pour l'élabo-ration de chacun d'entre eux, entre autre la forge, la soudure chaude, limage, émouillage et trempe. Finalement on éla-blet les conclusions qui paraissent les plus importantes.

Mots Clés: Technologie. Fabrication. Fer. Méthodes de travail. Outils. Forge. Emouillage. Armes.

Durante la última década, el equipo compuesto por los autores de esta comunicación, junto con Koldo Lizarralde, ha estudiado más de un centenar de oficios de diversos sectores de la economía vasca, que han desaparecido o van a hacerlo a corto plazo, al menos en la forma tradicional en que se han llevado a cabo.

Del orden de un tercio de los mismos son de carácter industrial, dedicados a la fabricación de productos derivados del hierro. Su análisis pone de manifiesto una notable similitud en las tecnologías utilizadas.

La metodología utilizada para el estudio de estos oficios comprende básicamente las siguientes fases:

- Determinación de los oficios a estudiar.
- Acopio de cuanta información pueda allegarse sobre los mismos (informes, artículos y en general, publicaciones del más diverso orden). Esta fase también comprende la búsqueda en archivos, incluidos los municipales.
- Encuestas a los conocedores del oficio, porque hayan trabajado en el mismo o tengan referencias de sus mayores.
- Búsqueda de fotografías y grabados referidos al oficio estudiado, a poder ser no publicadas anteriormente. Cuando no existen documentos gráficos, o no podemos localizarlos, se recurre a dibujos realizados en base a las informaciones disponibles.
- Redacción y publicación.

En esta comunicación primeramente se detallan los productos, que hemos considerado más representativos, para pasar a estudiar los procesos productivos y para llegar a definir las conclusiones que estimamos más relevantes.

1. PRODUCTOS MAS REPRESENTATIVOS

Entre los numerosos productos derivados del hierro que hemos estudiado consideramos como más representativos a efectos de esta ponencia a los siguientes:

- Herramientas
 - Picachones
 - Azadas
 - Hachas
 - Rejas de arado
- Herraduras
- Clavos
- Armas largas de fuego
- Armas blancas

2. TECNOLOGIAS UTILIZADAS

En los productos analizados el número de tecnologías utilizadas es reducido y en gran medida aplicadas en la fabricación de todos ellos.

Estas técnicas o procedimientos básicamente son las siguientes:

- Forja
- Soldadura a la calda
- Limado
- Amolado
- Temple

Mediante el forjado se consigue dar la primera forma a cualquier pieza de metal, utilizando un martillo y generalmente previo su calentamiento, para disminuir la resistencia del material al cambio y procurando mejorar sus propiedades. A su vez la soldadura a la calda consiste en unir sólidamente dos piezas metálicas, previamente calentadas a una temperatura determinada, por efecto de la presión aplicada sobre las mismas, lo que se consigue principalmente con golpes de martillo.

El limado es la operación de gastar o alisar los metales, utilizando la lima, herramienta de acero templado (sometido a endurecimiento), con la superficie finamente estriada en uno o dos sentidos, y accionada manualmente.

Mediante al amolado se consigue gastar o alisar, en este caso metales, arrancando de su superficie pequeñas partículas, utilizando unas muelas de piedra de asperon (arenisca de cemento) en forma de disco, haciéndolo girar, al tiempo que se presiona la pieza contra su parte exterior. Y con el temple, se consigue aumentar la dureza y resistencia de un acero, calentándolo previamente a la temperatura deseada y enfriándolo a continuación rápidamente. Se utiliza para endurecer piezas ya elaboradas.

3. PROCESOS DE FABRICACION

3.1. Herramientas

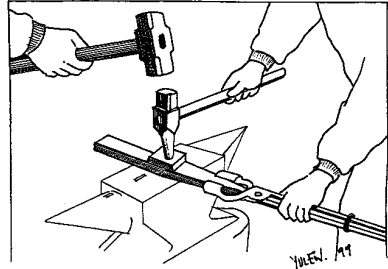
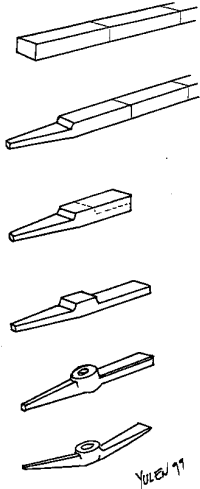
La ferrería de El Pobal, que cesó en su actividad de obtención del hierro a partir de mineral, hacia finales del XIX, continuó fabricando herramientas y estirando tochos a secciones menores, por métodos artesanales "al martillo hidráulico", hasta 1965.

Los métodos de trabajo, los conocimientos y las instalaciones eran en gran medida similares a los utilizados por la industria transformadora del hierro en productos elaborados, entre al menos los siglos XV y finales del XIX.

3.1.1. PICACHONES

Para la forja de picachones en la ferrería de El Pobal, se utilizaba acero comercial (3-4), que se adquirían en barras de 2 y 3 metros de largo de sección cuadrada que oscilaba entre 50 y 60 mm. Según el tamaño de la pieza a fabricar.

Para que estas barras fueran más manejables, se cortaban en trozos de aproximadamente 1 m. De longitud, lo que se llevaba a cabo calentándolas en la fragua hasta que adquirieran un color casi blanco, para inmediatamente, sujetándolas con unas tenazas, colocarlas bajo el martillo hidráulico, al mismo tiempo que un segundo trabajador situaba sobre ellas una tajadera. Seguidamente accionaba el martillo, que golpeaba sobre la tajadera, y ésta, tras 4 ó 5 golpes, cortaba la barra en dos trozos. A continuación y sobre uno de estos trozos de material, ya frío, marcaban unas muescas de referencia, que lo dividían en varios tramos, de cada uno de los cuales, posteriormente, obtenían un picachón completo. El tamaño de estos tramos se obtenía de forma que su peso fuera igual al de la pieza a obtener.



Proceso de fabricación de picachones. (Dibujo de Yulen Zabaleta).

Se volvía a introducir en la fragua, el extremo de estas barras de 1 m de longitud y que pesaban entre 20 y 28 kgs., según su sección. Una vez a temperatura de forja, se extraía sujetándola con tenazas y se llevaba al martillo hidráulico, con el que por medio de golpes y girando y desplazando la pieza entre cada uno de ellos, se iba aplastando, deformando y estirando el citado extremo hasta conseguir, de forma basta y aproximada, la forma de uno de los dos extremos, "la ganga" del picachón.

Esta labor la efectuaba el forjador manualmente, moviendo con habilidad y rapidez la barra bajo el martillo que trabajaba a una velocidad alta, de hasta 140 golpes/minuto y sacando las formas y dimensiones a ojo, sin ninguna plantilla ni útil, dependiendo el resultado de su experiencia y dominio del oficio. Seguidamente y también bajo el martillo, seccionaban el tramo, trabajando, del resto de la barra, cortándolo por la muesca y referencia utilizando la tajadera. Volvían a calentar en la fragua el trozo separado y a continuación forjaban el otro extremo del picachón de la misma forma que el primero.

Obtenían de esta forma lo que llamaban "picachón en bruto", que en algunos casos era vendido a herreros locales, quienes continuaban elaborándolo hasta terminarlo, dándole la forma y acabado final de acuerdo con las necesidades, gustos o costumbres de cada región u oficio a la que iban destinados.

Un forjador y su ayudante obtenían, partiendo del tocho y siguiendo el proceso descrito, del orden de 50 picachones en bruto al día y utilizando exclusivamente el martillo hidráulico.

En el caso de querer terminar totalmente el picachón, lo que era frecuente, se continuaban las operaciones calentando la pieza en bruto en fraguas más pequeñas y golpeándolas a mano sobre yunques.

Se iniciaba el trabajo realizando el orificio y cuerpo central del picachón, donde debía insertarse en mango de madera. Para ello, una vez al rojo la parte central de la pieza, uno de los forjadores, con una tenaza sujetaba la pieza, al tiempo que con la otra mano colocaba so-

bre ella un punzón, que era golpeado con fuerza con una maza, por el martillador, hasta perforar la pieza. Seguidamente, en el estrecho orificio así efectuado, introducían también a golpes de maza un nuevo punzón de mayor diámetro, la "saetilla", de forma que al ir entrando en el orificio, lo ensanchaba formando el ojo, repitiendo la operación sucesivamente con hasta un total de cuatro punzones, el último de los cuales dejaba el orificio a la medida final deseada.

A continuación y también golpeando sobre el yunque con una maza, alisaban y daban forma curva a las caras exteriores del ojo. Uno de los forjadores, el más experto, indicaba la zona que deseaba alisar, golpeándola con un pequeño martillo, y el otro, el martillador, golpeaba sobre ella con la maza de 4 ó 5 kgs. Continuaba el proceso "refinando" las dos "gangas", es decir, estirando, alisando y dándoles la forma casi definitiva, lo que se efectuaba colocando sobre ellas la plana o especie de martillo con una superficie ancha y plana y golpeándola con la maza, provocando el estiramiento y aplanado del material. También mediante golpeo de la pieza al rojo, sobre el yunque, entre los dos forjadores conseguían dar la forma a la punta del picachón, así como obtener el filo plano del otro extremo.

A lo largo de estas operaciones la pieza se enfriaba y era preciso volver a calentarla introduciéndola entre el carbón de la fragua.

Obtenida ya la forma casi definitiva se introducía por el ojo un mango de hierro, el "meneral", mediante el cual se curvaban los extremos del picachón, que hasta este momento eran rectos. Seguidamente con la pieza a 200-300° C, se afilaban los extremos con un limatón, quedando de esta forma totalmente forjado y terminado el picachón deseado.

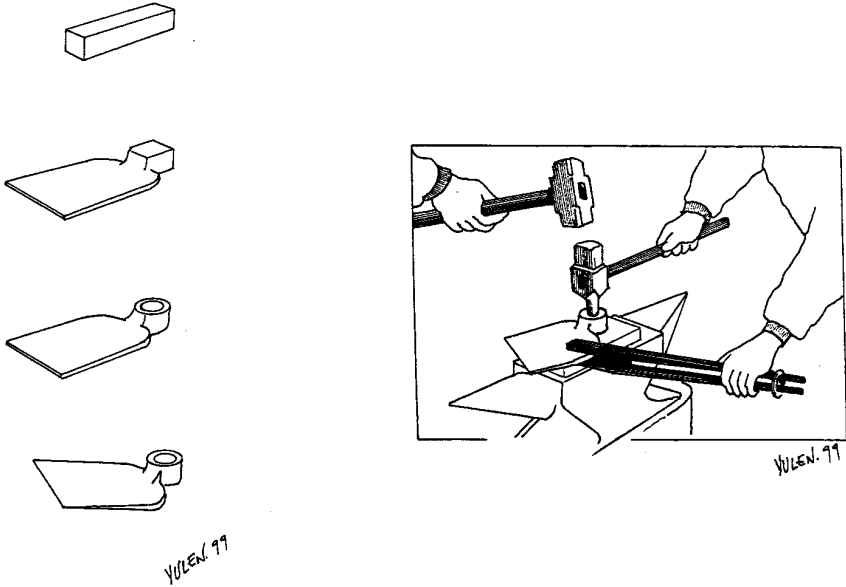
Una vez forjado un lote de 50 a 100 piezas, se terminaba la labor templando las herramientas así obtenidas, es decir, dando al acero la dureza necesaria para evitar su desgaste o deformación, lo que les ocupaba media jornada. Para ello calentaban en la fragua uno de los extremos hasta alcanzar un color rojo-naranja, y a continuación lo enfriaban rápidamente, introduciéndolo en un recipiente con agua, solo hasta la mitad, para lo que sostenían la pieza con unas tenazas. De la misma forma se templaba el otro extremo, quedando definitivamente terminada la herramienta.

Realizando estas labores de acabado y temple a partir de bruto, dos forjadores fabricaban del orden de 8 picachones al día.

3.1.2. AZADAS

La forja de las azadas y azadones se efectuaba de forma similar a los picachones, partiendo de un tocho de acero que se calentaba en la fragua principal. Seguidamente y sujetándolo con unas tenazas se llevaba bajo el martillo hidráulico y mediante golpes, se aplastaba una parte del tocho, sacando de forma basta, la zona plana de la herramienta a obtener. A continuación se llevaba al local de las fraguas pequeñas y en él se sacaba el ojo golpeándola manualmente con una maza sobre el yunque, de la misma forma que a los picachones.

Se terminaba de ensanchar la pala bajo el martillo hidráulico, para lo que, con la pieza fría y utilizando una plantilla y un punzón, se marcaba el perfil de la pala, para, apoyándola sobre el yunque, eliminar el material sobrante, utilizando una tajadera que el forjador iba desplazando con una de sus manos, mientras sujetaba con la otra la azada y sobre la que el martillador golpeaba con una maza. Como consecuencia de esta labor, el material quedaba hendido pero no seccionado, lo que se efectuaba apoyándolo sobre una de las aristas del yun-



Proceso de fabricación de azadas. (Dibujo de Yulen Zabaleta).

que, en frío y curvando a martillazos el material sobrante, lo que originaba su rotura y eliminación definitiva.

Todo el perfil curvo así obtenido se rebordeaba calentando uno de sus lados en la fragua y martilleándolo sobre el yunque matando las irregularidades, para a continuación, hacer la misma operación con el otro lado. Cuando hacia 1955 se introdujo en la ferrería la energía eléctrica, se instaló también una amoladora con la que desde entonces se realizó esta última operación.

Una vez forjada se introducía un "maneral" y, en caliente, se curvaba ligeramente la azada golpeándola con un martillo sobre el yunque.

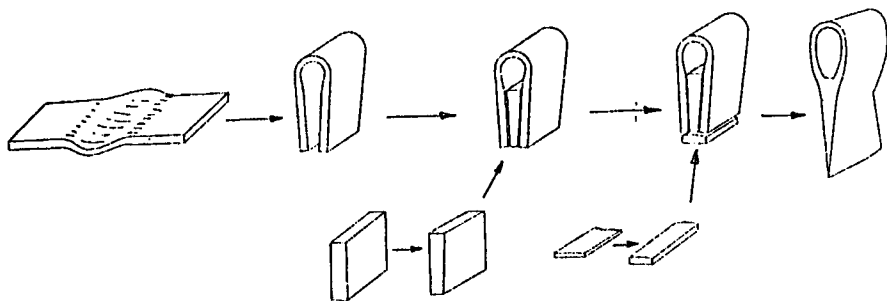
El temple se realizaba de forma similar a los picachones. Se calentaba la zona extrema de la pala y se sumergía ésta rápidamente en un recipiente con agua fría, de esta forma se conseguía templar solamente una parte, lo que consideraban de superior calidad que el temple dado a toda la herramienta por otros fabricantes y que en algunos casos podía originar la rotura de la azada.

En una jornada media de trabajo, dos forjadores, partiendo de la pieza en bruto obtenida en el martillo hidráulico, producían 12 azadas totalmente terminadas.

3.1.3. HACHAS

Respecto a las técnicas seguidas para la fabricación de hachas, señalaremos, por un lado las utilizadas en Regil y por otro, las de El Pobal.

En el primer caso (Achúcarro del caserío Etxeaundi Bekoa) se han ido transmitiendo los conocimientos necesarios para esta actividad al menos desde la primera mitad del siglo XIX



Los diversos pasos en la elaboración de un hacha en el taller de los Achucarro, en Regil.

hasta mediada la década de los años cincuenta del siglo XX. En la ferrería de Somorrostro de los Pérez Ibarrondo, al cesar la actividad ferrona, fabricaron hachas por métodos artesanales hasta 1965.

Para forjar un hacha de 2,5 Kgs de peso, por el sistema tradicional, los Achucarro partían de un trozo de hierro de unos 250 mm de largo por 70 de ancho y 10 de espesor que cortaban de una larga llanta, cuyo extremo previamente se había calentado al rojo, para lo que utilizaban una tajadera que se golpeaba a martillo de mano.

A continuación se adelgazaba en su zona central dejándolo a unos 7 mm de espesor, con golpes de martillo sobre el yunque, para seguidamente curvarlo, también por el centro, obteniendo una pieza en forma de arco de herradura, que recibe el nombre de "begia" y cuya parte interior constituirá el hueco o agujero en el que una vez terminada el hacha, se sujetará o engarzará el mango de madera. Seguidamente cortaban otro trozo también de hierro de unos 70 mm de largo, otros tantos de ancho y 20 de espesor, conocidos como "betegarri" y que se aplastaban ligeramente por uno de sus extremos, también en caliente y a martillo sobre el yunque, para seguidamente introducirlo el hueco interior de la pieza inicialmente obtenida.

El proceso continuaba hasta conseguir la unión por soldadura de las dos piezas. Para ello una vez calientes a unos 1.300° C, se martilleaban fuerte y rápidamente entre dos personas, una de las cuales con un pequeño martillo iba indicando el lugar donde la otra debía golpear.

Para conseguir una buena soldadura era necesario que las superficies de contacto estuvieran libres de óxido y cenizas, lo que conseguían cuidando mucho el calentamiento, pero sobre todo aportando arena de río, que fundida a temperatura de trabajo, constituía una lámina protectora que mantenía limpias las superficies a soldar.

Esta arena la obtenían en determinados lugares del río, en los que quedaba depositada. Para evitar que otros se apropiaran, colocaban una cruz de madera sobre la arena acumulada, lo que indicaba que este tenía ya un propietario.

Seguidamente procedían a soldar en el extremo de la pieza así obtenida un trozo de acero, que iba dar lugar al filo del hacha. Para ello de una llanta de acero de 40x5 mm separaban un trozo de unos 75 mm de largo, que una vez caliente se colocaba sujeta sobre el tornillo de banco, para que mediante golpeo, dejar una de sus caras con la superficie curvada. Esta pieza recibía el nombre de "galtzairu".

A continuación se colocaba en posición vertical sobre el yunque y sobre ella, la pieza anteriormente obtenida por unión de las otras dos. Se calentaban al rojo blanco y por medio de acertados golpes en la parte superior conseguían su unión o soldadura.

A continuación y también sobre el yunque estiraban esta parte del material así unido al bloque inicial, para adelgazarlo y conseguir la forma afilada o extremo cortante del hacha.

Seguidamente y para dar la forma final al ojo o agujero, introducían en él una pieza de hierro conocida como "maneala", con la forma y medidas del mango de madera y golpeaban sobre las caras exteriores del hacha hasta conseguir el tamaño del hueco deseado. Una vez conformada totalmente el hacha, procedían a su endurecimiento o temple para lo que una vez caliente al rojo-naranja, la enfriaban introduciéndola y sacándola rápidamente en agua templada.

Después de la forja, la pieza quedaba con numerosas irregularidades y rebarbas en su superficie, que se eliminaban en el taller de afilado.

Para ello el artesano, sentado sobre la piedra de arenisca y con esta girando, colocaba el hacha a desgastar sobre ella y presionando con sus dos manos, iba eliminando el material sobrante hasta conseguir un acabado liso y con la forma deseada.

De la misma forma conseguía el filo vivo que el hacha precisa. Para facilitar la operación, la piedra se mantenía húmeda con un chorro de agua que caía sobre ella procedente de un depósito, a través de un canal de madera.

Para conseguir que la piedra de arenisca girara a la velocidad de trabajo adecuada, el operario disponía de una palanca situada junto a su lugar de trabajo. Actuando sobre ella abría o cerraba la compuerta que regulaba el paso del agua a la turbina, con lo que variaba la velocidad de ésta y en consecuencia la de giro de la piedra de amolar.

Finalmente pulía o brillaba las superficies cercanas al corte en otra polea de madera.

La forja de un hacha media precisaba de aproximadamente hora y media de trabajo de dos hombres y el devastado y afilado en piedra abrasiva, del orden de media hora, un solo hombre.

En el Pobal se partía de un tocho de acero que había sido cortado de la barra en caliente, utilizando una tajadera golpeada por el mazo hidráulico. Esta pieza se calentaba a temperatura de forja en la fragua y se estiraba y aplanaba en el martillo, accionado hidráulicamente, sujetándola con unas tenazas.

Una vez obtenidas las piezas en bruto, con la forma aproximada, se pasaba al local de fraguas menores y allí de nuevo se calentaban para alisarlas y darles formas definitivas, obteniendo las caras planas en caliente, sobre el yunque. El trabajo lo ejecutaban, al igual que con el picachón y la azada, dos forjadores. Uno sujetaba la pieza con tenazas y colocaba la plana sobre ella, y el otro golpeaba con la maza.

Seguidamente, también en caliente sobre el yunque, se sacaba el ojo perforando con varios punzones golpeados a mano, de forma que progresivamente se iba abriendo el material, hasta conseguir el ojo deseado, cuyas medidas y forma correspondían con la del último punzón introducido, pasándose al devastado con la piedra circular de arenisca. Seguidamente se templaban, para lo que se calentaba únicamente el filo, que se introducía en agua fría, con lo que se conseguía endurecer solamente esta parte de la herramienta fabricada.

Finalmente las hachas se terminaban eliminando las irregularidades que presentaban sus superficies con la muela circular de arenisca.

3.1.4. REJAS DE ARADO

Las rejas de arado fueron, sobre todo en década de los cuarenta, uno de los productos más importantes de El Pobal.

A esta piezas se les daba, forjándolas, solamente una primera forma, consistente en un mango de sección rectangular y una pala en forma de corazón, con una longitud total del orden de 75 cm y un peso de 12 kgs, estado en el que eran vendidas a numerosos herreros locales de las diversas áreas agrícolas españolas, quienes las terminaban, dándoles la forma definitiva, adaptándolas a los arados de cada zona, a su tierra y a los cultivos a los que iban destinadas,

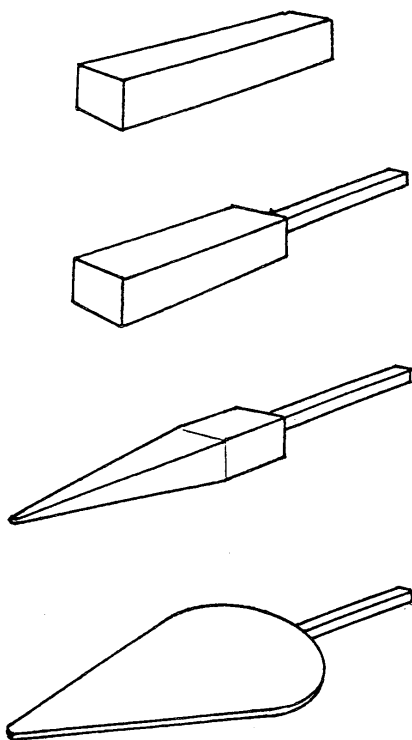
Para su fabricación se partía de un tocho de sección cuadrada de 70 mm de lado y unos 310 mm de largo, de acero de Siemens calidad 3-4 de A.H.V., al igual que los picachones y azadas también fabricados en El Pobal. Tras calentarlo a temperatura de forja, el forjador lo llevaba bajo la maza del martillo hidráulico, sujetándolo con unas tenazas.

Con numerosos golpes iba estirando uno de los extremos del tocho, girando continuamente la pieza hasta dejar una espiga o mango de sección cuadrada de 40 mm de lado, tras lo cual introducía de nuevo la pieza en el horno, repitiendo la misma operación con todos los tochos que se calentaban en su interior.

Cuando esta operación se había realizado a todos ellos, sacaba, también sujetándolo con tenazas, un tocho del horno y de nuevo golpeándolo con el martillo hidráulico estiraba el otro extremo, dándole forma de pirámide. Nuevamente se introducía en el horno para recuperar el calor perdido y finalmente se aplastaba la punta anteriormente estirada, en el martillo hidráulico con numerosos golpes, obteniéndose la pala con forma de corazón de espesor 1,5 cm, que era la reja propiamente dicha.

Todas estas operaciones de forja libre se efectuaban sin ninguna referencia ni estampa, a mano, poniendo en la posición adecuada la pieza entre cada golpe, sin desperdicio de material, situado el forjador a un lado del martinete para las operaciones de estirado y de frente para las de aplanado y pala. Mientras el forjador manipulaba la pieza en el martillo, su ayudante regulaba la cadencia de golpes, moviendo la larga pértiga que daba más o menos paso al agua que accionaba la rueda, al mismo tiempo que atendía la marcha del horno donde introducía nuevos tochos para su calentamiento.

De esta forma, entre dos trabajadores, el forjador y su ayudante, obtenían sin dificultad, en una jornada de 10 horas, del orden de 25 a 30 rejas de arado, siendo una pieza que no revestía para ellos ninguna especial dificultad.



Las sucesivas fases de la forja de una reja de arado. (Dibujo de Yulen Zabaleta).

3.2. Herraduras

La fabricación de herraduras para calzar animales de tiro y carga, fue importante en el País, existiendo poblaciones especializadas en su elaboración, como Ochandiano, núcleo en el que en 1799 existían 82 fraguas destinadas a la elaboración de herraduras y clavos.

A pesar de que, ya al menos desde el primer tercio del siglo XX, se industrializó su fabricación, siguieron existiendo artesanos que en su pequeño taller, elaboraban por el método tradicional estos elementos.

De los pocos aún en activo hemos podido conocer las técnicas utilizadas.

El taller dispone de una fragua, y un yunque sobre un tronco de madera y un recipiente con agua para enfriar las herramientas de trabajo; hay que añadir a ello un banco de trabajo y numerosos martillos y mazas.

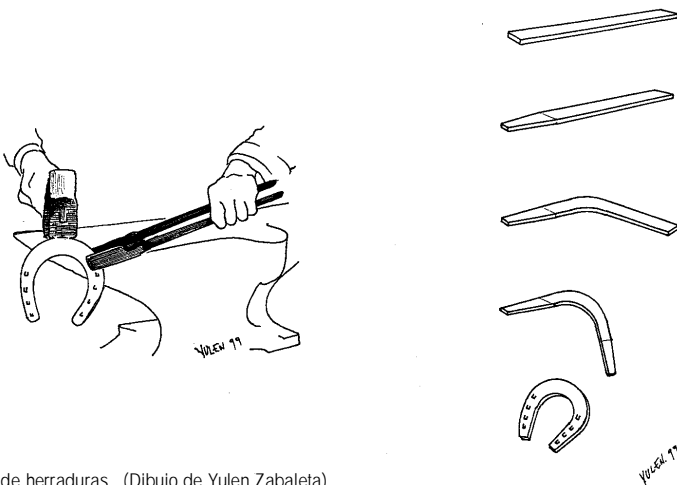
Para su fabricación se parte de una llanta de las medidas precisas que se corta a la medida deseada. Una vez al rojo se golpean con la tajadera. Seguidamente se meten por uno de sus extremos, de nuevo entre el carbón de la fragua, en grupos de doce.

El aprendiz, que atiende el fuego, saca una pieza que pasa al oficial o maestro, quien la coloca sobre el yunque, para seguidamente, otro ayudante, golpearlo con una maza, adelgazando uno de sus extremos. A continuación el maestro, con un martillo menor, golpea el material curvando la mitad caliente de la llanta.

Seguidamente se repite la operación por la otra mitad aún no trabajada, se mete en el fuego, se estira el extremo y se termina de curvar a golpes, al tiempo que golpeando con el martillo sobre un puntero, se marcan los agujeros para los clavos.

El proceso, aunque aparentemente sencillo, requiere práctica y habilidad, pues se debe obtener la forma adecuada sin ningún tipo de plantilla, al tiempo que es preciso obtener una elevada producción que puede llegar a las 32 herraduras a la hora.

Al cabo de unos días y con la fragua apagada, los ayudantes terminan de perforar, en frío, golpeando los agujeros para los clavos con un punzón, que es golpeado con un martillo, con la herradura colocada sobre el yunque.



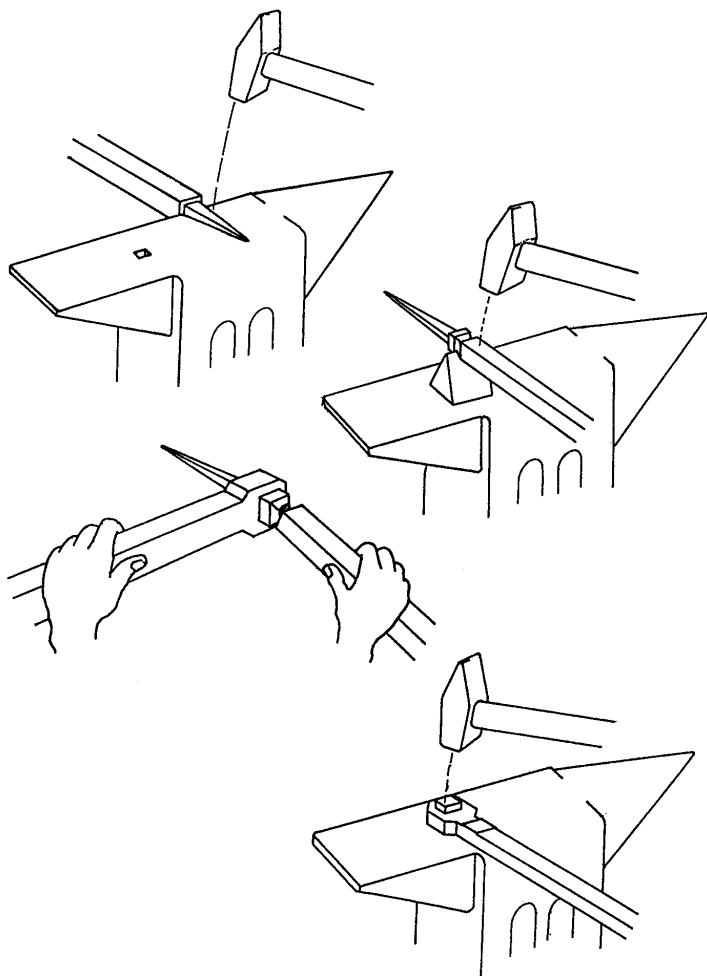
Obtención de herraduras. (Dibujo de Yulen Zabaleta).

3.3. Clavos

La fabricación artesanal de clavos, desde los pequeños, destinados a sujetar las herraduras a las pezuñas de los animales, a los destinados a construcción naval o de caseríos, ha sido también una actividad importante en el País en el pasado.

Su elaboración, por el proceso tradicional, se ha mantenido hasta los años ochenta del siglo actual, al menos por la familia Odriozola de Mutriku (Gipuzcoa).

Los clavos forjados se obtenían a partir de una barra de sección cuadrada que una vez calentada al rojo en uno de sus extremos, se aplastaba y estiraba golpeándola con el martillo sobre el yunque, dejando su extremo puntiagudo, para a continuación, colocándolo sobre el yunque y también a golpes, hacerle cuatro muescas, una en cada cara, pasando a sec-



Proceso de elaboración de clavos forjados, para la construcción de barcos de madera, en la herrería Odriozola de Mutriku. (Dibujos de Julen Zabaleta).

cionarla utilizando una "clavera" o instrumento para la fabricación de clavos. Esta herramienta consiste en una llanta de unos 40x10 milímetros de sección y unos 200 de largo, uno de cuyos extremos se encuentra ligeramente curvado y en el que se ha practicado un orificio de sección cuadrada o circular, más ancho en una de sus caras que en la otra.

Por la más ancha se introduce el extremo de la barra anteriormente trabajada hasta hacer tope, para a continuación, sujetándola con una mano y con la otra, la herramienta, girarla y terminar de romper la barra por las muescas.

De esta forma queda el extremo puntiagudo sujeto en el útil con una cabeza sobresaliendo por una de sus caras, para seguidamente golpearla repetidamente sobre el yunque aplastándola y obteniendo la ancha cabeza deseada. Efectuada esta operación, el herrero introduce la herramienta con el clavo así obtenido en un recipiente con agua, de forma que la contracción brusca debida al enfriamiento, facilita la separación de ambas piezas, tirando al suelo el clavo e iniciando de nuevo el proceso.

Los clavos así obtenidos, son de sección circular o rectangular y de dimensiones variables según las necesidades del astillero. Para su fabricación disponen de multitud de útiles de diversas medidas construidos en el mismo taller.

3.4. Armas largas de fuego

La fabricación de armas en nuestro país ha tenido una gran importancia en el pasado, sobre todo en la llamada zona armera, un triángulo formado por Eibar, Elgoibar y Placencia. Hasta el último tercio del siglo XIX su elaboración era muy artesanal en pequeños talleres especializados. Los cuatro gremios más importantes eran los de cañonistas (que integraban a forjadores, martilladores, limadores y barrenadores), los cajeros, los aparejeros y los llaveros. Desde finales del siglo XVIII empieza a hablarse de un quinto: el de los bayonetistas.

El conocido documento gráfico de José de Lamot, fechado en 1757, representa un taller del gremio de cañonistas y nos da una idea del tipo de trabajo que desarrollaban y de la técnica utilizada.

A la derecha, una fragua con dos fuelles que insuflan el aire necesario para activar la combustión, movidos por dos operarios, calentándose al rojo vivo el material para forjar los cañones.

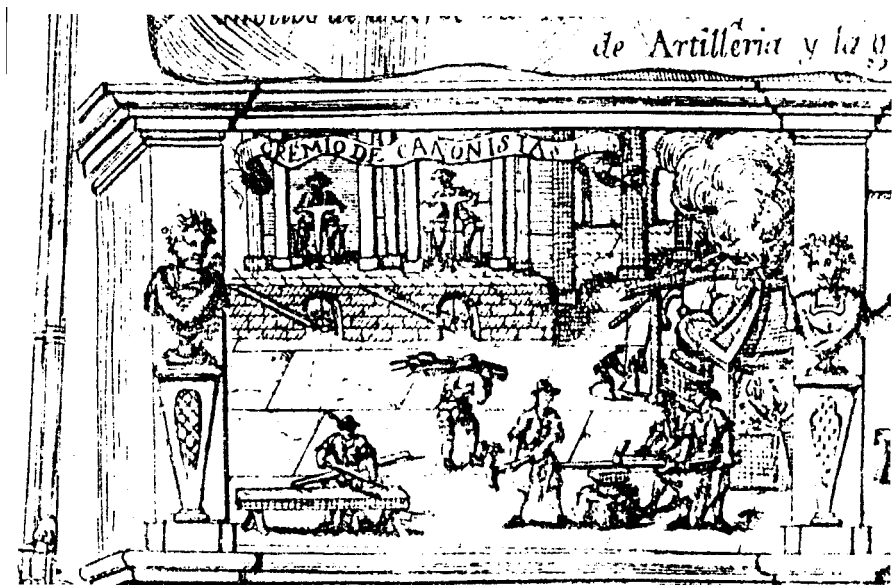
Delante de la fragua vemos a tres forjadores trabajando un cañón dispuesto sobre un yunque apoyado sobre un tronco de madera.

El del centro, que es el maestro, indica con un martillo dónde debe ser golpeada la pieza, formada por una plancha de hierro curvada en forma de tubo y cuya línea de junta está siendo soldada, lo que efectúa, con un gran mazo o porra, el martillador de la izquierda, mientras que otro martillador la sujeta con unas tenazas.

A la izquierda, un limador con su herramienta afina el trabajo de los anteriores, con el cañón colocado sobre un banco de trabajo.

Al fondo dos grabadores cincelan los cañones terminados.

Cuento cincuenta años después, el proceso apenas había cambiado, según una detallada descripción, del que se seguía a principios del siglo XX, que resulta asombrosamente parecida.



Fabricación de cañones de armas según el grabado de Lamot.

El barrenado o repasado para poner a la medida adecuada el interior del cañón se efectuaba introduciendo en él, una larga barra de acero (la barrena) con su extremo aplanado, retorcido en espiral y afilado convenientemente, que giraba accionado por una rueda hidráulica similar a la de los molinos harineros. Todo ello se conocía con el nombre de "ingenio de barrenar".

En 1544, los hermanos Churruca ya barrenaban cañones de arcabuz y mosquete en la regata de Sagarraga de Placencia, para lo que usaban maquinaria movida por agua del salto de Alzubiaga, y existían ingenios semejantes en el barrio de Churruca.

Tenemos noticias, también, de estos ingenios en los siglos XVII y XVIII.

Una vez barrenado el cañón se acababa exteriormente por amolado, con objeto de obtener una superficie uniforme. Esta operación se efectuaba con grandes piedras circulares, abrasivas, de arenisca de 1,5 metros de diámetro, movidas también hidráulicamente.

Ruedas similares a las descritas se han utilizado en la zona armera hasta los años sesenta del siglo XX.

Otro de los gremios representados es el de llaveros, o fabricantes de la llave o mecanismo de disparo del arma, "compuesta de muchas piezas que guardan entre sí proporción".

El dibujo representa también una fragua con dos fueles, delante de ella, dos artesanos golpean sobre un yunque, una pequeña pieza con martillos pequeños y a su derecha, otros dos operarios liman y ajustan piezas sobre sendos bancos de trabajo.

Podemos decir pues, que las pequeñas piezas del mecanismo, todas metálicas, se obtenían, primero, forjándolas, es decir, dando forma a un trozo de hierro o acero a golpes de martillo sobre el yunque, de manera que se consiguiera una pieza casi con la forma definiti-



Taller del gremio de llaveros según Lamot.

va, que finalmente se terminaba limándola, con objeto de eliminar el poco material sobrante y dejarla a la medida exacta final, sin que al parecer se utilizaran otras técnicas.

El tercer gremio elaborador de piezas metálicas era el de los aparejeros, quienes obtenían las guarniciones y piezas para sujetar el cañón y la llave al conjunto, así como otras pequeñas piezas.

En el grabado vemos también una pequeña fragua con sus dos fuelles, un operario dando forma a una pieza que sostiene con tenazas sobre un yunque, a base de martillo, y otros dos, sobre bancos de trabajo, parece que montan y comprueban un arma.

Aquí podemos decir respecto al proceso, lo mismo que en el grabado anterior.

Las piezas se fabricaban por medio de la forja, para finalmente montarlas en el arma.

3.5. Armas blancas

La fabricación de espadas, junto con otras armas blancas tuvo en el pasado una notable importancia en nuestro país, como lo confirman numerosos documentos. Según Ramiro Larrañaga su producción fue decayendo conforme adquirían importancia, a partir del siglo XVI, las armas de fuego. Sin embargo esta industria perduró hasta el siglo pasado, en el que se seguían realizando excelentes trabajos, destacando como centros productores, Bilbao, Tolosa, Mondragón y Bergara.

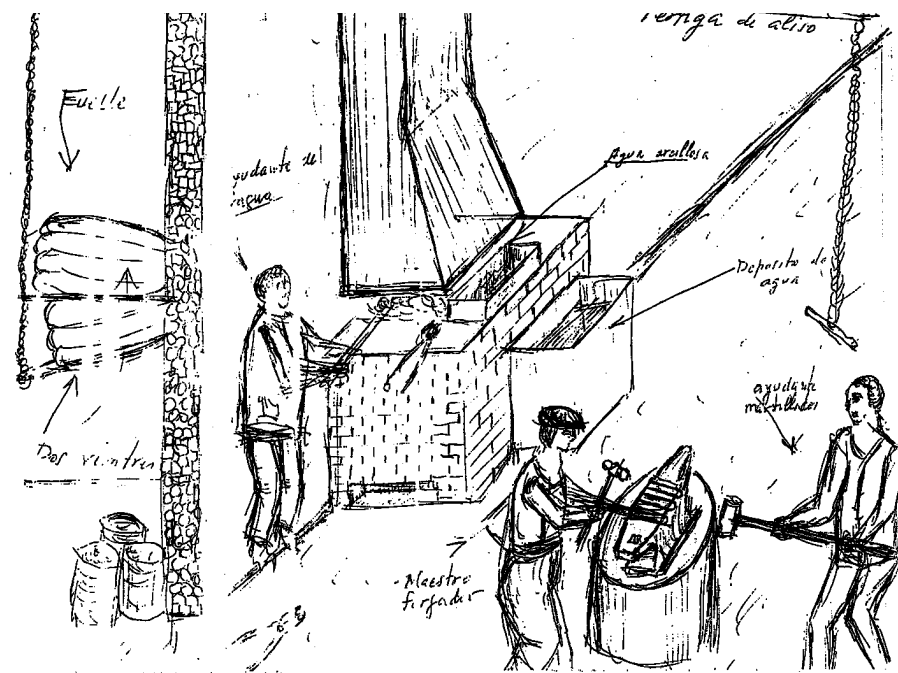
Por el prestigio que alcanzó esta industria en los siglos XVI y XVII, y por la importancia que se daba a la calidad de los productos elaborados, una espada no se debía romper ni doblar, (pues de ello dependía la vida de su propietario), es de suponer que las técnicas utilizadas en su fabricación fueran las mejores disponibles, y su conocimiento nos puede informar de cuál era, lo que podíamos llamar tecnología punta, utilizada en la época.

Para la fabricación de armas blancas y en especial espadas, se precisaba de un acero de la mayor calidad, que permitiera obtener al mismo tiempo un filo duro y resistente a los impactos y una hoja elástica y flexible que no se quebrara al ser curvada.

Los espaderos vascos contaron con un mineral excepcional de características y composición peculiares que se extraía de las laderas del monte Udalaiz, en el término municipal de Mondragón, que se agotó hacia el siglo XVII.

La existencia de esta excelente materia prima, unida en una técnica refinada de soldadura de barras de acero, a "la calda", a martillo sobre yunque, difícil de realizar correctamente y dominada por nuestros maestros espaderos, fueron los elementos que hicieron posible la elaboración de armas blancas que alcanzaron gran renombre en toda Europa.

De los métodos utilizados en el pasado para la forja de espadas en nuestro País no ha quedado apenas memoria, pues la única referencia documental disponible es la descripción de esta actividad de Gaspar Melchor de Jovellanos, a finales del siglo XVIII en sus Diarios Intimos.



Taller dedicado a la forja de cañones para armas en Elgoibar, a principios del siglo XX. Dibujo de la época de Lázaro Unzueta. Muy similares debieron ser la mayoría de las fraguas dedicadas a transformar el hierro en todo tipo de artículos.

Según este relato los espaderos forjaban conjuntamente barras de hierro dulce y acero, para lo que partían de dos llantas de 1,5x0,5 pulgadas de sección de cada uno de estos dos materiales, uniendo las cuatro en un haz, de forma tal, que las de la misma clase quedaran en posiciones opuestas, para una vez calentadas en la fragua, soldarlas entre sí a golpes de martillo sobre el yunque, hasta conseguir su unión íntima.

Las investigaciones sobre los procesos antiguos de forja de espadas, llevadas a cabo por Genaro Rosado del Centro de Investigación Inasmet, permiten deducir que una vez soldadas las cuatro piezas entre sí, las golpeaban también sobre un yunque con martillos o mazos sobre una de sus aristas hasta conseguir una sección aplastada y ovalada, con una distribución del material tal, que el correspondiente a cada una de las llantas de hierro quedara en los lados o caras superior e inferior y el acero en ambos extremos del óvalo, zonas que una vez terminada la espada iban a corresponder al filo de la misma. De esta forma conseguían una distribución adecuada del material, hierro tenaz en los lados y núcleo, y acero, susceptible de alcanzar una gran dureza tras el temple, en los extremos y filo.

En el caso de querer fabricar espadas de gran calidad, plegaban sobre sí mismo el conjunto así obtenido y de nuevo sobre el yunque y a golpes de martillo, unían entre sí ambas caras, soldándolas "a la calda", de forma que obtenían una sección doble de gruesa que de nuevo se estiraba y adelgazaba a golpes. Esta operación de plegado sobre sí mismo, nueva unión por soldadura de las dos partes, seguida de un estirado, era repetida 2 ó 3 veces, de forma tal, que al final del largo y minucioso proceso de forja, el hierro y acero se iban quedando convertidos en finas láminas de ambos materiales superpuestos. Asimismo los extremos de la sección o filo quedaban constituidos por acero y el núcleo de la espada y las caras laterales por una mayor proporción de láminas de hierro dulce.

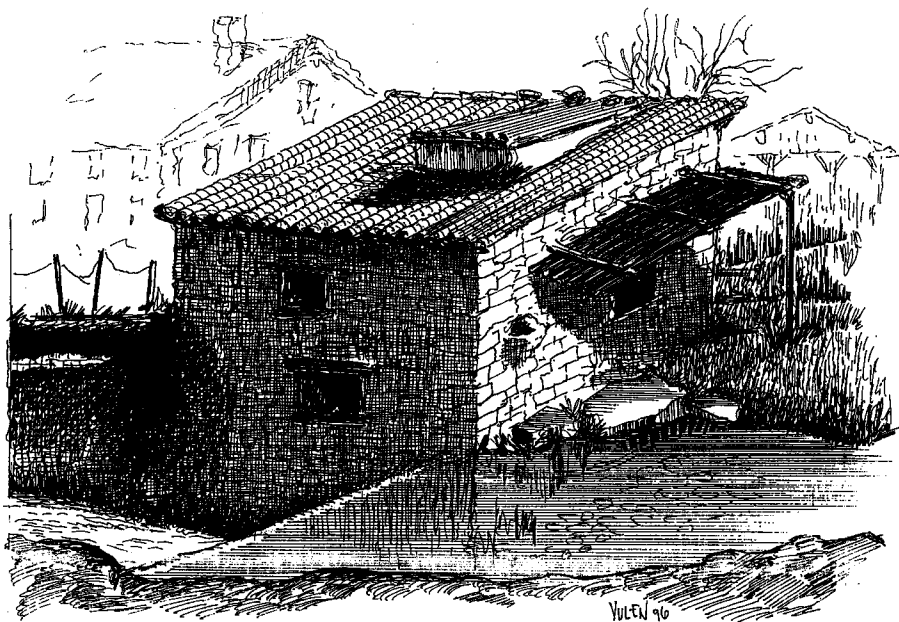
De esta forma podían conseguir una penetración del temple más profunda, lo que permitía que el arma pudiera ser reafilada y templada repetidas veces sin que por ello, los filos sucesivos perdieran su dureza.

Esta era una de las principales características de las armas fabricadas en el país y otros centros espaderos de la Península, utilizando el acero de Mondragón y la causa principal de su prestigio y aceptación.

Por el contrario, las armas blancas fabricadas en otras zonas europeas no podían ser reafiladas más de 1 ó 2 veces, al estar construidas con hierro dulce, que una vez conformado, era cementado sumergiéndolo durante horas e incluso días en una brasa de carbón vegetal, para posteriormente proceder a su temple enfriándolas en agua.

De esta forma sólo conseguían una delgada capa de material susceptible de ser templado, con una profundidad no mayor de algo más de medio milímetro de espesor y que desaparecía al segundo o tercer afilado, perdiendo el arma toda capacidad de ser templada de nuevo, lo que sí era posible, como hemos señalado, en las armas fabricadas con acero de Mondragón.

En todo este proceso los espaderos debían introducir el material en la fragua repetidas veces, a fin de mantenerlo a la temperatura adecuada y la soldadura debía hacerse de forma inmediata con golpes repetidos y precisos y vertiendo sobre la superficie a soldar arena sílicea, que al entrar en contacto con el hierro al rojo, se fundía y formaba una fina lámina sobre el material que evitaba la formación de cascarilla, que impedía, en caso de formarse, la unión de las dos piezas.



Vista exterior del taller de amolado de hachas en Regil, con el río y su presa. En pequeñas edificaciones como ésta se debieron fabricar gran parte de los productos derivados del hierro.

Sin embargo la soldadura "a la calda" de láminas de acero y de éstas con hierro, debía presentar dificultad especial por la mala soldabilidad de los aceros con contenidos de carbono superiores al 0,50%.

La forma de hacerlo correctamente debió ser otro de los secretos o conocimientos diferenciadores de nuestros maestros espaderos, con respecto a otros que no dominaban esta técnica, de forma que aún hoy, es difícil determinar el procedimiento utilizado.

Las siguientes fases del proceso, amolado, temple y acicalado, eran de características similares a las descritas, aunque adaptadas a las armas blancas.

4. CONCLUSIONES

- 1) Los productos estudiados, que tienen una notable entidad en la actividad transformadora del hierro de nuestro país, salvo alguna excepción, se fabrican en pequeños talleres y/o instalaciones de las mismas características, donde trabajaban, un maestro, uno o varios oficiales y algún aprendiz.
- 2) Las tecnologías utilizadas tienen tronco común, siendo muy pocas las técnicas utilizadas. Prácticamente la totalidad de los productos estudiados se elaboran por forjado, utilizando la fragua, el yunque, deformando la materia prima, hierro o acero, a golpes con martillos manuales o accionados hidráulicamente.

Se completa y acaba el trabajo en algunos casos con la lima sobre el banco de trabajo, el amolado y la soldadura a la calda. Se trabaja mucho en caliente y poco en frío.

- 3) La forja aproxima mucho la materia prima a la forma final deseada, siempre con la pieza en caliente.

La mayoría de las operaciones y procesos restantes, son de acabado.

- 4) Se deforma mucho, pero se arranca muy poco material. Esta última técnica de conformado surge sobretodo con la revolución industrial, pues precisa de maquinaria.
- 5) Gran contenido manual del trabajo con gran aportación de esfuerzo físico, que se completa con la aportación de energía hidráulica para mover martinets (misma técnica de forjado que a mano), muelas o piedras de amolar e ingenios de barrenar cañones.
- 6) Los tratamientos térmicos se realizan con agua.
- 7) Parece que las técnicas y modos de trabajo y los medios utilizados apenas sufren cambios, o si los hay, son muy lentos a lo largo de los años, hasta mediados del siglo XIX.
- 8) Las tecnologías e instalaciones utilizadas son en gran medida de las mismas características que los países europeos más próximos, lo que permite afirmar que se producía una transferencia de conocimientos importante y fluida.
- 9) Las materias primas proceden del país.