

## 9.6. CASTELLRUF (SANTA MARIA DE MARTORELLES, VALLÈS ORIENTAL)

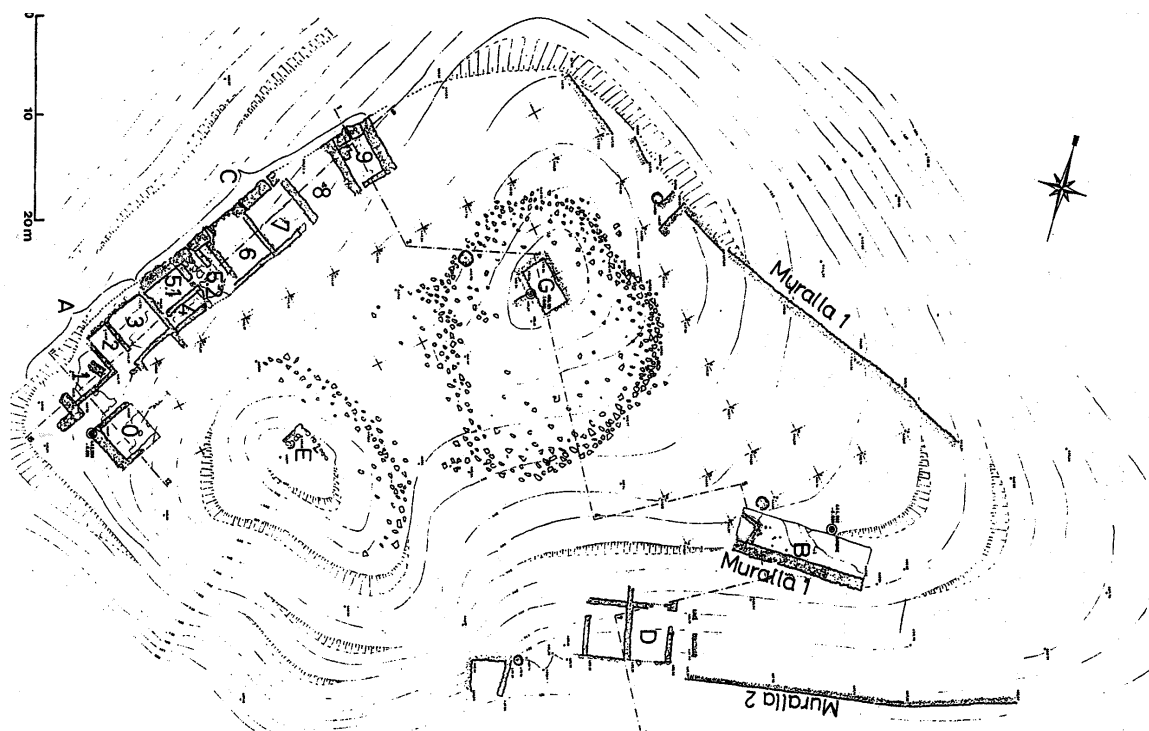
### 9.6.1. ASPECTES HISTORICOARQUEOLÒGICS

El poblat protohistòric de Castellruf es troba situat al turó del mateix nom, una elevació de la Serralada de Marina de 459 m. d'alçada (s.n.m.), a l'àrea geoestratègica de separació entre les planes del Vallès i la costa del Maresme. Amb una posició de predomini sobre bona part del Vallès Oriental, on possiblement s'hi trobaria el seu *hinterland* associat, i amb visió directa d'un tram del Besòs, les restes patrimonials són conegudes a partir de les notícies que Serra Ràfols <sup>391</sup> difongué en els reculls sobre els poblats ibèrics del Maresme; en les seves inicials prospeccions identificà diverses habitacions rectangulars amb materials ceràmics d'àmplia cronologia protohistòrica, si bé la publicació de la seva existència motivà un llarg període d'intervencions clandestines i d'afeccionats amb un considerable espoli de la zona. La definitiva intervenció de la Generalitat de Catalunya l'any 1985 permeté una excavació intensiva d'una àrea ubicada en el cim i la vessant est, amb una extensió total de 240 m<sup>2</sup>, si bé pogué delimitar-se la totalitat del poblat en, aproximadament, mitja hectàrea (**fig. 60**) .

A la darrera actuació arqueològica s'identificà un assentament típicament murallat, amb dues fileres de fortificació que, paral·leles, podien mostrar una primera ocupació a les cotes més elevades, i una posterior ampliació de l'àrea d'habitat. Només s'identificaren dos accessos, un pel sud, l'entrada natural que permet l'orografia i un d'inicial per nord-oest, posteriorment tapiat per obrir una cambra. En destaquen els desguassos que foraden la muralla, els quals aprofitaren la pendent per la pràctica evacuació dels sobrants.

---

<sup>391</sup> SERRA RÀFOLS, J.C. (1931) "Llocs d'habitació ibèrics..." op.cit. 345, pp. 50-51.  
SERRA RÀFOLS, J.C. (1942) "El poblamiento de ..." op.cit.. 144, p. 92.



**Figura 60.** Planimetria del poblat ibèric de Castellruf amb la identificació dels murs perimetrals de tanca i les diverses habitacions excavades (de Gasull *et alii*, 1985, vol.I).

Les diverses habitacions excavades restaven recolzades sobre el mur teòricament més antic i obertes a un carrer no totalment delimitat però que, paral·lel a la muralla, travessava el sector nord-oest del poblat. Els espais eren de planta rectangular, majoritàriament individuals sense formar-ne cap de complex de més d'una cambra, amb paviment de terra batuda i compactada intentant regularitzar les ondulacions naturals del sol.

Els excavadors identificaren diverses fases genèriques d'ocupació del poblat, segmentant-les en un registre estratigràfic que permet resseguir les circumstàncies d'evolució constructiva de l'establiment. Bàsicament, diferencien tres moments, si bé la preocupació defensiva es palesa des de l'inicial establiment de l'indret com a talaia d'interès geoestratègic:

- Una primera etapa corresponent a l'Ibèric arcaic, moment al qual hi correspondria l'ocupació inicial de l'espai amb forats de pals de cabana sobre la roca i algunes possibles llars de foc, elements vinculats a un habitat irregular i no urbanitzat; s'hi associen un fragment de vora d'àmfora púnica de mitjans del s. VII a.C. i diversa ceràmica local a ma característica del Ferro I.

- La segona etapa es data a partir de mitjans del s. V a.C., quan s'edifiquen els primers espais urbanitzats a la cota més alta del poblat, si bé els materials identificadors aparegueren força dispersos; entre els fòssils directors ceràmics d'aquest moment es trobarien figures roges i vernissos negres grecs del V-IV a.C. i àmfora púnico-ebusitana d'igual datació. Es desconeix si en aquest moment s'edificà la primera línia defensiva, potser únicament de forma local i, en especial, al sector nord-est, on la suavitat de la pendent la convertí en necessària.
- La darrera etapa d'hàbitat correspondria a la definitiva conformació urbana de l'assentament, amb l'ampliació a cotes més baixes dels edificis, a ben segur per l'augment demogràfic. S'estructura definitivament la disposició estratègica de les fortificacions, les quals s'aprofiten per a recolzar noves cambres, i, finalment, resta abandonat. El moment de màxima activitat humana de l'establiment sembla trobar-se durant tot el s. III a.C., amb un important repertori de materials ceràmics que daten el moment: vernissos negres de tallers occidentals, campaniana A inicial, àmfora eivissenca, ibèrica, greco-itàlica i produccions locals del moment. La data d'abandonament es fixa vinculada a les convulsions a la zona de finals del III a.C. (2<sup>a</sup> Guerra Púnica) i inicis del s. II a.C. (repressió de Marc Porci Cató el 195 a.C.).

Si bé les dades històriques i la datació dels elements arqueològics permeten oferir una concordància entre fets i troballes, la zona excavada no va oferir mostres directes de destrucció violenta, essent en part contradictòries amb la troballa de nombrosos materials coetanis <sup>392</sup>; potser una evacuació forçosa o la parcial destrucció de l'indret, en l'àrea pendent d'excavació, en foren les explicacions.

---

<sup>392</sup> La pràctica arqueològica permet constatar que les troballes materials de recintes abandonats solen correspondre a materials rebutjats, de moments anteriors o, simplement, perduts pels propietaris. Es suposa que el valor d'objectes com importacions ceràmiques (sobretot vaixelles de luxe) i elements metàl·lics fou suficient per, en cas d'abandonament de l'assentament, ésser emportar pels propietaris. Normalment, només els conjunts tancats com els espais arrasats per una destrucció permeten conservar el volum de materials contemporanis al moment que es troba present a Castellruf.

D'entre les àrees investigades, i per l'interès metal·lúrgic destaquen pels materials de ferro la cambra 9 i la cambra 3, on aparegueren els objectes d'estudi del present treball.

Recolzada al mur nord-oest, la cambra 9 correspon a l'habitació que segellà la inicial entrada al recinte per aquella zona. En aquest espai, l'únic on es considera una destrucció per incendi, fou identificada una estructura de possible forn que, segons els alçats i plantes annexes (**fig. 61**)<sup>393</sup> i posteriors interpretacions<sup>394</sup>, fora format per una fossa de reducció, no ben definida però que podia ésser pavimentada per argila refractant, una canal de ventilació i l'arrencada d'una superestructura de tova.

Tanmateix, les dades aportades, generen diverses incògnites. Segons la descripció, la troballa hauria de correspondre a un *tap slag furnace – bas fourneaux a scorie coulée*<sup>395</sup>, forn d'estructura formal ben documentada sincrònicament; amb tot, són evidents dificultats estratigràfiques i estructurals. Partint de la hipòtesi de l'existència del forn, sembla que el conjunt es troba recolzat al mur de tanca posterior, al qual s'entrega el que les empremtes assenyalarien com una canal; aquesta via, considerada de ventilació pels excavadors, fora més possible que es tractés d'una canal d'evacuació d'escòria, que també explicaria la troballa d'escòries en el seu interior (**fig. 62**). Amb els citats models de forn protohistòric, és viable deduir que aquesta canal havia de trobar-se a inferior nivell que la resta d'estructures del forn, el que possibilitaria el desguàs, dada no disponible i que ens donaria la cota de "l'argila cremada" que es documentà parcialment a l'àrea central de la cambra, sense que s'hagi conservat informació de la possible cúpula o les teòriques vies de ventilació. Altrament, la hipotètica canal de desguàs d'escòria acaba en el mur de tanca, al qual no sabem si s'entrega o bé hi resulta tallat, fet que mostraria la posterioritat del tancament i, en conseqüència, una datació anterior de l'ús de l'estructura; es considera contraproduent i impossible que pugui

---

<sup>393</sup> GASULL, P. *et alii* (1986) "Resultat de les excavacions arqueològiques portades a terme a Castellruf (Martorelles, Vallès Oriental)", *Tribuna d'Arqueologia 1984-1985*, p. 28, 60.

<sup>394</sup> ALVAREZ, R; CUBERO, M. (1999) "Los pila del poblado ibérico de Castellruf", *Gladius*, XIX, p. 126

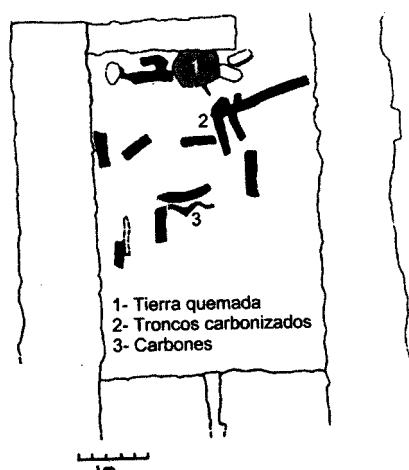
<sup>395</sup> Essent el més típic model de forn siderúrgic protohistòric, existeix nombrosa bibliografia específica al respecte, ampliada en el capítol 3.1.

PLEINER, R. (1993). "Early Bloomeries in ...", *op.cit.* 55, p. 186.

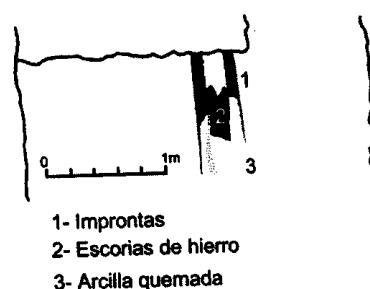
SEERNELS, V. (1993) *Archéometrie des...*, *op.cit.* 201, p. 47.

abocar-se l'escòria incandescent sobre una paret, a excepció de que la pròpia canal pugui emprar-se com a dipòsit, fet que determinaria una important capacitat del conducte (no ens ha arribat l'alçada dels murets laterals) i una minsa productivitat del forn.

Vinculades a aquestes restes foren identificades les armes analitzades i, segons els excavadors, gran quantitat escòries, essent catalogat el lot com a estris propis de l'activitat de ferreria i rebuigs de la forja, interpretació que es modificà a partir de següents estudis sobre el conjunt i la filiació tipològica dels estris trobats <sup>396</sup>. Sembla hipotetitzable que s'aprofità la instal·lació per a dipositar-hi les restes fragmentades del combat <sup>397</sup> i destruir l'estança calant-hi foc.



**Figura 61.** Croquis de la distribució de les restes possiblement vinculades a una estació metal·lúrgica a l'habitació 9 (d'Alvarez-Cubero, 1999, p. 129).



**Figura 62.** Detall de les possibles restes de l'estructura d'un forn a l'habitació 9 (d'Alvarez-Cubero, 1999, p. 129).

La cambra 3 corresponia també al barri de cases del sector NO, les quals es troben obertes al carrer paral·lel al pany de muralla. A diferència de l'habitació anterior, no es recolzava sobre la muralla i disposava d'un registre estratigràfic de major potència on eren incloses bona part de les diverses fases d'ocupació del poblament, fet que assenyalava un origen previ en la urbanització de l'indret.

<sup>396</sup> La tipologia dels suposats elements de ferreria, bàsicament deformats per la mineralització i per la adhesió entre diferents fragments, fou identificada pels esmentats autors com a fragments d'armament de filiació romana.

ALVAREZ, R; CUBERO, M. (1999) "Los pila del ...", op.cit. 394, p. 126.

<sup>397</sup> Les armes romanes podrien demostrar un dels fets bèl·lics de la conquesta de Marc Porci Cató.

Altrament, l'esmentada cambra 3 es comunicava amb la cambra 2, formant part d'un únic hàbitat; les característiques del mur de separació permetien la possibilitat que aquest s'hagués construït en una etapa constructiva posterior a la de la gran cambra, amb un intent de compartimentar l'espai davant la pressió demogràfica. L'estrat on s'identificà la llanta no mostrava cap resta estructural relatiu a l'activitat siderúrgica i estava datat per materials ceràmics de cronologia àmplia (inicis del s.IV – finals s. III a.C.).

## 9.6.2. INFORME DEL PROCEDIMENT ANALÍTIC REALITZAT

### SELECCIÓ SOBRE EL CONJUNT MATERIAL

El dipòsit de materials de l'excavació arqueològica del poblat de Castellruf (Sta. Maria de Martorelles) es conserva al Museu de Granollers. Entre els materials de ferro recuperats, han estat triats un conjunt d'objectes que per les seves característiques museístiques i morfològiques eren els més adequats pel seu estudi i anàlisi. Amb la necessitat de limitar al màxim l'afectació física sobre els materials, els objectes disponibles triats han estat els següents:

- 2064 (c.m. MDG7002873): cèrcol.
- 2065 (c.m. MDG7002862bis): llança - *pilum*.
- 2066 (c.m. MDG7002862): llança - *pilum*.
- 2067 (c.m. MDG7002863): llança - *pilum*.

### EXTRACCIÓ I IDENTIFICACIÓ DE MOSTRES

Amb el propòsit d'evitar la major afectació possible a les peces d'estudi, s'extreuen les següents mostres / superfícies d'observació, identificant-les amb els següents codis:

- PT/2064/1: únic tall transversal **A-B**, aprofitant un dels extrems de la peça. Partició perpendicular a la llargària de l'objecte (**diagrama d'extracció de mostres 2064, fig. 1**). La superfície estudiada correspon a la cara de la mostra obtinguda en el tall (**d.e.m. 2064, fig. 3**).

- PT/2064/2: de la mostra PT/2064/1 s'ha efectuat un tall transversal **C-D**, que correspondria a una partició longitudinal, paral·lela a llargària de la peça (**d.e.m. 2064, fig. 2**). La superfície estudiada correspon a la cara del nou tall (**d.e.m. 2064, fig. 4**).

- PT/2065/1: tall transversal **A-B**. S'ha aprofitat la fractura de l'extrem de la punta per efectuar una partició perpendicular a la llargària de la peça (**d.e.m. 2065, fig. 1**). La superfície estudiada correspon a la cara de la mostra obtinguda en el tall (**d.e.m. 2065, fig. 2**).

- PT/2066/1: tall transversal **A-B**. S'ha efectuat una partició perpendicular a la llargària de l'objecte per separar la punta de l'estri (**d.e.m. 2066, fig. 1**). La superfície estudiada correspon a la cara de la mostra obtinguda en el tall (**d.e.m. 2066, fig. 2**).

- PT/2066/2: tall transversal **C-D**. Aprofitant la fractura de l'altre extrem de la peça, s'ha procedit a fer un nou tall perpendicular a la seva llargària (**d.e.m. 2066, fig. 2**). La superfície estudiada correspon a la cara de la mostra obtinguda en aquest tall (**d.e.m. 2066, fig. 3**).

- PT/2067/1: talls transversals **A-B** i **C-D**. S'han realitzat dos talls paral·lels entre ells i transversals a la llargària de l'objecte, a fi d'obtenir la mostra corresponent (**d.e.m. 2067, fig. 1**). La superfície estudiada correspon a la cara del tall A-B (**d.e.m. 2067, fig. 3**).

- PT/2067/2: de la mostra PT/2067/1 (tall A-B) s'ha efectuat un tall transversal **E-F**, el qual correspon a una partició longitudinal, paral·lela a la llargària de la peça (**d.e.m. 2067, fig. 2**). La superfície estudiada correspon a la cara del nou tall (**d.e.m. 2067, fig. 4**).

## **OBSERVACIÓ MICROSCÒPICA**

- PT/2064/1.

La mostra obtinguda presenta una morfologia de capes exfoliades consolidades gràcies a la restauració de la qual fou objecte. La capa més interna de la peça conserva una zona metàl·lica de força grandària, contrastant amb la resta de exfoliacions, totalment mineralitzades i que han estat, alhora, causa i conseqüència per a la continuïtat en l'obertura d'escletxes pròpies del procés degradador.

De l'inicial observació microscòpica de l'àrea metàl·lica en destaca una microestructura de contingut heterogeni en carboni en la que apareixen gran quantitat d'inclusions (**fotog. 1**); la matriu metàl·lica presenta de forma majoritària una microestructura de caràcter hipereutectoide i de gra molt petit (**fotog. 2**). La zona perlítica destaca per una cementita finíssima, amb disposició dins el gra laminar i globular (**fotog. 3**), i, en determinades localitzacions, cementita vorejant els límits de gra, amb un percentatge total de

carboni, en aquesta zona hipereutectoide, de més del 0.8 % C. Les característiques d'aquesta microestructura es reproduïen com a empremtes o relíquies de carburs a tota la resta de la capa que ja es trobava mineralitzada, fet que evidencia una continuïtat de microestructura a aquesta zona (**fotog. 4**). Amb posterioritat a l'observació microscòpica es realitzaren microdureses <sup>398</sup> sobre diverses zones metàl·liques de la mostra (**d.e.m. 2064, fig. 5**). S'obtingueren valors homogenis a l'àrea hipereutectoide de 264 HV a 282 HV i de 217 HV i 228 HV a les zones de percentatge de carburació menor.

- PT/2064/2.

El tall transversal de la mostra anterior permet observar una matriu metàl·lica formada per tres possibles làmines, alhora, separades per línies de soldadura visibles en determinades zones (**fotog. 1**). Presenta múltiples inclusions, tan formant part de les hipotètiques soldadures com en tipologia de restes escoriàcies no expulsades durant els processos de reducció, postreducció i forja (**fotog. 2**). La microestructura de la làmina central és hipereutectoide, mostrant un estadi bainític incipient (**fotog. 3; fotog. 4**), si bé evidencia descarburació al voltant de la línia de soldadura (**fotog. 5**). Les dues làmines que limiten la central es troben força degradades per la mineralització i presenten nombroses inclusions entre el metall; la seva microestructura és ferriticoperlítica amb un contingut de carboni variable, que va des del proper a l'eutectoide als límits amb la làmina central a un 0.1-0.2 % C a les àrees més perimetrals (**fotog. 6**).

- PT/2065/1.

Mostra totalment mineralitzada corresponent a la secció circular d'una arma llancible. No conserva absolutament cap resta metàl·lica, únicament una zona amb evidents empremtes de desaparegudes cadenes de carburs que perimetraven grans ferrítics de grandària petita (**fotog. 1**).

De la mostra observada és molt destacable la existència d'un centre buit, una mena de forat cilíndric que sembla ésser l'ànima de l'objecte, al voltant de la qual es conforma la peça. D'aquest cos central arrenquen múltiples esclatxes

---

<sup>398</sup> Microduròmetre AKASHI MVK-HO, unitat HV (*Vickers Hardness*), constants 15 seg/100 g.

que han funcionat com a vies d'oxidació. Com a perímetre del cos buit, s'observa una capa d'òxid envoltant fibres de carbó vegetal (**fotog. 2; fotog. 3**).

- PT/2066/1.

Mostra totalment mineralitzada, amb nombroses escletxes de penetració que han originat petits nuclis d'oxidació, focus de la total degradació d'aquesta zona de l'objecte. Sense cap resta de grans metàl·lics conservats o empremtes de relíquies que marquin límits de gra, la mostra es caracteritza per la gran quantitat d'inclusions deformades per l'acció del martelleig (**fotog. 1**).

- PT/2066/2.

Mostra totalment mineralitzada que presenta una disposició de bandes colomorfes pròpia dels processos d'oxidació i degradació. Amb nombroses inclusions, deformades pel martelleig, que l'embruten, són visibles sobre la matriu oxidada les empremtes de cadenes de carburs, les quals assenyalen perimetralment l'anterior existència de grans ferrítics prou deformats i de grandària mitja (**fotog. 1**).

- PT/2067/1.

Mostra perimetralment mineralitzada que conserva un important nucli metàl·lic. Macroscòpicament s'aprecia un forat al mig de la mostra, corresponent a la zona central de l'objecte, el qual sembla formar un nervi al llarg de l'eix de la peça. En la superfície d'estudi, des del forat central surten tres grans escletxes que es desenvolupen radialment a partir del seu origen; a l'interior d'aquestes i del forat central, semblen identificar-se algunes fibres corresponents a possibles restes de carbó vegetal.

L'observació microscòpica permet observar una matriu metàl·lica amb nombroses inclusions i caracteritzada per la heterogeneïtat de contingut de carboni. Bàsicament, es diferencien tres zones: una primera part gairebé eutectoide, la zona central de molt baix contingut de C i una tercera part hipoeutectoide.

L'àrea de major carburació presenta una estructura molt propera a l'eutectoide (al voltant del 0.7 % C), amb un gra perlític molt petit amb fina cementita, principalment laminar, i que es pot apreciar, fins i tot, en l'àrea ja mineralitzada (**fotog. 1**); en algunes zones, la cementita es presenta trencada per l'acció mecànica. Són visibles, en aquesta zona, àrees de bainita superior incipient (**fotog. 2**), on el petit gra perlític mostra l'acció de tractament tèrmic.

Les zones de contacte amb les escletxes (**fotog. 3**) i el forat del centre (**fotog. 4**) mostren l'estructura de menor contingut de carboni, on s'observa un ferriticoperlític del tipus "acer dolç", gairebé ferrític.

L'altra morfologia de microestructura metàl·lica que s'aprecia en el present tall correspon a un hipoeutectoide (**fotog. 5**), amb percentatge de carboni variable entre el 0.2 i 0.4 % C, i caracteritzable per la presència de ferrita disposada en tipus Widmanstätten (**fotog. 6**).

- PT/2067/2.

Mostra corresponent al tall perpendicular de PT/2067/1. S'ha pogut efectuar el tall travessant el nucli buit de l'anterior mostra, fet que ha permès visualitzar amb detall l'existència en el seu interior de fibres de carbó vegetal recobertes per material ferrós i tallades transversalment (**fotog. 1; fotog. 2**). La matriu metàl·lica conservada assenyala la coexistència de dues microestructures clarament diferenciades per la zona central descarburada, afectada per el forat i les seves esquerdes. La zona de major carburació mostra un gra perlític (**fotog. 3**), a vegades dibuixant formes bainíiques; amb molt menor contingut de carboni, la zona hipoeutectoide sembla tenir generalitzada la presència de ferrita acicular (**fotog. 4**). En tota la matriu metàl·lica destaca la deformació mecànica soferta, ja que s'observa el trencament de les cadenes de carburs a les zones eutectoides i la deformació del gra ferrític a l'altre sector.

## INTERPRETACIÓ

- PT/2064/1-2.

L'objecte 2064 ja presenta, a nivell macroscòpic, una morfologia caracteritzada per l'exfoliació de la seva secció. Aquest fet, i amb l'afegit de les

característiques pròpies d'un procés d'oxidació, pot pressuposar la separació del cos central d'algunes capes individualitzades, les quals tindrien referència amb les estructures observades a nivell microscòpic.

Sembla tractar-se d'una peça formada a partir de làmines d'acer amb tractament singular. El metall identificat mostra una làmina central majoritàriament hipereutectoide, composta per una cementita lliure i una perlita finíssima que, en zones determinades, es converteix en una microestructura bainítica; aquesta es formà quan des de la temperatura d'austenització, més elevada que la crítica superior  $A_c$ , es refredà bastant ràpidament; és possible que per provocar major velocitat de refredament, sense tenir la intenció de trempar, s'agités fora la fornal o es submergís en un líquid temperat; potser, i més simplement, la temperatura ambient fou el suficientment freda per provocar aquesta estructura de bainita.

Les dues làmines conservades que voregen al cos central són hipoeutectoides, fet que evidencia una intenció, per part del ferrer, d'alternar làmines de major duresa i làmines de major mal·leabilitat. Aquesta idea de combinacions de làmines de diferents característiques per assolir un estri de millors qualitats mecàniques demostra la sapiència de l'artesà vers les necessitats del metall amb el que conformà l'objecte; tot i així, la manca de processos de control des del procés de reducció fins a la forja provoca la pèrdua real de bona part d'aquelles qualitats buscades. Sembla evident que la làmina hipereutectoide rebé un tractament molt singularitzat, tan tèrmic com mecànic, ja que s'aprecien marques de martelleig intensiu que, alhora, netejà força d'escòries la matriu metàl·lica; no és el mateix cas el de les làmines hipoeutectoides, que no reberen un prou correcte procés de purificació, fet que motivà el manteniment de nombroses inclusions al metall, posteriorment deformades durant la conformació de la peça.

Del defectuós treball a la fornal en són testimonis les soldadures visibles, evidència de que, en determinades zones, no s'assolí la temperatura necessària de les làmines a unir, alhora que es procedí a l'operació lentament a l'aire lliure, permetent que els límits de la làmina hipereutectoide es descarbuessin.

Es dedueix, per tant, que l'objecte es conformà amb làmines tractades individualment, les quals posteriorment s'uniren a temperatura inferior a la de l'austenització. Potser l'artesà, coneixedor que rescalfar fins a temperatures molt altes, i que ell detectava pel color, recristal·litzaria l'estructura i esborraria els tractaments singulars fets a les làmines, moderà la temperatura i el treball mecànic per procedir a la soldadura. Cal interpretar què, tot i que microscòpicament s'aprecien els defectes, el treball complí inicialment els propòsits i que les exfoliacions advertides no foren visibles fins a la degradació de l'objecte, ja en desús i en procés de mineralització.

- PT/2065/1.

La mostra PT/2065/1 no ens permet comentar de les qualitats mecàniques obtingudes dels seus procediments metal·lúrgics, però sí de la tècnica emprada per conformar l'objecte. Sembla que el metall era un acer dolç, una estructura ferríticoperlítica de reduït percentatge de carboni suficient per les necessitats que requeria l'asta d'un *pilum*. El més característic és el fet de que es partí d'un nucli de carbons de llenya per embolicar-los amb una làmina de metall, amb la intenció evident de que, a temperatura, la difusió de carboni des del centre cementés tota la peça, de secció no excessivament gruixuda.

Aquest procediment sembla formar part d'una tècnica que perseguia major celeritat en la fabricació de l'estri, ja que volia estalviar-se posteriors cementacions ja a la fornal. A la pràctica, les poques empremtes de carburs en l'estructura oxidada de la peça ens assenyalen que aquesta carburació fou reduïda i, per tant, el procediment fracassà relativament <sup>399</sup>. En aquest sentit, podem deduir que es tracta d'una peça pròpia d'una producció massiva, com el seu probable origen romà sembla afirmar, i poc acurada, en la qual una tècnica puntual sembla emprada com a recurs per aconseguir majors propietats mecàniques amb el mínim esforç.

---

<sup>399</sup> Les empremtes de relíquies de cadenes cementítiques estan situades al voltant del nucli de carbons. Si en aquesta zona de contacte, la carburació és força reduïda, cal suposar que a la resta de la secció és nul·la, fet que s'evidencia en la manca d'empremtes trobades en altres zones.

- PT/2066/1-2.

Les mostres estudiades identifiquen un objecte totalment mineralitzat, elaborat amb un metall brut d'escòries i, possiblement, sense tractaments específics de millora de característiques metal·lúrgiques. Les empremtes identificades sobre la matriu oxidada pressuposa un metall hipoeutectoide, de baix contingut de carboni, i deformat per l'acció del martelleig a baixa temperatura. La manca de processos de restauració del gra, la poc relativa duresa de l'acer dolç, la possible existència d'àmplies àrees ferrítiques i la majoritària presència d'inclusions configuren un estri de molt deficientes qualitats mecàniques per a la funcionalitat.

- PT/2067/1-2.

A diferència d'altres mostres obtingudes en els diversos *pila* identificats en el conjunt, la conservació d'una important matriu metàl·lica ens permet la identificació de les característiques microestructurals del metall original.

El primer fet destacable correspon a la conformació de l'estri a partir d'un nucli de pols de carbons de llenya, el qual cobrí suposadament el que seria la superfície interna del metall amb la finalitat que es produís una difusió de carboni que, a temperatura, acerés la peça.

Les microestructures estudiades revelen la possibilitat de que fossin dues les làmines diferents que s'empressin per conformar l'objecte. En aquest sentit, una de les làmines correspondria a un acer eutectoide o hipereutectoide, caracteritzat per un gra molt petit motivat per haver superat just la temperatura crítica, el nivell tèrmic d'austenització, fet que impedí el creixement del gra. L'altra làmina correspondria a un hipoeutectoide, de contingut de carboni heterogeni, amb una àrea amb precipitació de cristalls de ferrita en disposició Widmanstätten.

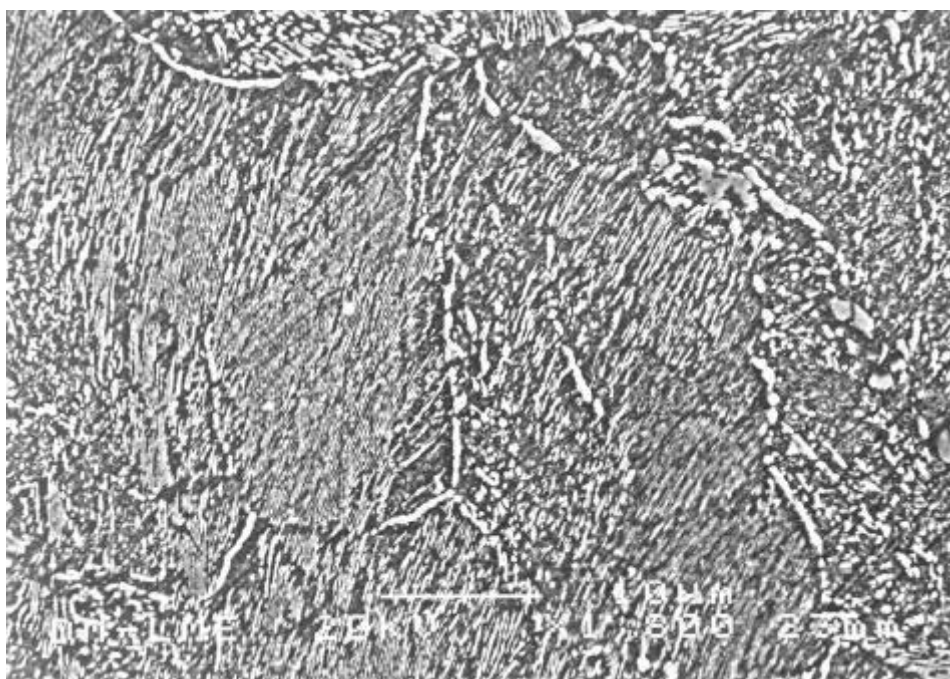
La unió d'ambdues làmines es produí formant l'embolcall al voltant del pols de carbó, intentant donar forma a la secció de l'estri, deixant la més carburada prèviament, més dura, al perímetre extern, i la ferriticoperlítica en contacte amb el combustible carburant del nucli intern. Aquest procés es veié, de forma evident, afectat per l'acció de l'oxigen ambiental ja que, per deficient soldadura, quedà un buit central i l'oxigen existent en aquest descarburà la zona de

contacte; per tant, el procediment d'enriquiment fou nul. Donada la deformitat i trencament dels grans de totes dues làmines, podem suposar que la baixa temperatura de la fornal no permeté la recristal·lització de la granulometria durant el procés del martellatge i definitiva conformació de l'objecte; aquesta recristal·lització tampoc es realitzà després, com a procediment final al tractament de la peça. Amb tot, és possible que aquestes deformacions granulomètriques fossin testimoni d'un o diversos redreçaments i reparacions de l'arma, portats a terme de forma poc acurada.

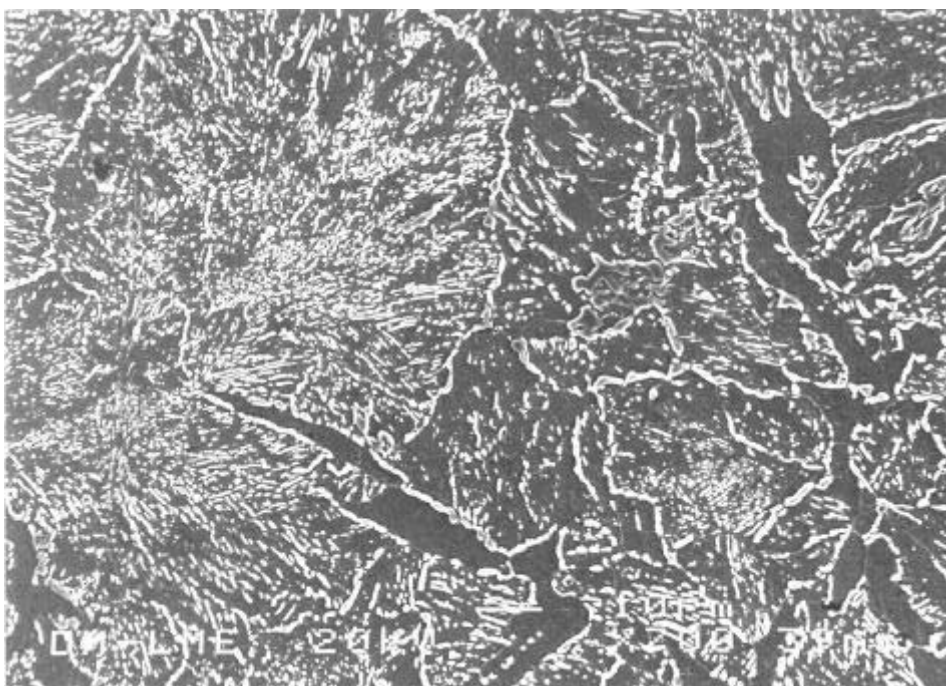
La suma d'aquestes circumstàncies, afegida a la manca d'un exhaustiu treball de cinglatge en les masses de metall que donaren ambdues làmines, força brutes d'inclusions, provocà un estri de més limitades qualitats mecàniques del que es podria demanar en referència a la seva utilitat. L'heterogeneïtat de duresa de la peça, més tova d'un costat que de l'altre, la convertien en força descompensada i sensible a fractures o esquerdes, i els procediments emprats durant el seu treball no la convertien amb una arma de prou qualitat.



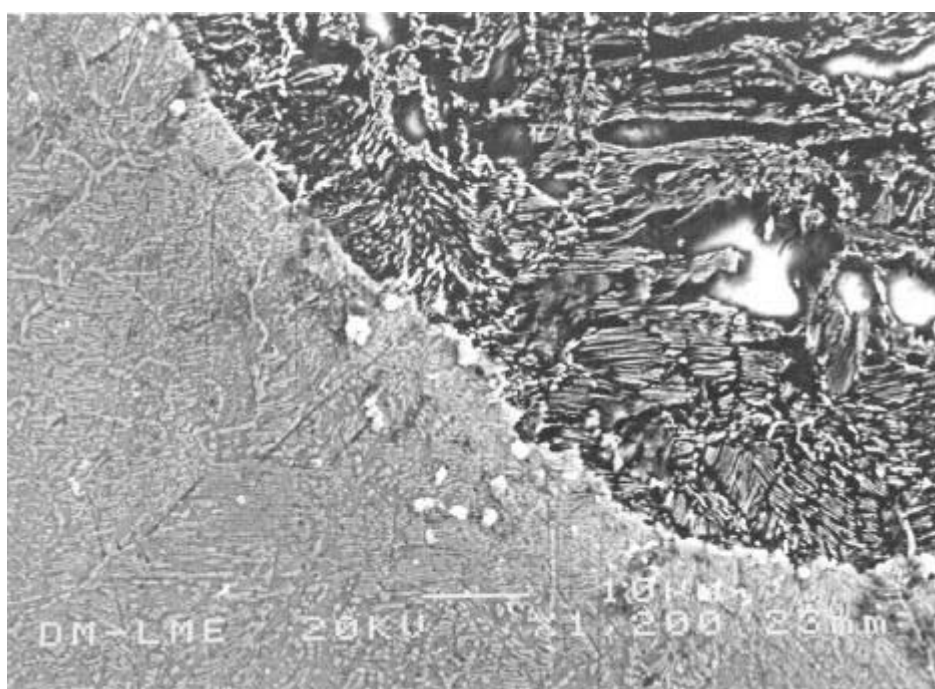
**PT/2064/1. Fotografia 1.** Imatge de l'heterogeneïtat en contingut de carboni de la microestructura metàl·lica, amb grans inclusions (x 225 augm.).



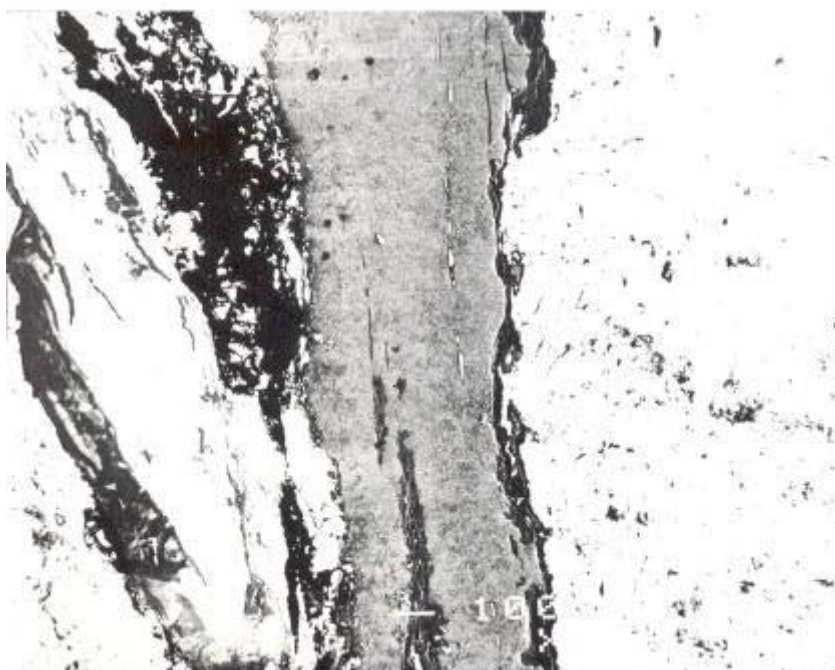
**PT/2064/1. Fotografia 2.** Microestructura ferríticoperlítica de gra petit i cadenes de cementita als seus límits (x 1800 augm.).



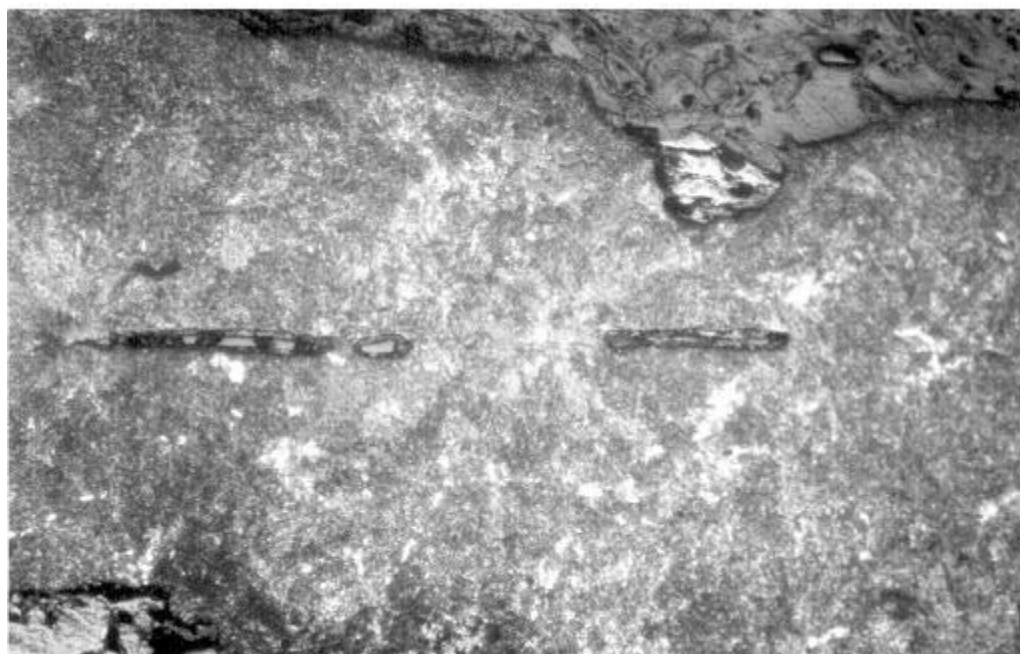
**PT/2064/1. Fotografia 3.** Microestructura perlítica amb cementita fina laminar i globular (x 700 augm.).



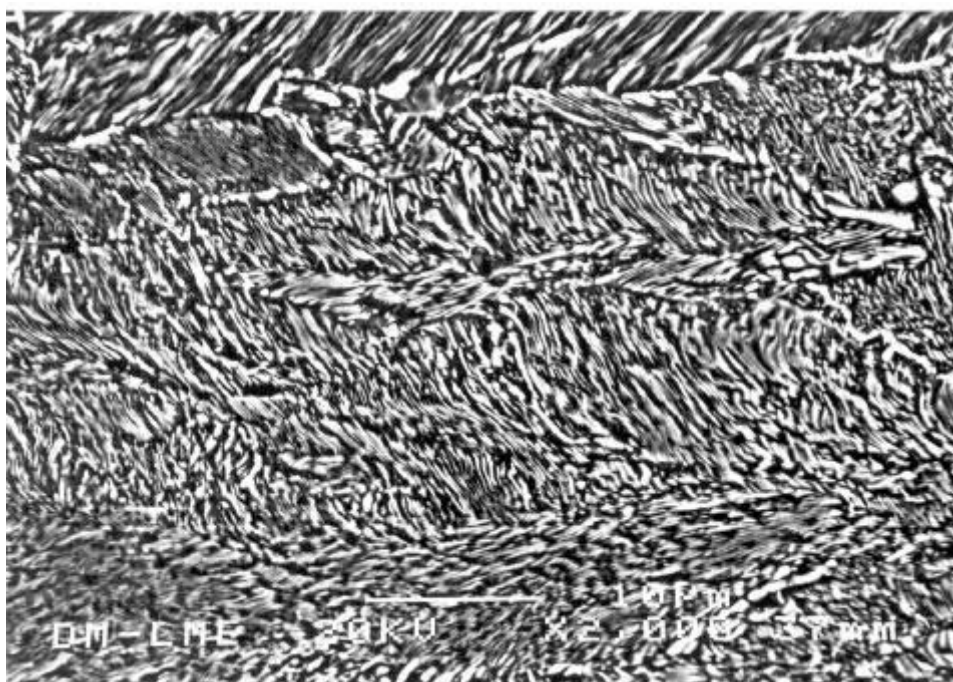
**PT/2064/1. Fotografia 4.** Imatge de la continuïtat de la microestructura hipereutectoide sobre la matriu oxidada (x 1200 augm.).



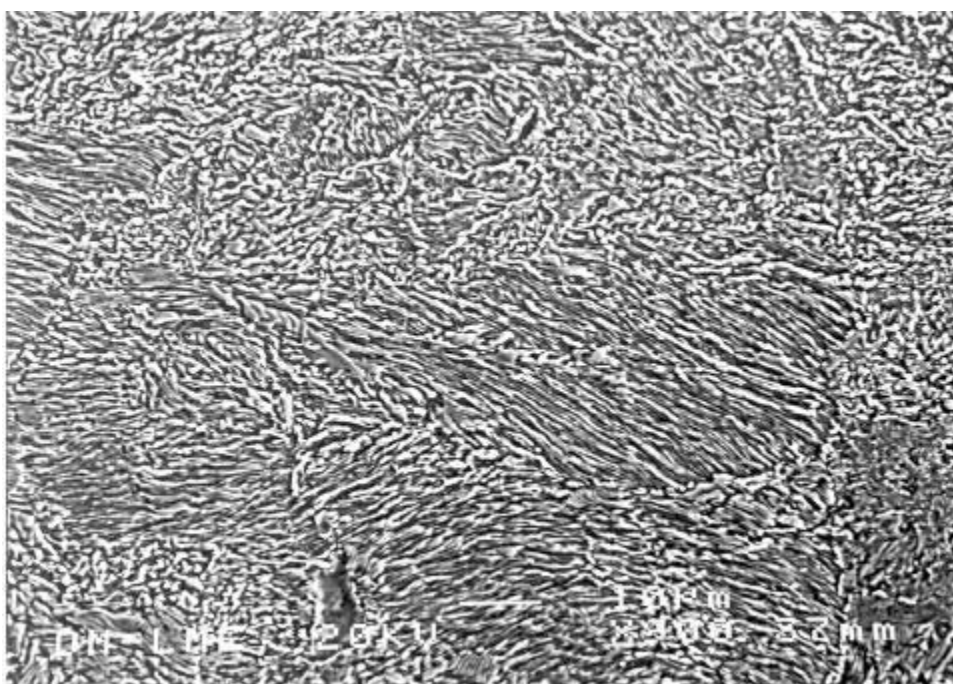
**PT/2064/2. Fotografia 1.** Imatge genèrica de la mostra, amb la disposició de les diverses microestructures que en formen part (x 100 augm.).



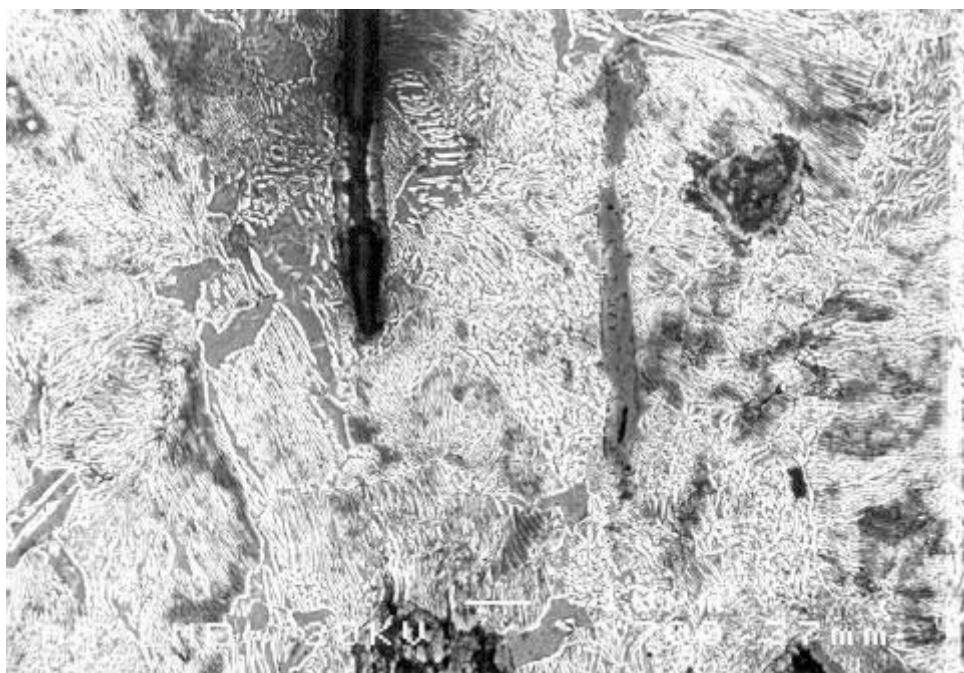
**PT/2064/2. Fotografia 2.** Microestructura perlítica amb múltiples inclusions (x 125 augm.).



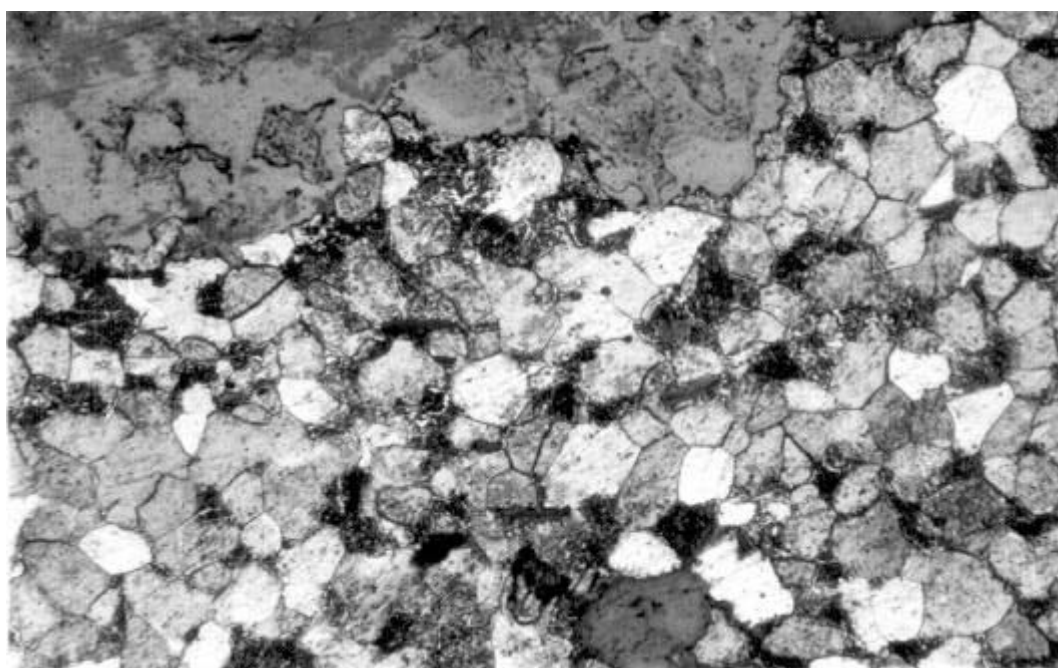
**PT/2064/2. Fotografia 3.** Microestructura hipereutectoide en incipient estadi bainític (x 2000 augm.).



**PT/2064/2. Fotografia 4.** Microestructura hipereutectoide en incipient estadi bainític (x 900 augm.).



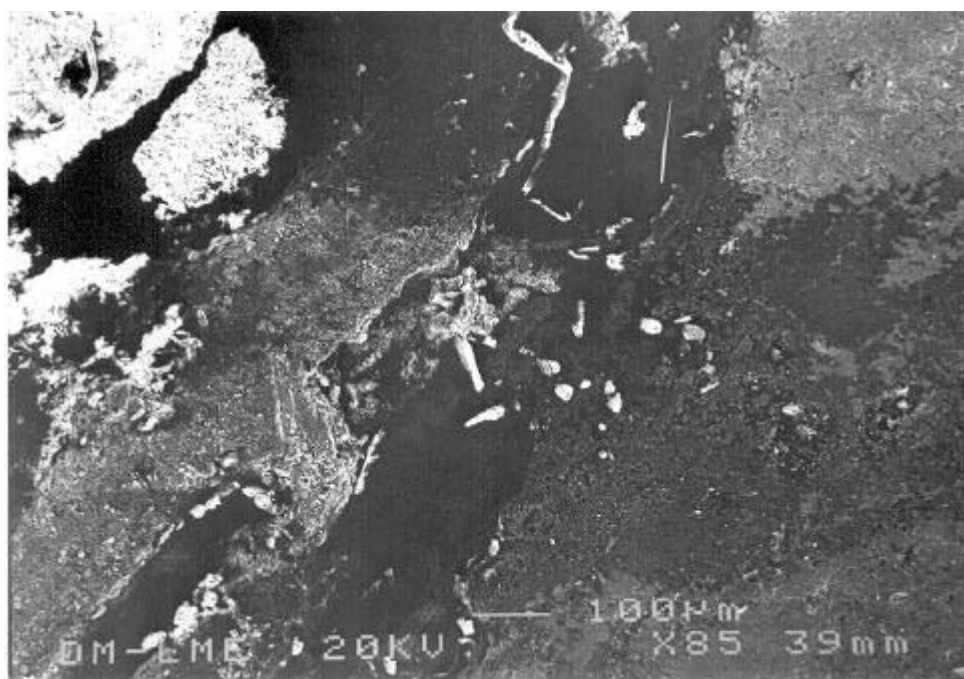
**PT/2064/2. Fotografia 5.** Imatge de descarburació al voltant d'una possible línia de soldadura (x 700 augm.).



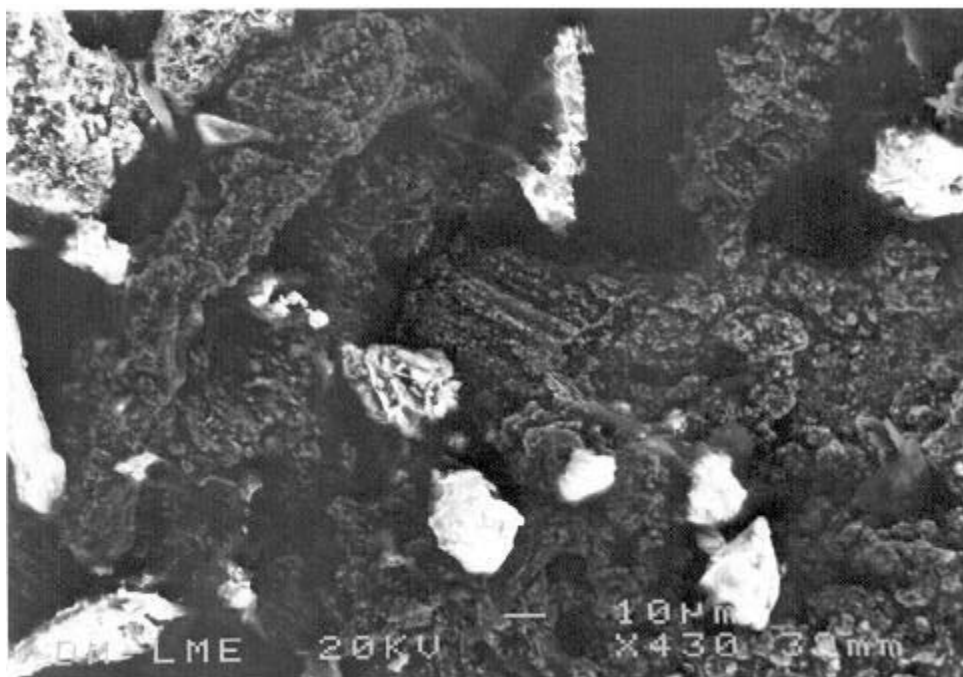
**PT/2064/2. Fotografia 6.** Microestructura ferríticoperlítica (0.2 % C aprox.) corresponent a una àrea perimetral de la mostra (x 225 augm.).



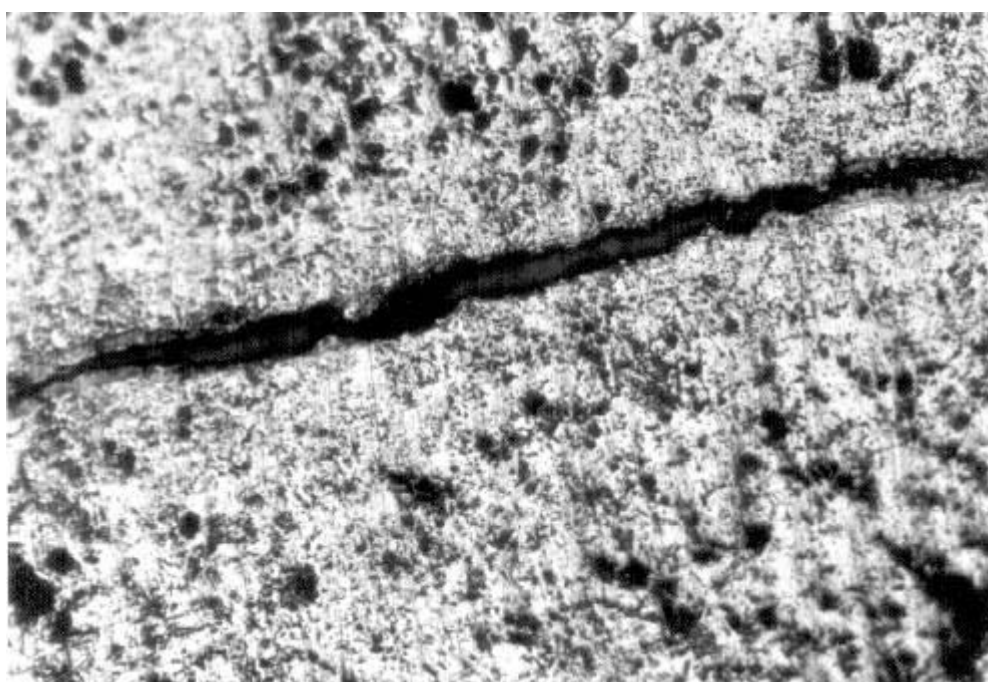
**PT/2065/1. Fotografia 1.** Empremtes de cadenes de carburs sobre matriu oxidada (x 350 augm.).



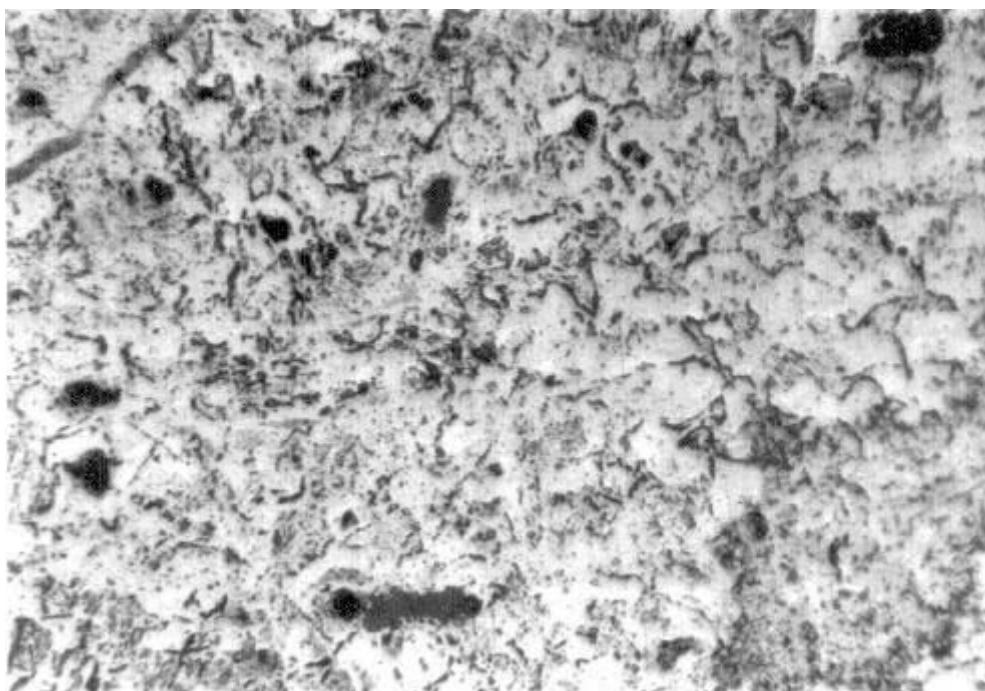
**PT/2065/1. Fotografia 2.** Imatge del centre de la mostra, amb òxid envoltant fibres de carbó vegetal (x 85 augm.).



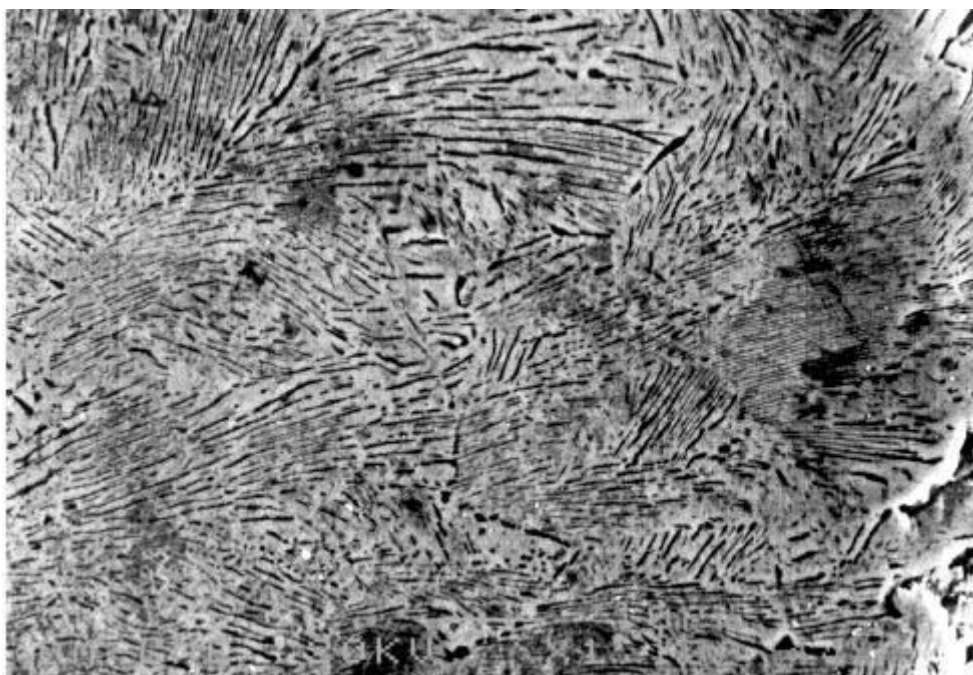
**PT/2065/1. Fotografia 3.** Imatge de fibres de carbó vegetal i restes d'òxid ferrós (x 430 augm.).



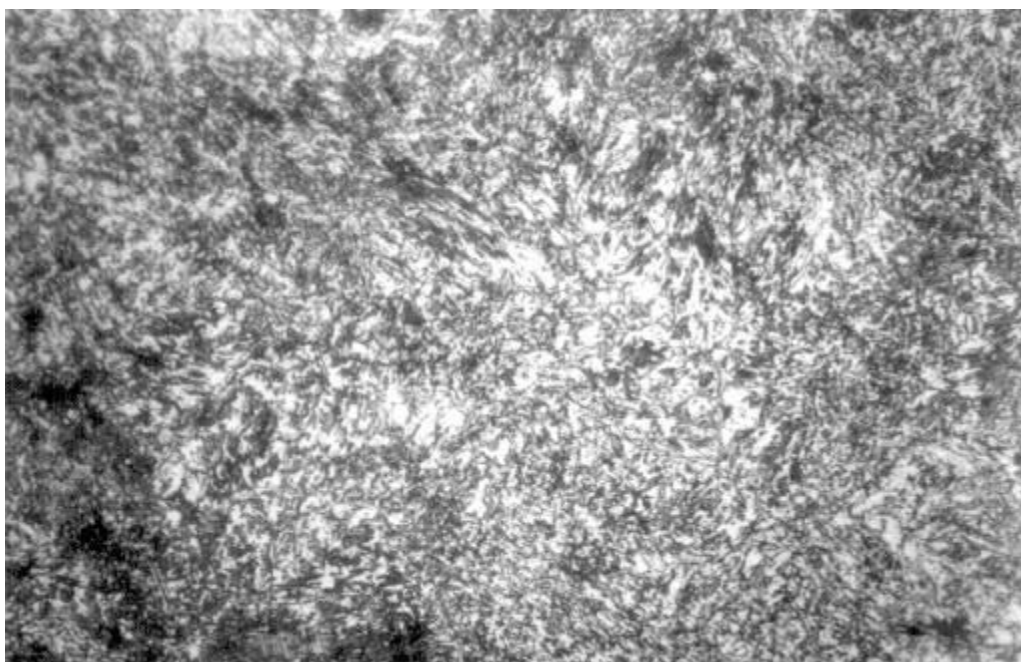
**PT/2066/1. Fotografia 1.** Inclusió allargassada sobre fons de matriu oxidada (x 180 augm.).



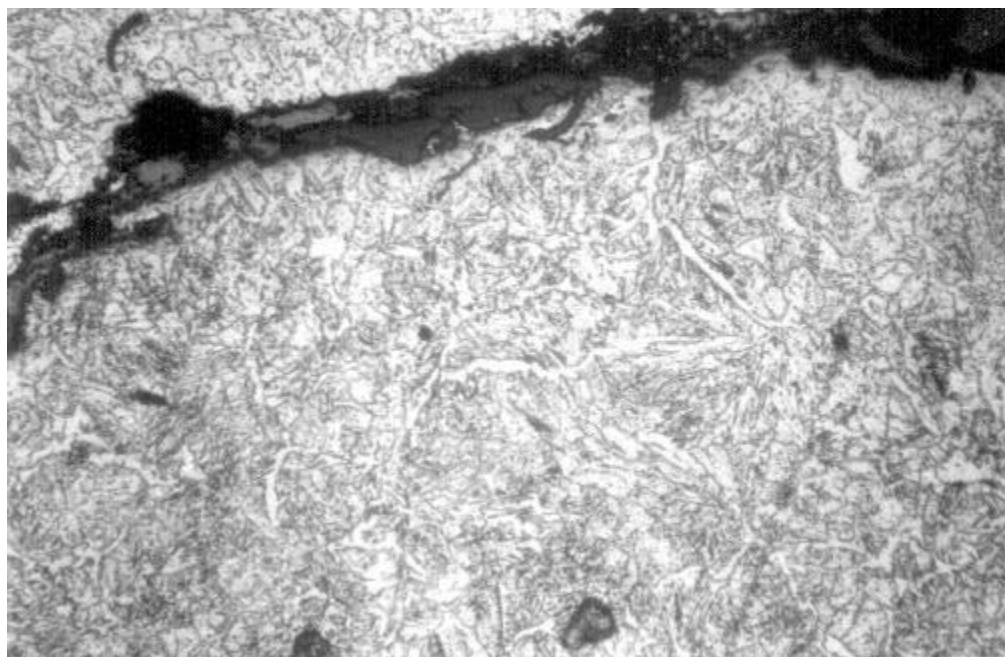
**PT/2066/2. Fotografia 1.** Imatge de la matriu oxidada amb empremtes de cadenes de carburs marcant límits de gra (x 350 augm.).



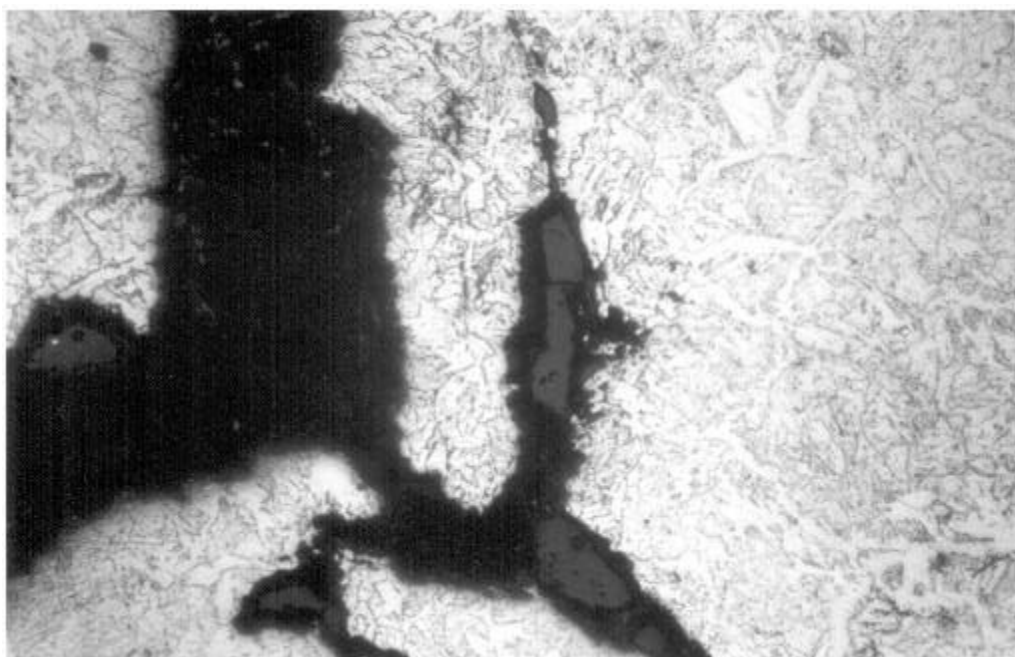
**PT/2067/1. Fotografia 1.** Imatge de les empremtes de cementita, principalment laminar, sobre la zona de matriu oxidada (x 1100 augm.).



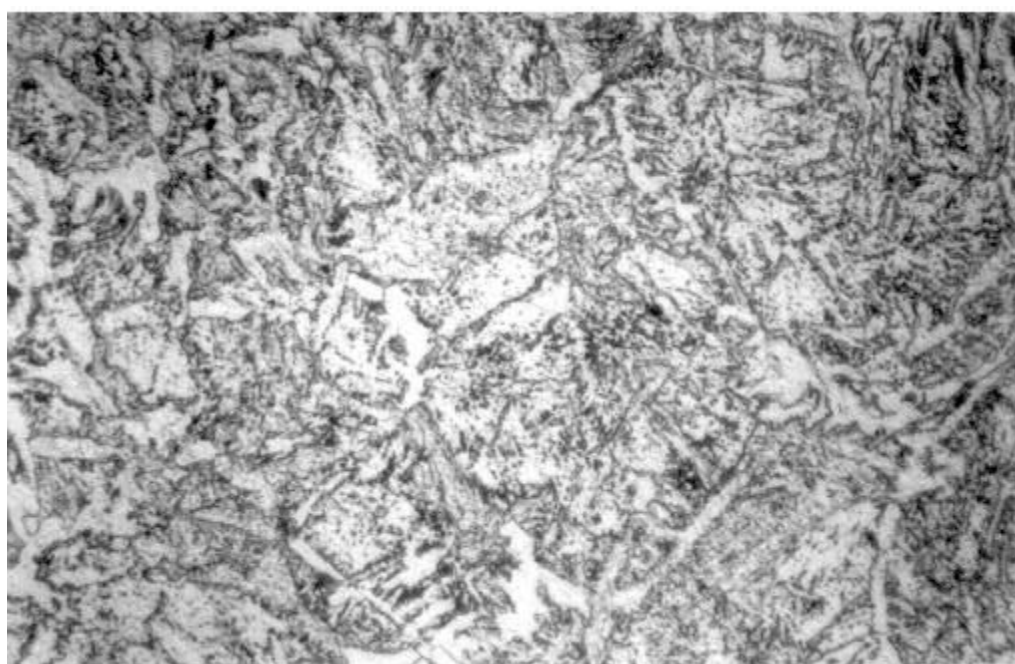
**PT/2067/1. Fotografia 2.** Imatge de la microestructura amb bainita superior incipient (x 350 augm.).



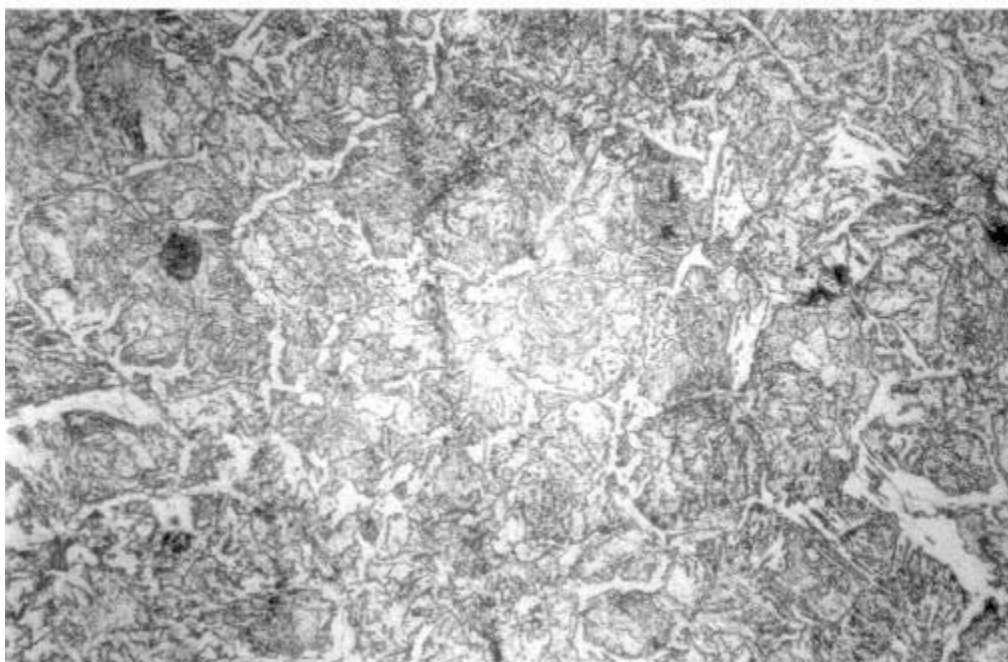
**PT/2067/1. Fotografia 3.** Imatge de lleugera descarburació al voltant d'una de les escletxes (x 180 augm.).



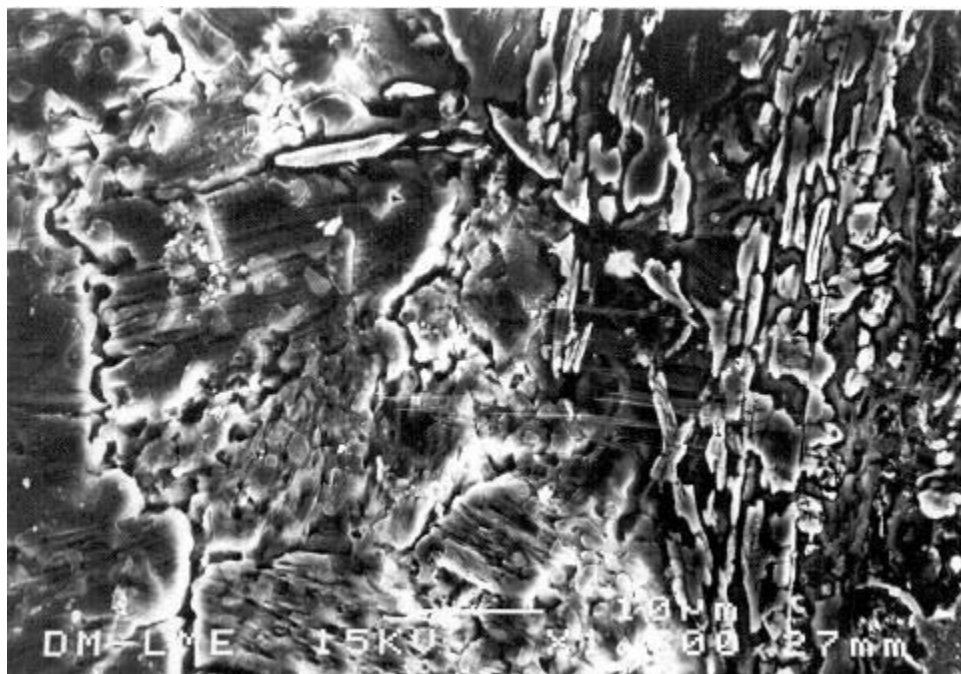
**PT/2067/1. Fotografia 4.** Imatge de descarburació al voltant de l'escletxa central (x 180 augm.).



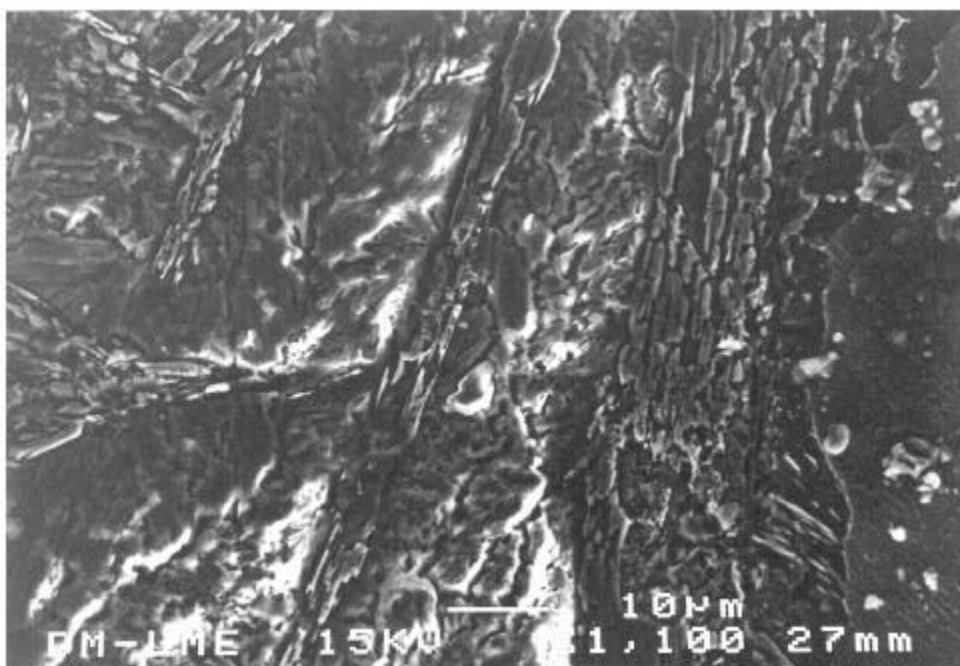
**PT/2067/1. Fotografia 5.** Microestructura ferríticoperlítica corresponent a una zona reduïda de la mostra (x 350 augm.).



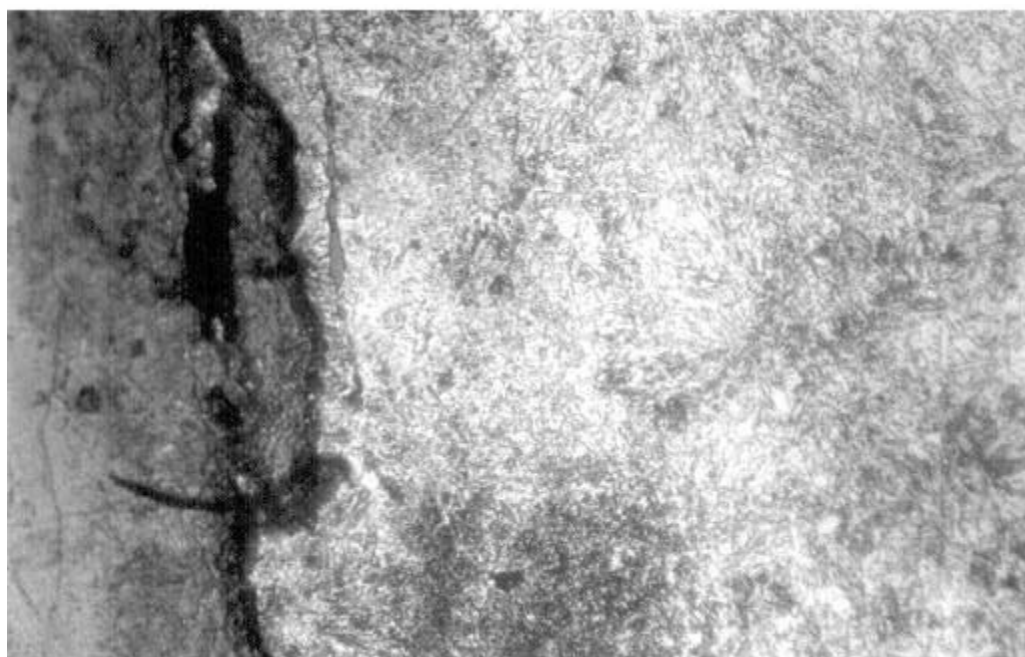
**PT/2067/1. Fotografia 6.** Microestructura ferríticoperlítica amb presència de ferrita en disposició Widmanstätten (x 180 augm.).



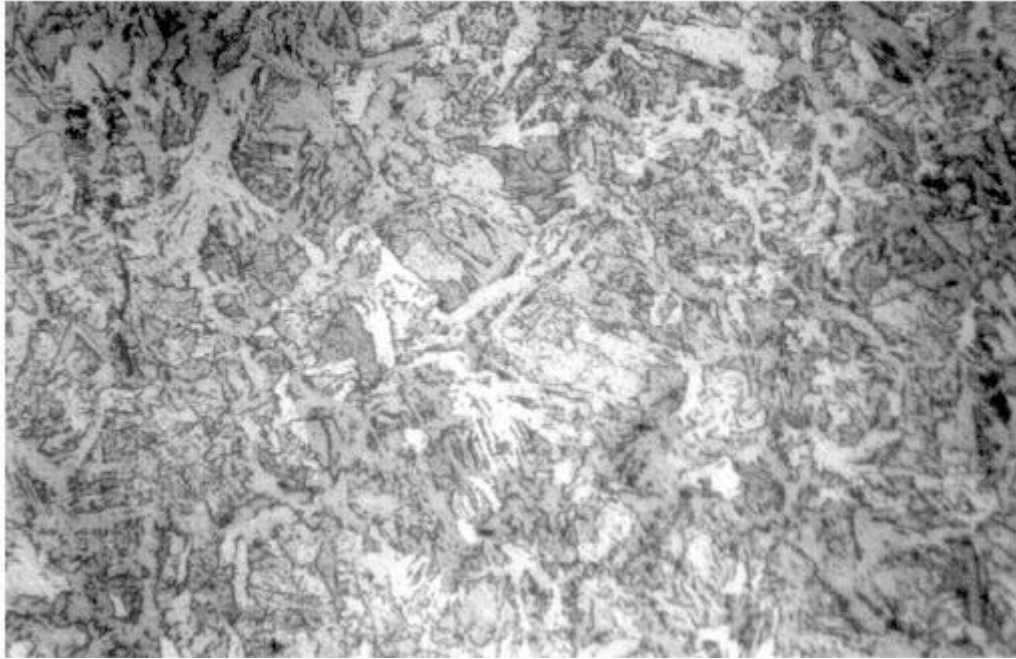
**PT/2067/2. Fotografia 1.** Imatge de fibres de carbó vegetal i òxid corresponent a l'interior de l'eix de la mostra (x 1300 augm.).



**PT/2067/2. Fotografia 2.** Imatge de fibres de carbó vegetal i òxid corresponent a l'interior de l'eix de la mostra (x 1100 augm.).

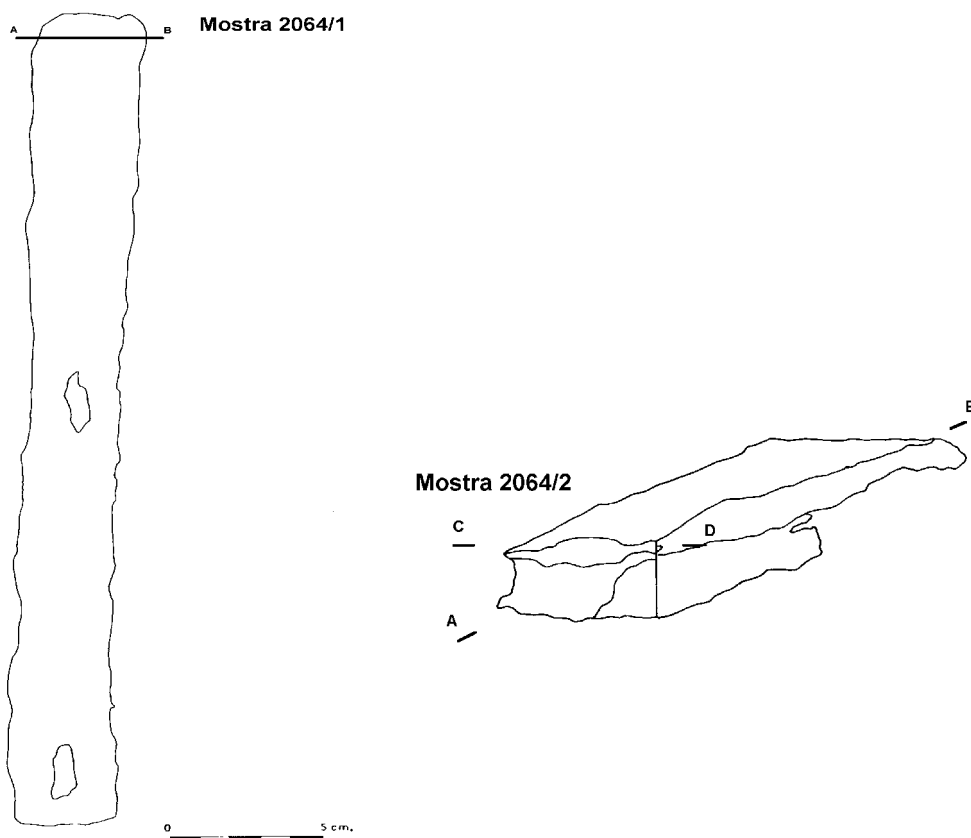


**PT/2067/2. Fotografia 3.** Microestructura perlítica, propera a l'eutectoide, i de gra petit (x 180 augm.).



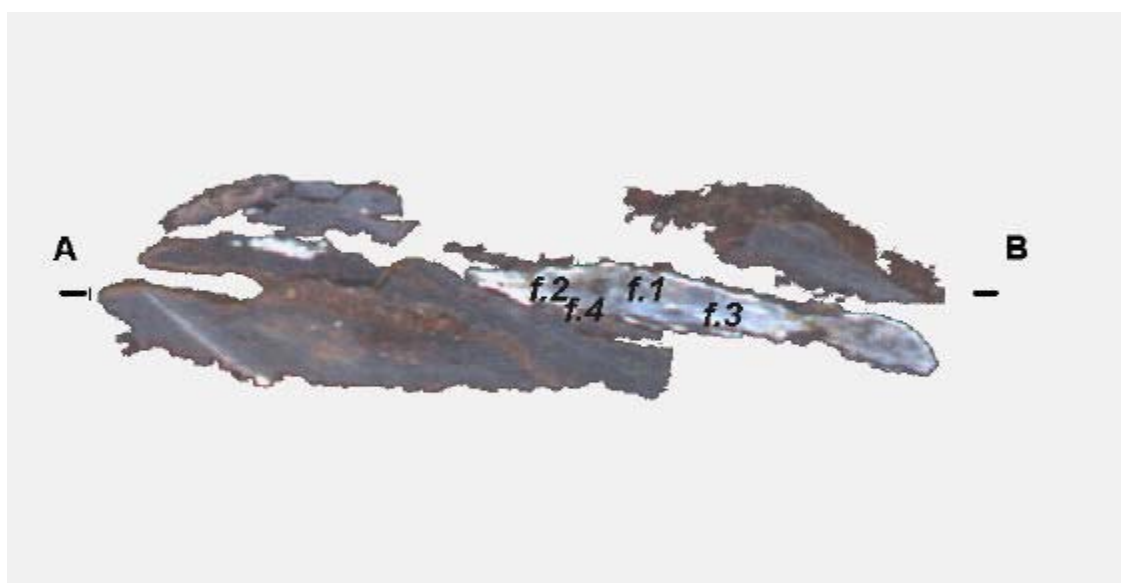
**PT/2067/2. Fotografia 4.** Microestructura ferriticoperlítica amb presència de ferrita en disposició Widmanstätten (x 350 augm.).

## DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2064



**Figura 1.** Extracció de la mostra PT/2064/1.

**Figura 2.** Obtenció de la mostra PT/2064/2.



**Figura 3.** Mostra PT/2064/1 i localització de fotografies de microscopia,

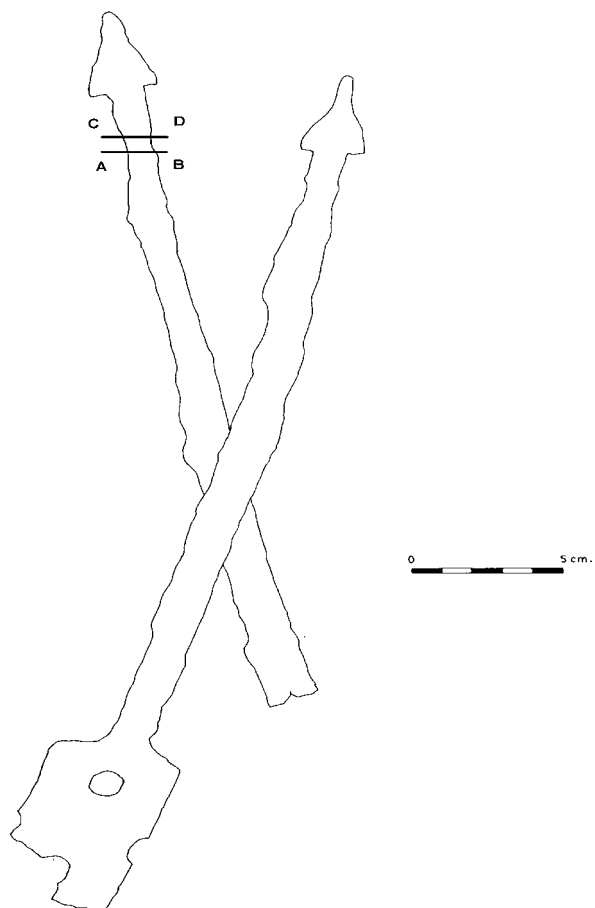


**Figura 4.** Mostra PT/2064/2 i localització de fotografies de microscopia.



**Figura 5.** Localització de les microdureses sobre PT/2064/1 (1. 282 HV; 2. 228 HV; 3. 269 HV; 4. 217 HV; 5. 264 HV.)

## DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2065

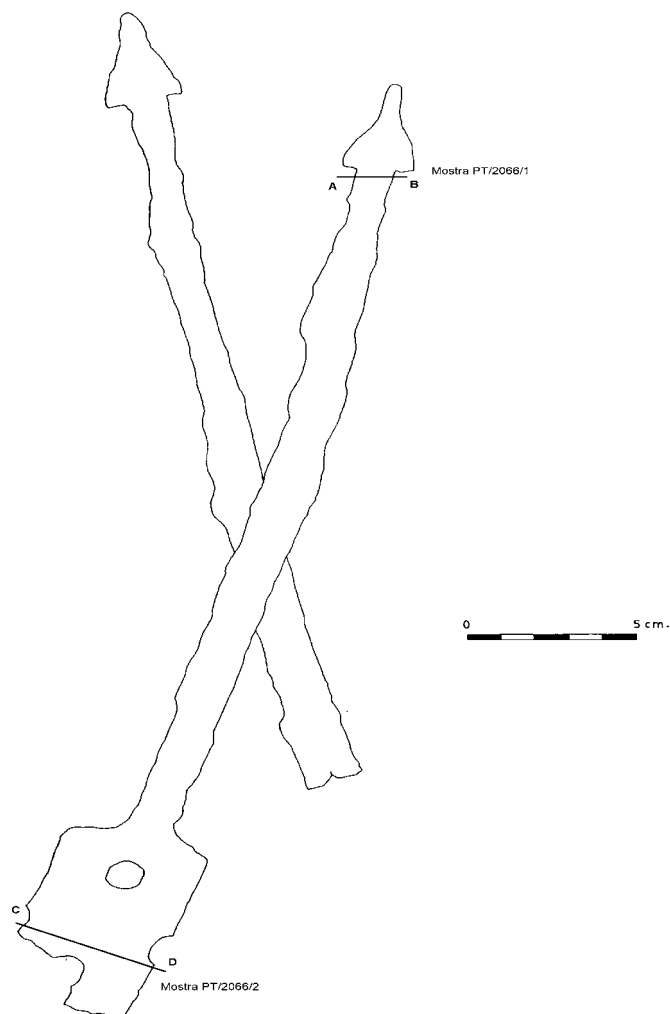


**Figura 1.** Extracció de la mostra PT/2065/1.

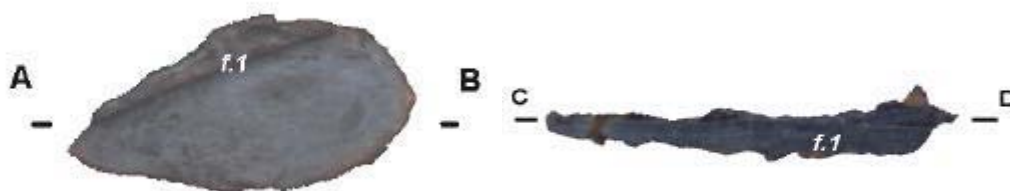


**Figura 2.** Mostra PT/2065/1 i localització de fotografies de microscopia.

## DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2066



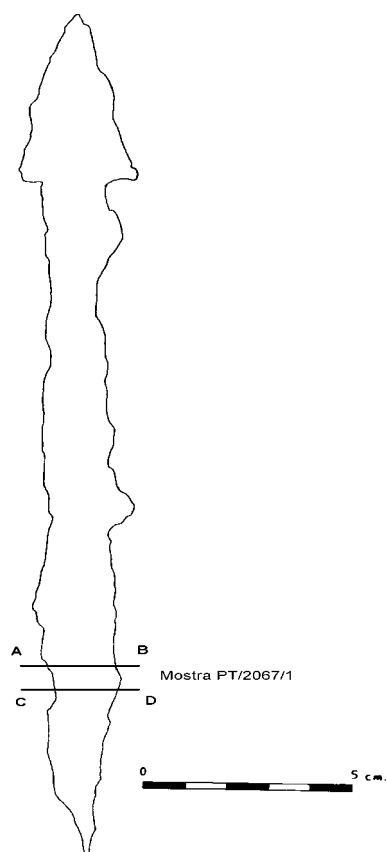
**Figura 1.** Extracció de les mostres PT/2066/1 i PT/2066/2.



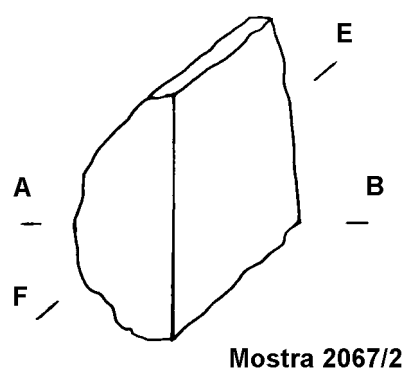
**Figura 2.** Mostra PT/2066/1 i ubicació de fotografies de microscopia.

**Figura 3.** Mostra PT/2066/2 i ubicació de fotografies de microscopia

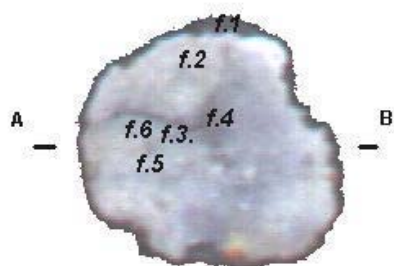
## DIAGRAMA D'EXTRACCIÓ DE MOSTRES SOBRE 2067



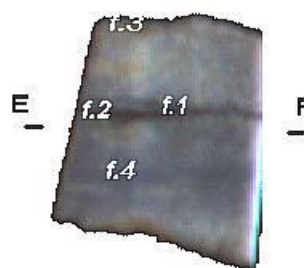
**Figura 1.** Extracció de la mostra PT/2067/1.



**Figura 2.** Extracció de la mostra PT/2067/2.



**Figura 2.** Mostra PT/2067/1 i ubicació de fotografies de microscopia.



**Figura 4.** Mostra PT/2067/2 i ubicació de fotografies de microscopia.

### **9.6.3. CONSIDERACIONS SOBRE EL MATERIAL I EL SEU CONTEXT**

Els materials de ferro de Castellruf que pogueren ésser estudiats mostren diferències funcionals; d'una banda, un fragment d'arc de llanta, amb utilitat domèstica o industrial, pròpia de l'activitat productiva quotidiana; d'altra, un lot d'estocs – *pila*, evidència de la utilització o existència en el poblat d'armament ofensiu. A aquest fet morfològic s'afegeix l'evident filiació del conjunt d'armament, aliè a l'entorn sociocultural del poblat ibèric de Castellruf.

Coneixent la diversitat existent en les peces analitzades, representades per dos clars grups de funcionalitat i filiació cultural, era previsible que les anàlisis metalogràfiques permetessin presentar conclusions comparatives basades en dades físiques i microestructurals dels materials.

El fragment de llanta presenta un procediment de treball metal·lúrgic força acurat, en el qual el ferrer s'esforçà en conformar la peça a partir de làmines de metall de diferent composició. En l'esmentada metodologia és especialment rellevant l'interès de l'artesà en assolir les propietats mecàniques que requeria la funcionalitat de la peça, principalment si es considera que es tracta d'un objecte prou pla per a ésser elaborat a partir d'un únic bloc martellat per disminuir el gruix i aplanar, opció que hauria simplificat el procés de treball. El nivell de coneixement de la tècnica siderúrgica es confirma per la intenció constatada d'alternar les característiques de les làmines a partir d'una hipereuteoide, de major duresa, com a cos central; amb dues o més làmines de metall menys carburat s'assolia ductilitat sense perdre la duresa de l'ànima de l'objecte.

A manca de conèixer com es resolgué la làmina perimetral, no conservada per la degradació de l'objecte, el concepte sobre el qual es conformà la llanta fou prou correcte i evidència un nivell especialitzat en el treball del ferro. La realització pràctica no executà amb precisió les intencions inicials: deficient unió en calent i poca purificació en les làmines ferríticoperlítiques mostren dificultats tècniques.

Altrament, l'estudi dels *pila* presenta una realitat ben diversa, potser també motivada per les característiques de les mostres estudiades. Totes les mostres provenen de l'asta o la placa de l'arma, havent estat impossible, a causa de la degradació, d'obtenir una mostra de mínimes qualitats per a realitzar l'anàlisi metal·logràfica provinent de la punta o extrem de penetració. La interpretació historiogràfica <sup>400</sup> i les fonts llatines indicarien la possibilitat d'una diferència en la qualitat del metall de la punta i de la resta de la part metàl·lica de l'objecte; en aquest sentit, la punta podria haver-se endurit sotmetent-la a tractaments termoquímics, ja que havia de travessar les defenses de l'enemic i, un cop assolit l'objectiu, no necessitant la mateixa duresa l'asta, aquesta s'havia de trencar o deformar per evitar el retorn de l'element llancible. Altrament, també es considera la possibilitat, més lògica, de que la zona de trencament fos el mànec perible, mentre que la zona metàl·lica en la seva totalitat hauria estat especialment tractada per oferir major duresa <sup>401</sup>.

L'anàlisi metalogràfic de les esmentades mostres presenta força homogeneïtat en la metodologia d'elaboració dels *pila*. Per conformar l'asta, s'emprà una tècnica no identificada en els materials de filiació ibèrica estudiats <sup>402</sup>; aquesta consistí en embolcallar amb una làmina de metall un seguit de carbons o fragments de carburant vegetal. Plegant el metall en calent sobre el polsim ric en carboni es pretenia carburar el metall que l'envoltava, fet que, teòricament, havia de permetre assolir la duresa exigida per l'estri. Si bé el mètode demostra l'enginy de l'artesà, la realització fou prou errònia per deixar un buit intern per on penetrà l'oxidació, i que, alhora, produí un metall molt heterogeni, sense cap de les propietats mecàniques preteses. Tanmateix, a les plaques i a les astes, el metall mostra àrees d'acer dolç i nombroses inclusions no metàl·liques, a ben segur identificadores d'un procediment poc acurat i de ràpida execució.

---

<sup>400</sup> ALVAREZ, R.; CUBERO, M. (1999) *Los pila del ...*, op.cit. 394, pp. 134-139.

<sup>401</sup> ALVAREZ, R.; CUBERO, M. (1999) *Los pila del ...*, op.cit. 394, pp. 140.

<sup>402</sup> Tècnica, però, ben documentada en les investigacions metalogràfiques amb materials d'època romana i identificada tan per la Dra. Júlia Simon (ETSEIB) com pel propi autor de l'estudi.

AULADELL, J. (2002) "Metallographic report about materials from Karkur", *Karkur, a late roman site in Negev* (en premsa)

Aquestes característiques presenten grans diferències respecte la metodologia evidenciada en la llanta, les quals singularitzen dues produccions de caire ben divers:

- d'una banda un lot d'armament de fabricació massiva, a ben segur d'origen en un taller on s'elaboraven gran nombre d'estris i no era possible individualitzar procediments com la correcta purificació del bloc de metall, o tractaments tèrmics o termoquímics que proporcionessin les propietats mecàniques desitjades; aquest es substituï per un procediment enginyós, dipositar la pols de carburant com a ànima interna de l'estri, que denotaria bons coneixements empírics vers la capacitat del carboni per conferir duresa, però de resultats no totalment reeixits;
- altrament, la llanta presenta diversos tractaments individualitzats pels quals foren necessaris tan el coneixement empíric del ferrer en aquesta tècnica, com un esforç en treball i temps totalment contraposat a l'evidenciat en els *pila*.

És impossible conèixer els fets que determinaren la presència d'armes romanes en el poblat de Castellruf. La troballa d'aquests elements en un espai possiblement preparat per actuar com a taller metal·lúrgic podria indicar tan una voluntat explícita de destrucció conjunta o, en cas contrari, un intent de reparar els esmentats estris, ja que tecnològicament i tipològicament no corresponen a cap producció local. Ben al contrari, la tècnica assolida per la llanta, que aparegué en un altre indret del poblat, indica un coneixement allunyat dels paràmetres i conceptes teòrics que originaren la producció dels *pila*. Tanmateix, no pot vincular-se directament la llanta amb la possible forja local i, a través de la ubicació estratigràfica de l'estri, sembla factible identificar una diferència cronològica entre l'objecte i el forn.

La hipòtesi més factible correspondria a la recuperació de les armes durant l'etapa convulsa que precedí immediatament a l'evacuació de l'assentament, i al seu intent d'aprofitament. En cap cas fora relacionat amb l'existència d'elements de ferro del poblat, els quals, de producció local o aliena, mostrarien característiques i propietats comunes a d'altres objectes sincrònics del mateix àmbit geogràfic.