



Universidad
Nacional
de Córdoba



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

ESCUELA DE POSGRADO

**“AMALGAMAS: DETERMINACIÓN DE LAS RELACIONES
DUREZA-ESTRUCTURA MEDIANTE ANÁLISIS
ESCLEROMÉTRICO Y ESTEREOLÓGICO”**

TESISTA:

OD. JULIO RAÚL CABRAL

DIRECTOR:

DR. RODOLFO ARNALDO MARMAI

CÓRDOBA, 1980



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA
FACULTAD DE ODONTOLOGIA

AMALGAMAS
DETERMINACION DE LAS RELACIONES DUREZA-ESTRUCTURA
MEDIANTE
ANALISIS ESCLEROMETRICO Y ESTEREOLOGICO



T
D151
C117
Doplejzko
010539

Trabajo de Tesis para optar al título de
Doctor en Odontología
Od. JULIO RAUL CABRAL

PADRINO DE TESIS

Dr. ARNALDO RODOLFO MARMAI

- Doctor en Ciencias Físicas -

Arnaldo Rodolfo Marmai

A mis padres,
esposa
e
hijos.



Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

-----CERTIFICO que el Odontólogo JULIO RAUL CABRAL ha realizado bajo la dirección del suscripto la preparación de su trabajo de tesis doctoral titulado:-----

AMALGAMAS: DETERMINACION DE LAS RELACIONES DUREZA-ESTRUCTURA MEDIANTE ANALISIS ESCLEROMETRICO Y ESTEREOLOGICO.-----

-----Los estudios básicos y experimentales, en el período 1976-1980, fueron efectuados simultáneamente en las Facultades de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Departamentos de Materiales y Tecnología y Agrimensura) y de Odontología (Cátedras Técnica de Prótesis y Materiales Dentales) de la Universidad Nacional de Córdoba.-----

-----Se expide la presente constancia a los efectos de ser presentada ante la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Córdoba a los veintisiete días del mes de noviembre de mil novecientos ochenta.-----

DR. ARNALDO R. MARMAI
CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

INDICE

INTRODUCCION

I-V

CAPITULO I - ANALISIS ESCLEROMETRICO

1.	Antecedentes	1
2.	Objetivos de los Métodos Esclerométricos	1
2.1.	Dureza Macroscópica	1
2.2.	Microdureza	2
2.3.	Ley de Meyer	4
3.	Técnica empleada para determinar la dureza	5
3.1.	Equipo utilizado	5
3.2.	Procedimientos	6
3.3.	Técnica experimental	6
3.4.	Computación de los valores experimentales	7
	Nómina de los datos evaluados	
	- diagonales de impronta	
	- durezas Vickers	
	- Índice de Meyer	
	- recta de Dureza	
	- anisotropía de dureza	
	- tasa de deformación puntual	
	- constante C de la ley de Meyer	

CAPITULO II - ALEACIONES BASES

1.	Criterios de selección	9
	TABLA I : Denominación y procedencia de las aleaciones bases	10
	TABLA II : Composición química de las aleaciones bases	10
2.	Características técnicas de las aleaciones	10
	TABLA III : Propiedades físico-mecánicas de las aleaciones bases	11
3.	Características de los polvos de aleación para amalgama	11
	TABLA IV : Fases intermetálicas en amalgamas	12
4.	Tipos de aleación	12
4.1.	Luxalloy non gamma II	12

Figura 1 a - Micrografía electrónica de barrido	
Figura 1 b - Frecuencia de distribución de tamaño de las partículas de aleación	
4.2. Luna Atomic	13
4.2.1. Importancia de las partículas esferoidales	13
Figura 2 a - Micrografía electrónica de barrido	
Figura 2 b - Frecuencia de distribución de tamaño de partículas esferoidales	
4.2.2. Factores que caracterizan el material base	14
4.3. Ventura 67	15
4.3.1. Caracterización del material	15
Figura 3 a - Micrografía electrónica de barrido	
Figura 3 b - Frecuencia de distribución de tamaño de las partículas de aleación	
4.3.2. Razones de su empleo	16

CAPITULO III - ELABORACION DE AMALGAMAS

1. Tiempos de trituración	17
1.1. Antecedentes	17
1.2. Objetivos	18
1.3. Metodología	19
2. Presiones de Condensación	20
2.1. Antecedentes	20
2.2. Objetivos	21
2.3. Metodología	21
TABLA I : Relación entre cargas aplicadas sobre condensador de \varnothing 6 mm y la presión de condensación unitaria	22
3. Técnica para la preparación de probetas	23
3.1. Operaciones realizadas	23
3.1.1. Trituración mecánica	23
3.1.2. Colada de las probetas	23
3.1.3. Condensación de las amalgamas	23
3.1.4. Envejecimiento de las amalgamas en molde patrón	24
3.1.5. Pulido mecánico de las probetas	24
4. Documentación micrográfica de las fases de las amalgamas	25

- ataque químico
- documentación microestructural

CAPITULO IV - CONSTANTE C DE LA LEY DE MEYER

- 1. Antecedentes 26
- 2. Determinaciones de C 28

CAPITULO V - ANISOTROPIA DE DUREZA

- 1. Antecedentes 29
- 2. Objetivos 30
- 3. Metodología 30

CAPITULO VI - TASA DE DEFORMACION PUNTUAL

- 1. Antecedentes 32
- 2. Objetivos 32
- 3. Metodología 33

CAPITULO VII - ESTEREOLOGIA

- 1. Introducción 34
- 2. Análisis metalográfico cuantitativo 35
 - 2.1. Fundamentos 35
 - 2.2. Método de análisis 37
 - Nominación de símbolos 38
 - 2.2.1. Análisis lineal 40
 - 2.2.2. Análisis por contaje de puntos 43

CAPITULO VIII - RESULTADOS

- 1. Análisis del Índice de Meyer 46
 - 1.1. Amalgama Aleación Base Luxalloy 48

Fig. 1 - Amalgama Aleación Base Luxalloy:
Rectas de Meyer $n_{(1,2,3)}$ y de Dureza $m_{(1,2,3)}$ en función de $P_{(1,2,3)}$ para
Tiempo de trituración 10 s.

Fig. 2 - Amalgama Aleación Base Luxalloy: Rectas de Meyer $n_{(1,2,3)}$ y de Dureza $m_{(1,2,3)}$ en función de $P_{(1,2,3)}$ para Tiempo de trituración 20 s.	
Fig. 3 - Amalgama Aleación Base Luxalloy: Rectas de Meyer $n_{(1,2,3)}$ y de Dureza $m_{(1,2,3)}$ en función de $P_{(1,2,3)}$ para Tiempo de trituración 30 s.	
1.2. Amalgama Aleación Base Luna Atomic	49
Fig. 4 - Amalgama Aleación Base Luna Atomic: Rectas de Meyer $n_{(1,2,3)}$ y de Dureza $m_{(1,2,3)}$ en función de $P_{(1,2,3)}$ para Tiempo de trituración 10 s.	
Fig. 5 - Amalgama Aleación Base Luna Atomic: Rectas de Meyer $n_{(1,2,3)}$ y de Dureza $m_{(1,2,3)}$ en función de $P_{(1,2,3)}$ para Tiempo de trituración 20 s.	
Fig. 6 - Amalgama Aleación Base Luna Atomic: Rectas de Meyer $n_{(1,2,3)}$ y de Dureza $m_{(1,2,3)}$ en función de $P_{(1,2,3)}$ para Tiempo de trituración 30 s.	
1.3. Amalgama Aleación Base Ventura 67	50
Fig. 7 - Amalgama Aleación Base Ventura 67: Rectas de Meyer $n_{(1,2,3)}$ y de Dureza $m_{(1,2,3)}$ en función de $P_{(1,2,3)}$ para Tiempos de trituración 10 s.	
Fig. 8 - Amalgama Aleación Base Ventura 67: Rectas de Meyer $n_{(1,2,3)}$ y de Dureza $m_{(1,2,3)}$ en función de $P_{(1,2,3)}$ para Tiempos de trituración 20 s.	
Fig. 9 - Amalgama Aleación base Ventra 67: Rectas de Meyer $n_{(1,2,3)}$ y de Dureza $m_{(1,2,3)}$ en función de $P_{(1,2,3)}$ para Tiempos de trituración 30 s.	
TABLA I : Indice de Meyer - Amalgama Aleación Base Luxalloy	51
TABLA II : Indice de Meyer - Amalgama Aleación Base Luna Atomic	52
TABLA III : Indice de Meyer - Amalgama Aleación Base Ventura 67	53

TABLA IV : Valores máximos y mínimos de $n_{(1,2,3)}$	54
2. Análisis de la Recta de Dureza $m_{(1,2,3)}$	55
2.1. Amalgama Aleación Base Luxalloy	57
2.2. Amalgama Aleación Base Luna Atomic	58
2.3. Amalgama Aleación Base Ventura 67	59
TABLA V : Recta de Dureza - Amalgama Aleación Base Luxalloy	60
TABLA VI : Recta de Dureza - Amalgama Aleación Base Luna Atomic	61
TABLA VII : Recta de Dureza - Amalgama Aleación Base Ventura 67	62
TABLA VIII : Valores máximos y mínimos de $m_{(1,2,3)}$	63
3. Análisis de la Microdureza Vickers en función de la Presión de Condensación	64
3.1. Amalgama Aleación Base Luxalloy	65
Fig. 10 (a,b,c) - Microdureza Vickers de amalgama Aleación Base Luxalloy en función de la Presión de Condensación.	
3.2. Amalgama Aleación Base Luna Atomic	68
Fig. 11 (a,b,c) - Microdureza Vickers de amalgama Aleación Base Luna Atomic en función de la Presión de Condensación.	
3.3. Amalgama Aleación Base Ventura 67	71
Fig. 12 (a,b,c) - Microdureza Vickers de amalgama Aleación Base Ventura 67 en función de la Presión de Condensación.	
4. Constante C de la ley de Meyer	74
TABLA IX : Amalgama: Valor de la constante C de Meyer	76
Fig. 13 - Constante C de Meyer: influencias que ejercen la composición de las amalgamas, la presión de condensación y los tiempos de trituración.	

Errores cuadrático medio, medio del promedio, medio porcentual del promedio y standard.

5.	Anisotropía de Dureza Vickers	77
	TABLA X : Anisotropía de Dureza Vickers: Amalgama Aleación Base Luxalloy	79
	TABLA XI : Anisotropía de Dureza Vickers: Amalgama Aleación Base Luna Atomic	80
	TABLA XII : Anisotropía de Dureza Vickers: Amalgama Aleación Base Ventura 67	81
	TABLA XIII: Influencia de las variables T.T., P.C. y P. sobre la Anisotropía de Dureza Vickers de Amalgamas Alea- ción Base Luxalloy, Luna Atomic y Ventura 67	82
6.	Tasa de Deformación Puntual	83
	TABLA XIV : Influencia de las variables T.T., P.C. y P. sobre la Tasa de Defor- mación Puntual de Amalgamas Alea- ción Base Luxalloy, Luna Atomic y Ventura 67	85
7.	Estereología	86
7.1.	Análisis micrográfico cualitativo	86
7.2.	Análisis microestructural cuantitativo	86
	Fig. 1 - Amalgama aleación base Luxalloy: Microestructuras electrónicas de barrido.	
	Fig. 2 - Amalgama aleación base Luna Atomic: Microestructuras electrónicas de barrido.	
	Fig. 3 - Amalgama aleación base Ventura 67: Microestructura electrónica de barrido.	
	Parámetros estereológicos	
	TABLA I : Amalgamas Aleación Base Luxalloy	87
	TABLE II : Amalgamas Aleación Base Luna Atomic	87

CAPITULO IX - RELACIONES

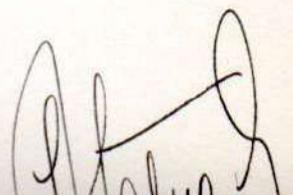
1.	Relaciones Dureza Vickers-Indice de Meyer	90
	Amalgama Aleación Base luxalloy	
	TABLA I - $HV_{10} = f(n)$	92
	TABLA II - $HV_{50} = f(n)$	92
	TABLA III - $HV_{100} = f(n)$	92
	Amalgama Aleación Base Luna Atomic	
	TABLA IV - $HV_{10} = f(n)$	93
	TABLA V - $HV_{50} = f(n)$	93
	TABLA VI - $HV_{100} = f(n)$	93
	Amalgama Aleación Base Ventura 67	
	TABLA VII - $HV_{10} = f(n)$	94
	TABLA VIII - $HV_{50} = f(n)$	94
	TABLA IX - $HV_{100} = f(n)$	94
	Amalgama Aleación Base Luxalloy	
	TABLA X - $HV_{10} = f(n)$	95
	TABLA XI - $HV_{50} = f(n)$	96
	TABLA XII - $HV_{100} = f(n)$	97
	Amalgama Aleación Base Luna Atomic	
	TABLA XIII - $HV_{10} = f(n)$	98
	TABLA XIV - $HV_{50} = f(n)$	99
	TABLA XV - $HV_{100} = f(n)$	100
	Amalgama Aleación Base Ventura 67	
	TABLA XVI - $HV_{10} = f(n)$	101
	TABLA XVII - $HV_{50} = f(n)$	102
	TABLA XVIII - $HV_{100} = f(n)$	103
2.	Relaciones Dureza-Estructura	104
	Amalgama Aleación Base luxalloy	
	TABLA I : $HV = f(N_V) \gamma + Ag-Cu$	
	$HV = f(S_V) \gamma + Ag-Cu$	
	$HV = f(V_V) \gamma + Ag-Cu$	
	$HV = f(V_V) \gamma_1$	105
	Amalgama Aleación Base Luna Atomic	
	TABLA II : $HV = f(N_V) \gamma + \gamma_2$	
	$HV = f(S_V) \gamma + \gamma_2$	
	$HV = f(V_V) \gamma + \gamma_2$	
	$HV = f(V_V) \gamma_1$	106

3.	Relaciones Índice de Meyer-Estructura	107
	Amalgama Aleación Base Luxalloy	
	TABLA I : $n = f(N_V)\gamma + \text{Ag-Cu}$	
	$n = f(S_V)\gamma + \text{Ag-Cu}$	
	$n = f(V_V)\gamma$	
	$n = f(V_V)\gamma^1 + \text{Ag-Cu}$	108
	Amalgama Aleación Base Luna Atomic	
	TABLA II : $n = f(N_V)\gamma + \gamma_2$	
	$n = f(S_V)\gamma + \gamma_2$	
	$n = f(V_V)\gamma$	
	$n = f(V_V)\gamma^1 + \gamma_2$	109

CAPITULO X - CONCLUSIONES

1.	Índice de Meyer	110
2.	Recta de Dureza	111
3.	Dureza Vickers - Presión de Condensación	111
4.	Constante C de la ley de Meyer	112
5.	Anisotropía de dureza Vickers	112
6.	Tasa de Deformación Puntual	112
7.	Estereología	112
	RELACIONES	113

INTRODUCCION

A handwritten signature in black ink, located in the bottom right corner of the page. The signature is stylized and appears to be a name, possibly starting with a large 'A' or 'B'.

INTRODUCCION

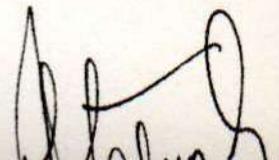
Los estudios llevados a cabo sobre Materiales Metálicos de uso odontológico en el período 1912-1971 han puesto en evidencia un permanente interés por las AMALGAMAS (1,2). Tal interés se ha traducido por el elevado porcentaje de trabajos científicos destinados a dichos materiales (\approx 50%) y realizados en el ámbito internacional en el período 1967-1971.

El desarrollo posterior de nuevas aleaciones bases, en particular de las fases dispersas y de alto contenido de cobre, polarizaron la realización de investigaciones tendientes al logro de materiales aptos para la producción de amalgamas con mejores propiedades clínicas (3a15).

Por nuestra parte, los trabajos iniciados a partir de 1975 sobre amalgamas empleando análisis Meyer, recta y anisotropía de dureza, rol de la carga aplicada y análisis de las determinaciones Vickers, permitieron revelar la fecundidad de estas metodologías (16,17). También se pudo constatar que la dureza en las amalgamas, consideradas éstas como materiales metálicos polifásicos, depende no solo de la presencia de fases endurecedoras, sino también de su concentración, morfología, tamaño y distribución.

Sin embargo, la evaluación simultaneamente de la microdureza expresada básicamente mediante índice de Meyer y Recta de Dureza y el Análisis Microestructural Cuantitativo -como metodología de investigación- no fue tratada aún.

Por lo tanto, objeto del presente trabajo ha sido realizar sobre tres tipos de amalgamas, análisis esclero-



métrico y estereológico a fin de vincular durezas con estructuras. Esta circunstancia ha permitido incorporar en el método científico nuevas ideas para el tratamiento de nuevos y viejos problemas.

La aplicación de dicho criterio ha respondido a la necesidad de resolver concretamente los siguientes aspectos:

- dificultad de extrapolar las leyes de dureza establecidas para cargas de varios kilogramos a la de algunos gramos;
- incidencia sobre el valor de las determinaciones esclerométricas de variables experimentales tales como:
 - composición química y morfología de las partículas de aleaciones bases utilizadas;
 - proporción aleación-mercurio;
 - tiempo de trituración;
 - presión de condensación;
 - tipo de penetrador (diamante Vickers);
 - cargas aplicadas en las determinaciones esclerométricas Vickers;
- caracterizar cuantitativamente la heterogeneidad estructural de las amalgamas como materiales polifásicos.

Para obtener una respuesta a los aspectos citados fué necesario emplear los siguientes métodos analítico-experimentales:

- análisis morfológico y de distribución de tamaño de las partículas utilizadas, tiempos de trituración, presiones de condensación y cargas aplica-

das con el penetrador Vickers a fin de determinar los valores de las diagonales de las improntas producidas sobre secciones pulidas de probetas de amalgamas;

- evaluación analítica de las determinaciones esclerométricas -minimizando la incidencia de la variable 'carga aplicada'- mediante la 'recta e índice de Meyer' y la 'recta de dureza';
- determinación de la constante C de la ley de Meyer y la anisotropía de dureza A_{HV} ;
- análisis estereológico para definir cuantitativamente las microestructuras en función de la morfología, concentración, dimensión y distribución espacial de las fases presentes en cada amalgama.

En el presente trabajo se consideran sucesivamente:

Capítulo I ha sido destinado al Análisis Esclerométrico exponiendo los antecedentes y objetivos de los métodos empleados para determinar la dureza macroscópica y la microdureza. Se mencionan las razones que limitan la vigencia de la ley de Kick y la necesidad de su remplazo por la ley de Meyer. Se detalla la Técnica empleada para determinar la dureza.

Las aleaciones bases utilizadas en la elaboración de las amalgamas son consideradas en el Capítulo II, resumiéndose los criterios tomados en cuenta para su elección con especial referencia de la caracterización morfológica y dimensional de las partículas metálicas de dichas aleaciones.



En el Capítulo III se detallan sucesivamente: técnica de preparación de amalgamas, variables experimentales, preparación de probetas, condiciones de pulido, soluciones de ataque-lavado y documentación de estructuras mediante microscopía electrónica de barrido.

La constante C de la ley de Meyer, analizada en el Capítulo IV, constituye una fuente de información suplementaria para determinar la incidencia que pueden ejercer las variables experimentales.

La determinación cuantitativa de anisotropía de dureza Vickers, equivalente a la desviación standard del cociente entre los diversos valores de dureza Vickers y el valor promedio de la misma para cada carga es tratado en el Capítulo V.

La tasa de deformación puntual, que origina toda determinación de dureza Vickers, ha sido establecida en función de la profundidad de la impresión. El Capítulo VI resume antecedentes, objetivo y metodología aplicada.

El Capítulo VII contiene antecedentes sobre estereología -considerada como método de análisis microestructural cuantitativo- incluyéndose: fundamentos del método propiamente dicho, nominación de símbolos, relaciones utilizadas y criterios aplicados sea para el análisis lineal como para el contaje por puntos.

Los resultados obtenidos han sido expuestos en el Capítulo VIII en el siguiente orden:

- Análisis del índice de Meyer
- Análisis de la recta de dureza
- Análisis de la microdureza Vickers en función de la presión de condensación

- Constante C de la ley de Meyer
- Anisotropía de dureza Vickers
- Tasa de deformación puntual
- Análisis microestructural cuantitativo.

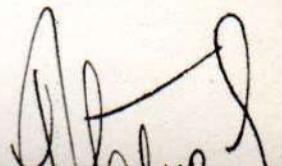
A partir de los resultados experimentales se han determinado, mediante regresión lineal, las tendencias que vinculan las siguientes propiedades:

- Dureza Vickers-Índice de Meyer
- Dureza Vickers-Estructura
- Índice de Meyer-Estructura

Las relaciones establecidas, si bien en principios simples, deben ser consideradas con prudencia.

La tentativa de respuesta propuesta, para vincular dureza con estructura, abre un interesante horizonte tanto para el análisis de las propiedades de las amalgamas en función de parámetros estereológicos, como para intentar definir -a priori- nuevas estructuras.

El Capítulo X contiene las conclusiones generales.



CAPITULO I
ANALISIS ESCLEROMETRICO

[Handwritten signature]

1. Antecedentes

La dureza ha sido definida como "La propiedad que posee un material para rayar a otro material, sin ser rayado por aquél" (18).

También se designa a la resistencia que opone un material a un penetrador indeformable. Esta propiedad que depende del penetrador, del modo de penetración y de las características estructurales del material en examen 'no es reconocida como fundamental por los físicos'. Sin embargo proporciona una indicación valiosa sobre la calidad de los materiales sean de origen natural o tecnológico.

De manera general, al evaluar la dureza se miden un número de variables, sin que por ello se pueda efectuar una descripción cuantitativa de las mismas.

La realización de un estudio esclerométrico no constituye por lo tanto la definición de una sola propiedad sino mas bien la resultante de un gran número de variables.

2. Objetivos de los Métodos Esclerométricos

2.1. Dureza macroscópica

La determinación de la dureza por el método Vickers se realiza mediante el empleo de un penetrador constituido por una pirámide de diamante de base cuadrada cuyo ángulo en la punta es de 136° entre las superficies (25) permitiendo obtener impresiones que se miden ópticamente.

La dureza se expresa mediante la relación:

$$\frac{\text{Fuerza ejercida sobre el penetrador}}{\text{Superficie de la impresión}} \quad \text{kg.mm}^{-2}$$

Si d es la diagonal de impresión, la superficie de ésta será:

$$\frac{d^2}{2 \operatorname{sen} \frac{136^\circ}{2}} = \frac{d^2}{1.8544} \quad /1/$$

y la dureza correspondiente

$$H = 1.8544 = \frac{P}{d^2} \quad /2/$$

siendo P la fuerza ejercida.

La ley de Kick establece la proporcionalidad de la fuerza P con el cuadrado de la diagonal de la impresión (20), expresándose:

$$P = c \cdot d^2 \quad /3/$$

donde c es una constante que depende del material estudiado y del penetrador. Se establece por lo tanto que la (H) es igual a:

$$H = 1,8544 c \quad \text{kg.mm}^{-2} \quad /4/$$

es decir que la dureza resulta independiente de la carga aplicada (18).

2.2. Microdureza

La transposición de los principios de la dureza macroscópica a la escala micrográfica de partes extremadamente pequeñas, que solamente midan algunos micrones, se

define como microdureza ⁽²⁰⁾ (*). Su empleo permite no solamente determinar las durezas relativas de cada una de las fases de las amalgamas o aleaciones, sino aportar datos sobre la heterogeneidad estructural, considerada ésta como característica fundamental de dichos materiales. La determinación se efectúa empleando la misma punta de diamante piramidal bajo carga comprendida entre 5 y 100 gramos. Dichas cargas permiten producir impresiones cuyas diagonales están comprendidas entre 1 y 50 micrómetros ⁽²⁰⁾.

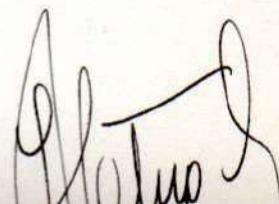
La microdureza (μH) se puede expresar, realizando las transformaciones de unidades necesarias, mediante una relación análoga a la dureza ⁽²⁰⁾.

$$\mu H = 1\,854,4 \frac{Pg}{\text{micrómetros}} \text{ kg.mm}^{-2} \quad /5/$$

A esta escala, la ley de Kick no es válida pues la microdureza depende de la carga aplicada. Esta diferencia fundamental entre macrodureza y microdureza hace que sea imposible caracterizar en un material homogéneo la microdureza mediante un valor único.

Paralelamente, ello exige al hablar de microdureza referir "obligatoriamente" la carga que se empleó para cada medida o que se indique su equivalente, es decir, el valor de la diagonal de la impresión.

(*) El concepto de microdureza expuesta no es compartida por todos los investigadores al no existir una definición cuantitativa del término. Los valores de cargas propuestos como límites para la micro y macrodureza ⁽²¹⁾ son arbitrarios por carecer de un fundamento lógico-matemático válido ⁽²²⁾.



Las razones antes expuestas indujeron a Schultz y Hanemann a caracterizar la microdureza de un material mediante tres valores correspondientes a las improntas de 5, 10 y 20 μm -medidas de la diagonal- (20,23); sin embargo los tres valores mencionados, son diferentes.

2.3. Ley de Meyer (en microdureza)

Los trabajos de H. Hanemann (20,24) han demostrado que la ley de Kick no es válida a la escala de microdureza proponiendo por ello reemplazarla por una ley experimental de la forma.

$$P = C d^n \quad /6/$$

donde:

n: índice de Meyer es una constante que no depende del valor a medir.

P: es la carga en gramos.

d: la medida en micrones de la impresión.

C: constante que tiene el mismo significado que el coeficiente c de la ley de Kick.

Esta ley es conocida con el nombre de LEY DE MEYER.

Relacionando las igualdades /5/ y /6/ es posible expresar la microdureza bajo la forma:

$$\mu H = 1854,4 \frac{P}{d^2} = 1854,4 C \frac{d^n}{d^2}$$

$$\mu H = 1854,4 C d^{n-2} \text{ kg.mm}^{-2} \quad /7/$$

En el caso que $n = 2$ la ecuación /6/ conduce a la ley de Kick y la microdureza, ecuación /7/, es independiente de la carga.

Generalmente n puede variar, según los materiales que se examinan, entre $2 < n < 2$.

En el caso de materiales duros n resulta < 2 , disminuyendo su valor para sustancias más duras; recíprocamente, cuando el material es blando (por ej. plomo) n se aproxima a $2 / (Pb: n = 1,97) / (20)$.

Si se utilizan coordenadas doble logarítmicas es posible traducir la relación entre la carga aplicada y la medida de la diagonal de impresión mediante una recta denominada recta de Meyer; la pendiente de dicha recta es igual a n ($tg \alpha = n$).

3. Técnica empleada para determinar la dureza

3.1. Equipo utilizado

Los ensayos de dureza se realizaron mediante el nuevo pequeño escleroscópico DURIMET ⁽²⁵⁾ provisto de un diamante para las pruebas de dureza Vickers.

La elección del Durimet se fundamentó en las ventajas que el mismo ofrece a saber:

- gran exactitud de acierto;
- compensación del empuje del cuerpo de penetración basada en la colocación de un modo elástico permitiendo desviar el empuje ⁽²⁶⁾;
- posibilidad de realizar determinaciones bajo presiones de ensayo de 5 y 10 p(*);
- marcha del dispositivo de penetración exenta de sacudidas;
- / - aumentos variables;
- ocular fino de medición con lectura interior.

(*) p : pound

3.2. Procedimientos

Para evaluar la dureza de las probetas se aplicó el siguiente procedimiento:

- realizar igual cantidad de impresiones en cada probeta y para cada carga aplicada (\times);
- tabulación de los valores experimentales obtenidos en función de las cargas aplicadas;
- cálculo de la microdureza mediante la relación /5/ para cada valor de la carga o de la diagonal de impresión;
- determinación por regresión de la pendiente de la recta de Meyer y de la recta de dureza en cada muestra examinada;
- proyección sobre coordenadas cartesianas doble logarítmicas de los valores obtenidos por regresión.

Las durezas establecidas por el procedimiento descrito pudieron ser expresadas de las siguientes formas:

- por el gráfico en sí mismo;
- en función de los tres valores de dureza Vickers según las cargas aplicadas;
- mediante la dimensión de las diagonales de las improntas;
- utilizando el índice de Meyer y la recta de dureza;
- evaluación cuantitativa de la anisotropía de dureza y tasa de deformación puntual;
- / - constante C de la ley de Meyer.

3.3. Técnica experimental

Las impresiones Vickers se realizaron sobre super-

(\times) 10 impresiones por c/ carga en c/ probeta (total: 30 impresiones p/ probeta).

ficies pulidas (secciones de probetas: v/ técnica de la preparación de probetas: p.24) observándose las siguientes condiciones:

- cargas aplicadas: 10, 50 y 100 g;
- temperatura de realización de impresión Vickers: $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$;
- velocidad de aplicación de la carga: 10 s;
- tiempo de permanencia del penetrador bajo carga: 20 s;
- lectura de las diagonales de la impresión Vickers;
- tabulación de los valores de las diagonales en función de la carga aplicada.

3.4. Computación de los valores experimentales

Los datos obtenidos en función de las variables:

- aleación base;
- tiempo de trituración;
- presión de condensación;
- carga aplicada;

fueron computados mediante un equipo I.B.M. 1130 (27).

Nómina de los datos evaluados

- diagonales de impronta: \bar{d}_1 , \bar{d}_2 y \bar{d}
- varianza residual (σ_{ϵ}^2);
- errores: probable (ϵ_{dp}), medio (ϵ_{dm}), medio cuadrático ($\epsilon_{d\bar{m}}$), sistemático de medición ($\epsilon\%$).
- durezas Vickers
- valores medios: \overline{HV}_1 , \overline{HV}_2 y \overline{HV} ;
- varianza (s), desviación estándar (σ) y coeficiente de dispersión (Cd).
- errores: probable (ϵ_{HVp}), medio (ϵ_{HVm}) y medio cuadrático ($\epsilon_{HV\bar{m}}$).

- índice de Meyer (P en función de las diagonales de las impresiones Vickers): $n_1, n_2, n_{(1-2)}$ y $n_{(1-2-3)}$;
- ángulos formados por recta de Meyer y abcisas:
 $\hat{\alpha}_{(1-2)}$ y $\hat{\alpha}_{(1-2-3)}$;
- recta de dureza (HV en función de las diagonales de las impresiones Vickers): $m_1, m_2, m_{(1-2)}$ y $m_{(1-2-3)}$;
- ángulos formados por recta de dureza y abcisas:
 $\hat{\beta}_{(1-2)}$ y $\hat{\beta}_{(1-2-3)}$;
- anisotropía de dureza expresada como coeficiente de anisotropía de dureza A(HV).
- tasa de deformación puntual (Dp%);
- constante C de la ley de Meyer.

CAPITULO II
ALEACIONES BASES

A handwritten signature in black ink, located in the bottom right corner of the page. The signature is stylized and appears to consist of several connected loops and lines.

ALEACIONES BASES

1. Criterios de Selección

La elección de las aleaciones bases para la preparación de tres tipos de probetas de amalgamas se ha fundamentado en los siguientes factores:

- composición química (con y sin fase gamma II);
- morfología, dimensión y propiedades físicas de las partículas convencionales, esféricas y de fases dispersas (figs. 1a-b, 2a-b y 3a-b),
- distribución de tamaño de las partículas y su incidencia en la resistencia inicial a la compresión;
- topografía de las superficie de las partículas;
- proporción de Hg para la amalgamación de un gramo de aleación;
- importancia del tiempo de trituración;
- relación entre el tiempo de la mezcla y la estabilidad dimensional;
- presión de condensación;
- variaciones dimensionales durante la cristalización según especificaciones de la A.D.A y F.D.I;
- importancia de la adaptación marginal durante la condensación;
- posibilidades de tallado inmediato después de la condensación;
- comportamiento clínico de las aleaciones de alto y normal contenido de Cu;
- estabilidad de morfología;
- resistencia a la corrosión;
- importancia de la técnica de pulido.

La denominación y procedencia de las aleaciones bases empleadas en el presente trabajo se citan en Tabla I

TABLA I - Aleaciones Bases

Denominación	Procedencia
LUXALLOY	LIECHTENSTEIN
LUNA ATOMIC	JAPON
VENTURA 67	NACIONAL

La Tabla II resume la composición química de dichas aleaciones.

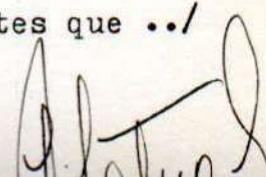
TABLA II - Composición química

Aleación Base	Componentes en %			
	Ag	Sn	Cu	Zn
LUXALLOY (⌘)	69,70	18,50	11,80	leves vestigios
LUNA ATOMIC (⌘)	69,60	27,28	3,12	leves vestigios
(⌘)	67,30	28,48	3,44	0,78
VENTURA 67 (⌘⌘)	67,6	27,7	3,9	0,8

(⌘) Valores suministrados por el Centro de Investigación de Materiales-Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales- Universidad Nacional de Córdoba.

(⌘⌘) Comunicación del fabricante (28).

2. Características técnicas de las aleaciones

TABLA III resume las principales características físico mecánicas suministradas por los fabricantes que ../


/.. definen a las aleaciones bases utilizadas (29 a 41).

TABLA III - Propiedades físico-mecánicas de aleaciones bases

Datos Técnicos	Luxalloy	Luna Atomic	Ventura 67
Resistencia a la presión después de 1 hora	110-150 N/mm ²	1500 kg.cm ⁻²	120 MPa
después de 24 horas	430-490 N/mm ²	4000 kg.cm ⁻²	380 MPa
Flow en %	0,4-0,8	—	0,9
Creep en %	0,3-0,8	—	0,60
Expansión en um/cm después de 24 horas	6-12	—	3
Relación Al/Hg (en peso)	—	1 : 0,86	—
Tamaño de las partículas	—	10 a 37 μm	—

3. Características de los polvos de aleación para amalgama

Consisten esencialmente en una fase intermetálica Ag₃Sn (gamma) que después de la trituración con el mercurio reacciona según la siguiente relación:

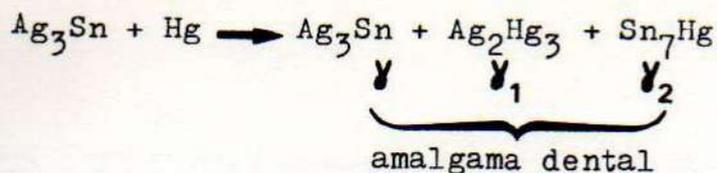


TABLA IV - Fases intermetálicas en amalgamas

Fases		Resistencia a la compresión ⁽³²⁾ MPa (ж)	Dureza Vickers (33,34)
Designación	Composición		
γ	Ag_3Sn	500	250-270
γ_1	Ag_2Hg_3	180	120
γ_2	Sn_7Hg	70	15
η (жж)	Cu_6Sn_5 (жж)	600	-

(ж) 1 MPa = 10 kg.cm⁻²

(жж) (10,11)

4. Tipos de aleación

4.1. Luxalloy non gamma II (figs. 1 a-b)

El objeto de la adición de componentes esferoidales compuestos de una solución eutéctica de plata-cobre (Ag-72%, Cu 28%)⁽³⁵⁾ a partículas de aleación común de plata estaño, de corte convencional, ha tenido por finalidad evitar que se produzca la fase gamma II siendo reemplazada la misma por Cu_6Sn_5 o Cu_3Sn mecánicamente más fuerte ^(32,36) y químicamente más estable (29).

Partículas de Aleación Base Luxalloy



Fig. 1a - Micrografía electrónica de barrido 150 X
(54)

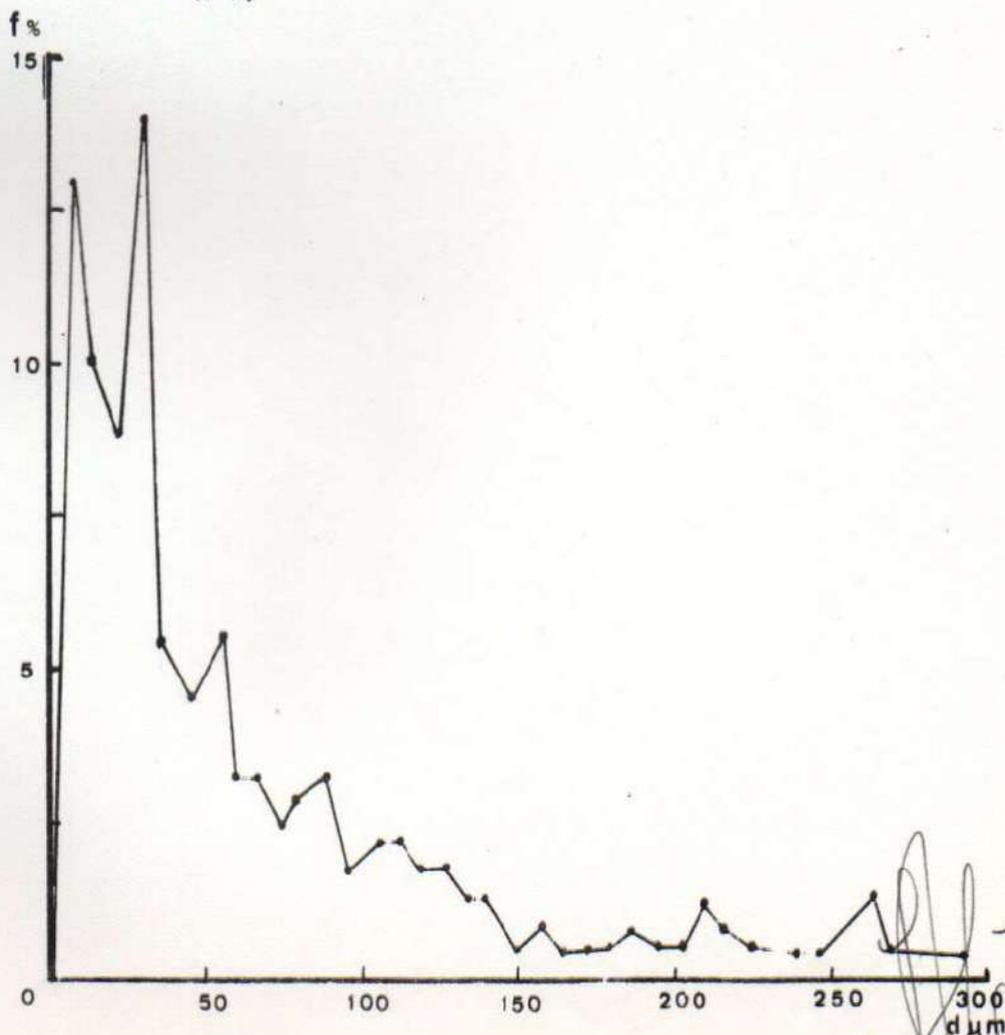


Fig. 1b - Frecuencia de distribución de tamaño (54)

[Firma manuscrita]

Esta aleación se caracteriza por valores reducidos de Flow y Creep lo que evidencia un buen comportamiento clínico. Las razones técnicas de la inclusión de las partículas esferoidales (Ag-Cu) han sido las siguientes:

- minimizar la deformación que produce la masticación (fase gamma II muy sensible a la presión);
- reducir la expansión al 50% comparado con las aleaciones comunes (37);
- poseer resistencia a la compresión cuatro veces mayor que la fijada por la A.D.A y F.D.I. (29);
- prolongar la vida útil de la amalgama al eliminar la expansión cuando se oxida la fase gamma II.

4.2. Luna Atomic

4.2.1 Importancia de la morfología de las partículas esferoidales

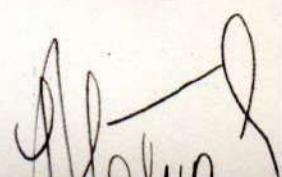
El empleo de partículas esferoidales obtenidas mediante la tecnología P/M (*) ha sido estudiada para distintos materiales metálicos por diferentes investigadores (30 y 38 a 54).

La tendencia a la segregación -resultado de una ley natural- solo puede ser evitado bajo condiciones de enfriamiento extremadamente rápidas (51). Esto es posible si se minimizan el volúmen de los lingotes a un peso $\approx 10^{-10}$ de los lingotes convencionales (46,51).

La producción de los minilingotes se logra por atomización gaseosa de la aleación a partir del estado líquido (54). (Figs. 2a-b).

Las P/M así obtenidas están caracterizadas por una composición química idéntica y una estructura .../

(*) Partículas metálicas



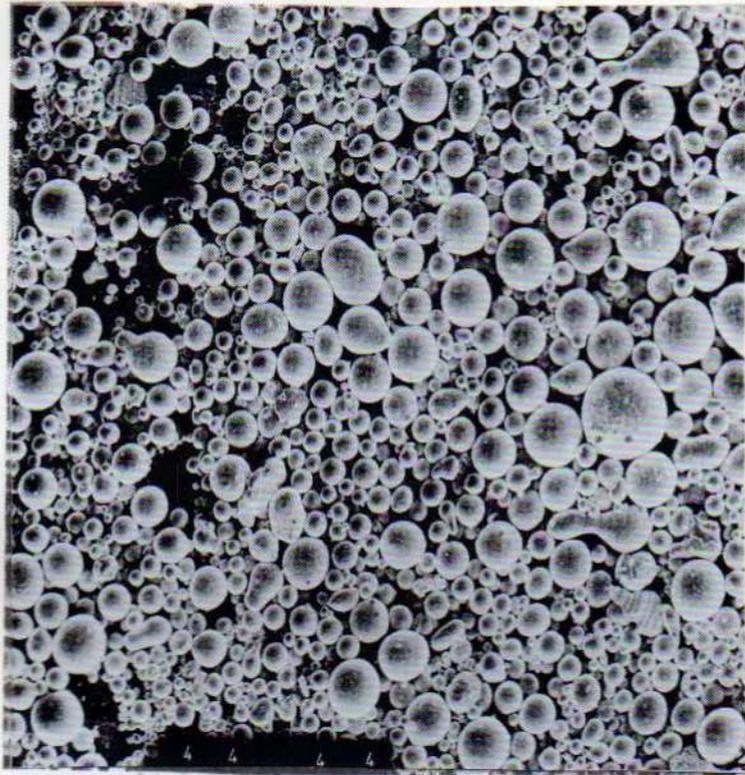


Fig. 2a - Micrografía electrónica de barrido 150 X
(54)

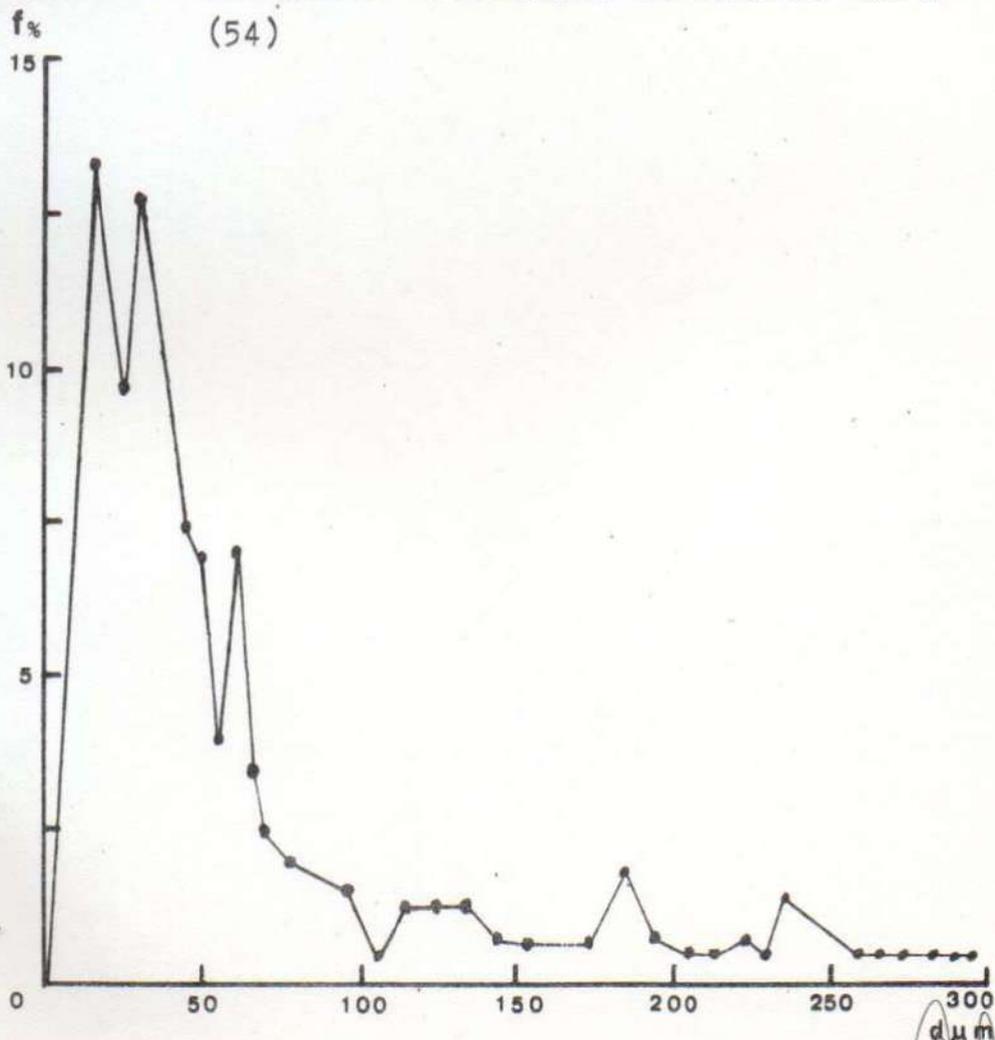


Fig. 2b - Frecuencia de distribución de tamaño (54)

[Firma manuscrita]

/... extremadamente fina (43,48,49).

En el caso de las amalgamas la utilización de partículas de aleación base de morfología esferoidal (P/M) también se ha justificado por las posibilidades de la eliminación de los fenómenos ya citados.

4.2.2. Factores que caracterizan el material base

El empleo de la aleación Luna Atomic (P/M) de grano fino, para la elaboración de amalgamas está definido por los siguientes factores:

- morfología de las partículas de aleación;
- menor superficie específica (área de superficie por unidad de volumen), la cual requiere más bajo contenido de mercurio para su amalgamación;
- distribución en el tamaño de las partículas esferoidales para obtener una amalgama de propiedades constantes ($15 \leq d \leq 37 \mu\text{m}$) (55);
- necesidad de diferente tamaño de partículas para mejorar propiedades físicas y adaptación marginal (39,40);
- la dimensión de partículas muy pequeñas y de gran tamaño permiten lograr altos valores de resistencia mecánica, menores cambios dimensionales y mayor facilidad de trabajo y manipulación (39,46);
- mayor cinética de reacción con el mercurio facilitando un endurecimiento más rápido;
- fluidez de la amalgama debido a la morfología de las partículas que ofrecen menor fricción interna y mayor plasticidad requiriendo menor presión de condensación (39);
- resistencia inicial a la compresión (inmediata a

- la condensación) resulta más elevada (a la hora: 1.500 kg.cm^{-2} ; a las 24 hs: 4.500 kg.cm^{-2}) (39);
- mejor adaptación marginal;
 - cambios dimensionales durante la cristalización;
 - ventajas para el tallado y pulido;
 - elevada resistencia a la corrosión.

4.3. Ventura 67

4.3.1. Caracterización del material

Las partículas convencionales de esta aleación presentan una morfología poliédrica irregular (cóncavo-convexa) y alargadas, consecuencia de la tecnología de producción mecánica a partir de lingotes (figs. 3a-b).

La estructura multifásica que la caracteriza es la causa de bajas propiedades tecnológicas e inferior resistencia a la corrosión. Las amalgamas que se obtienen con esta aleación resultan frágiles y con altos valores de escurrimiento cuando son sometidas a esfuerzos dinámicos o estáticos.

Poseen elevada resistencia a la compresión ($\approx 3.500 \text{ kg.cm}^{-2}$) y no así a la tracción, la cual es baja y equivalente a un quinto de aquélla (56).

La preparación de amalgamas con este tipo de aleación requiere mayor cantidad de mercurio debido a la morfología y dimensión de las partículas. La presencia de una película de óxido superficial dificulta la reacción con el mercurio.

El proceso de trituración y amalgamación de las partículas crea superficies parcialmente limpias y la reacción resulta en general incompleta (40,57).

La presencia de zinc favorece la expansión por .../



Fig. 3a - Micrografía electrónica de barrido 150 X

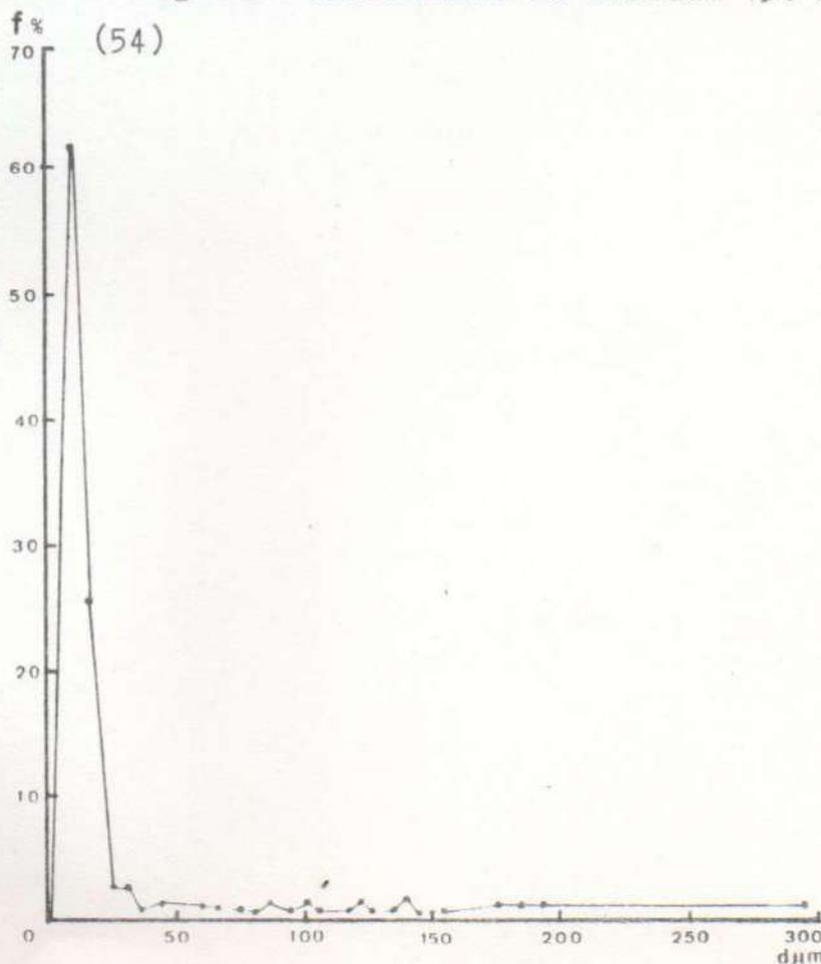


Fig. 3b - Frecuencia de distribución de tamaño (54)

/... contaminación con la humedad durante la trituración y condensación.

4.3.2. Razones de su empleo

La elección de una aleación base constituida por partículas convencionales tuvo por finalidad comparar, en particular, la incidencia que su morfología -para una composición química equivalente a las aleaciones Luxalloy y Luna Atomic- puede ejercer sobre las amalgamas con ellas obtenidas.

Alcalá

CAPITULO III
ELABORACION DE AMALGAMAS

[Handwritten signature]

1. TIEMPOS DE TRITURACION

1.1. Antecedentes

El tiempo de trituración (T.T.) es una variable importante para la elaboración de amalgamas por su efecto sobre propiedades y cambios dimensionales de la misma. Dicha variable ha sido ampliamente estudiada desde hace más de medio siglo (58 a 70). En general mientras más prolongados son los T.T. menor es la expansión y mayor la contracción de la amalgama (60,67).

La introducción de amalgamadores automáticos, si bien inicialmente resultaron desaconsejables (59), se han impuesto en el tiempo sea por la reducción de los T.T. como por su contribución para minimizar la incidencia del 'factor personal' que tanto dificultó la estandarización de la técnica de amalgamación. Las ventajas aportadas por la incorporación de los equipos mecánicos se ha traducido en la obtención de mezclas caracterizadas por las siguientes propiedades:

- mayor uniformidad;
- variaciones volumétricas mínimas;
- considerable reducción del tiempo de amalgamación (trituración manual: 1 a 3 min.⁽⁶³⁾; trituración con equipos mecánicos: 10 a 25 seg. ⁽³⁶⁾).
- eliminación de inconvenientes debido a baja y sobretrituración (58,61,65).

La determinación de adecuado T.T. tiene por finalidad:

- evitar una reducida disolución del mercurio en la aleación base, lo que favorece la cristalización

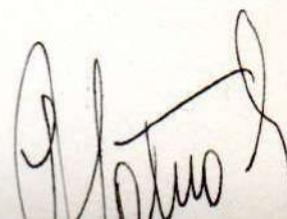
de las fases γ_1 y γ_2 ;

- incrementar el T.T. aumenta la cantidad y velocidad de difusión del mercurio en las partículas de aleación;
- prolongar el T.T. favorece una menor expansión debido a la formación de cristales γ_1 y γ_2 durante el proceso;
- acrecentar el T.T. permite la formación de una mayor cantidad de núcleos de cristalización, acelerando la velocidad de amalgamación durante la condensación;
- impedir el rompimiento de partículas de aleación base aumentando la superficie específica de las mismas;
- reducir la contracción inicial que no es recuperada en la expansión subsecuente.

En resumen: el control riguroso del T.T. -a velocidad constante- regula el cambio dimensional de la amalgama, asegurando mezcla uniforme y constante, 'principio cardinal de la técnica de elaboración' (67).

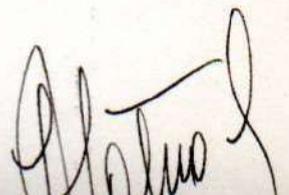
1.2. Objetivos

Determinar la incidencia que los T.T. pueden ejercer en función de la composición y morfología de las partículas de aleación base sobre la dureza Vickers (cargas de 10, 50 y 100 g), el índice de Meyer, la anisotropía y recta de dureza, la presión de condensación y los parámetros microestructurales.



1.3. Metodología

La trituración de las amalgamas se efectuó mediante un mezclador automático Silamat (71,72) observándose los siguientes T.T.: 10, 20 y 30 s. Las condiciones experimentales se detallan más adelante (v/Técnica para la preparación de probetas: p.23).

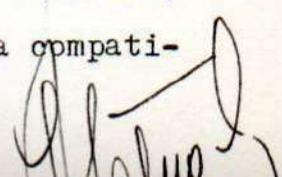
A handwritten signature in black ink, located in the bottom right corner of the page. The signature is stylized and appears to be a name followed by a surname, possibly "Alonso".

2. PRESIONES DE CONDENSACION

2.1. Antecedentes

La investigación bibliográfica sobre la importancia de la presión de condensación (P.C.) puso de manifiesto la preocupación que numerosos investigadores (74 a 86) le han asignado al tema. En general los diversos autores han tratado de conciliar los valores experimentales de P.C. obtenidos en laboratorio, con los que habitualmente se aplican en el ejercicio profesional. Una tendencia generalizada ha sido el empleo de condensadores puntiformes los cuales originan estructuras caracterizadas por la presencia de segregaciones de fases y/o inclusiones gaseosas. Las estructuras resultantes son, en general, técnica y clínicamente desfavorables debido a la inhomogeneidad tanto de dureza como de las propiedades mecánicas de las amalgamas.

En resumen los estudios experimentales han permitido establecer:

- la P.C. función de la superficie de la punta condensadora es inversamente proporsional al cuadrado del diámetro de dicha punta⁽⁸⁶⁾;
 - la eficiencia de la condensación es función de la presión;
 - la P.C. debe ser considerada como una continuación de la trituración⁽⁷⁷⁾;
 - Sin embargo en los trabajos examinados no se ha considerado, en cambio, la importancia que sobre la dureza Vickers, puede tener el empleo de una P.C. uniforme, utilizando un condensador de dimensión y forma compatible con la sección de las probetas.
- 

2.2. Objetivos

Una de las finalidades del presente estudio ha sido aplicar una metodología de elaboración mecánica capaz de permitir trabajar en condiciones aptas para lograr los siguientes fines:

- obtener una P.C. uniforme;
- reducir la porosidad \leq 0.1%;
- establecer la incidencia que la P.C. puede ejercer sobre la dureza de la amalgama cristalizada, en función de la carga aplicada sobre el penetrador Vickers, la composición de la aleación base y los tiempos de trituración mecánica;
- examinar la incidencia que la morfología y distribución de tamaño de las partículas de aleación base ejercen sobre la magnitud de la P.C. en la elaboración de probetas de amalgamas.

2.3. Metodología

La obtención de condiciones experimentales reproducibles en la elaboración de las probetas de amalgamas fué posible mediante el empleo de un dispositivo mecánico (v/Preparación de probetas: p.23).

La técnica utilizada ha sido establecida teniendo en cuenta los siguientes factores:

- la forma de la punta condensadora (adaptada a la sección de la probeta);
- la dimensión del condensador del mayor tamaño posible (\emptyset 6mm) compatible con la geometría y sección del molde patrón para la obtención de las probetas;

- las cargas aplicadas sobre el condensador y la P. C. correspondiente se resumen en la Tabla I;
- el máximo valor de presión unitaria equivalente a los mínimos utilizados clínicamente sobre condensadores de \varnothing 2 mm;
- los valores de la P.C. empleados fueron establecidos teniendo en cuenta tanto la incidencia que los mismos pudieran ejercer sobre la dureza de la amalgama cristalizada, como su representatividad del valor real en la cavidad bucal.

TABLA I - Relación entre cargas aplicadas sobre condensador de \varnothing 6 mm y la P.C. unitaria

Carga aplicada kg (*)	P.C. kg.cm ⁻²
0.212	0.76
0.425	1.52
0.845	3.02
1.695	6.05

(*) Las magnitudes de las cargas aplicadas fueron establecidas en progresión geométrica.

3. TECNICA PARA LA PREPARACION DE PROBETAS

La obtención de probetas de amalgamas se efectuó aplicando la técnica de TAMES, que establece una relación aleación/mercurio 1:1 (72,87).

3.1. Operaciones realizadas

3.1.1. Trituración mecánica

- recipiente: cápsula de plástico sin pistilo;
- equipo: vibrador Silamat (71 a73);
- distancia de desplazamiento de la cápsula: 22 mm;
- frecuencia de vibraciones: 4.500 rpm \pm 4,5% (72);
- tiempos de trituración: 10, 20, 30 s.

3.1.2. Colada de las probetas

- molde patrón de acrílico: cilindro de 6.0 \pm 0.1 mm de altura;
- temperatura de vaciado de las amalgamas: 25 C.

3.1.3. Condensación de las amalgamas

- equipo empleado: condensador de 6.0 \pm 0.1 mm de diámetro montado sobre dispositivo mecánico apto para reproducir iguales condiciones experimentales en la elaboración de las probetas;
- cargas aplicadas: 0.212 kg.cm⁻²
 - 0.425 " "
 - 0.845 " "
 - 1.685 " "
- condiciones de condensación: presión estática aplicada tres veces consecutivas por cada porción de amalgama, permaneciendo bajo carga durante 15 s.

3.1.4. Envejecimiento de las amalgamas en molde patrón

- temperatura: 37 C (※) en estufa a aire seco;
- tiempo de tratamiento: 7 días.

3.1.5. Pulido mecánico de las probetas

- secciones normales al eje generatriz;
- papel esmeril al agua de granulometría decreciente;
- sobre discos con suspensión de alúmina (0,6 μm);
- acabado a 50 rpm con pasta de diamante de (0,2 μm);
- lavado con agua, alcohol etílico y éter sulfúrico.

Las probetas así obtenidas fueron conservadas durante 10 días en desecador a temperatura ambiente, realizándose posteriormente las determinaciones de dureza Vickers.

(※) La temperatura de envejecimiento equivalente a la clínica.

4. DOCUMENTACION MICROGRAFICA DE LAS FASES DE LAS AMALGAMAS

El estudio de las microestructuras de las amalgamas en examen se realizó, sobre secciones normales al eje generatriz de las probetas, del siguiente modo:

- Ataque químico: mediante el empleo de las siguientes soluciones y tiempos de inmersión:

Soluciones (81)	Composición (81)	Tiempo de inmersión (s)
A (ж)	4 g $K_2Cr_2O_7$ 1 g KI 100 ml H_2O	15
B (ж)	4 g I 96 ml alcohol etílico	5
C (жж)	10 g $Na_2S_2O_3 \cdot 5 H_2O$ 100 ml H_2O	15

(ж) Soluciones de ataque

(жж) Soluciones de lavado

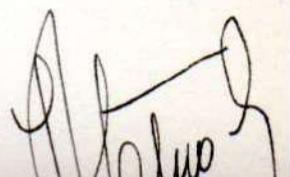
Finalmente las probetas fueron lavadas con agua destilada, alcohol y eter etílico sucesivamente y secadas al aire calmo.

- Documentación Microestructural: las microestructuras fueron observadas y documentadas mediante un microscopio electrónico de barrido (‡).

(‡) CONICET - Servicio de Microscopía Electrónica de barrido.

CAPITULO IV

CONSTANTE (C) DE LA LEY DE MEYER



1. Antecedentes

Se admite en general que el valor de la macro-dureza Vickers no depende de la carga aplicada ⁽²⁴⁾ (v/Cap. I).

La ley de Kick establece la proporcionalidad de la fuerza ejercida con el cuadrado de la diagonal de la impresión. Dicha ley se expresa mediante la relación:

$$P = C \cdot d^2 \quad /1/$$

donde P : carga aplicada

d : diagonal de impresión

C : constante que depende del material estudiado y del penetrador.

Introduciendo la fórmula de la dureza Vickers:

$$HV = \frac{2 \cos 22^\circ \cdot P}{d^2} \quad /2/$$

en la relación /1/ se encuentra para la dureza HV un valor independiente de la carga aplicada:

$$HV = 2 \cos 22^\circ \cdot C = C' = \text{constante} \quad /3/$$

$$HV = 1,8544 \cdot C \text{ en kg/cm}^{-2} \quad /4/$$

Un anterior trabajo permitió establecer la incidencia que pueden ejercer cargas muy pequeñas, del orden de 10 a 100 gramos, sobre probetas de amalgamas aplicando el penetrador Vickers. Las diagonales de las impresiones producidas alcanzaron valores comprendidos entre $10 \mu\text{m} \leq d \leq 50 \mu\text{m}$ (16).

También es necesario recordar que en la escala de cargas ($10 \leq P \leq 100 \text{ g}$) la ley de Kick no es válida y la

micro-dureza, por depender de la carga aplicada, no es factible caracterizarla por un solo valor, sea en el caso de materiales homogéneos o heterogéneos como las amalgamas (17).

La propuesta de HANEMANN (23) de reemplazar la ley de Kick para la micro-dureza por una ley experimental de la forma:

$$P = C \cdot d^n \quad /5/$$

conocida como ley de Meyer (v/Cap. I)

donde P : carga en gramos

C : constante de Meyer (⌘)

d : diagonal de impresión

n : índice de Meyer

indujo a verificar en el caso de tres amalgamas las incidencias que, para un mismo penetrador podrían ejercer los siguientes parámetros:

- material empleado;
- tiempo de trituración;
- presión de condensación;
- carga aplicada;
- índice de Meyer;

sobre el valor de la constante C de la ley de Meyer.

Dicho valor equivale al de "dureza unitaria" y puede ser determinado mediante la siguiente relación:

(⌘) C : tiene el mismo significado que el coeficiente c de la ley de Kick.

$$h = C = \frac{P}{d^n} \quad /6/$$

siendo la magnitud de esta dureza variable con n (19).

2. Determinaciones de C

El análisis de la dureza mediante el empleo de la ley de potencia de Meyer:

$$P = C \cdot d^n \quad /7/$$

presupone que C y n deben ser constantes características de cada material. Sin embargo siendo $n \geq 2$ implica que C podrá también asumir diferentes valores (ж).

Las determinaciones de los valores de C se realizaron para $n_{(1,2,3)}$ (жж) teniendo en cuenta las siguientes variables:

- aleación base;
- carga aplicada para la determinación de la impresión Vickers;
- presión de condensación;
- tiempo de trituración.

También se estimaron los siguientes errores:

- cuadrático medio;
- medio del promedio;
- medio porcentual del promedio;
- standard.

(ж) Cuando $n = 2,0$ se obtiene la ecuación teórica de la microdureza.

(жж) n : $tg \infty$ determinada para $P_{(10-50-100 \text{ g})}$.

CAPITULO V
ANISOTROPIA DE DUREZA

Alonso

1. Antecedentes

La evaluación cuantitativa de la anisotropía plástica de un metal puede ser examinada por medio de la dureza a la penetración. Los trabajos realizados por diversos autores (88,89) sobre monocristales y policristales de aluminio, cobre y níquel han permitido justificar dicha evaluación.

La expresión cuantitativa de la anisotropía de dureza A_H propuesta por Truszkowcki y Grysiecki para la dureza Knoop (89) equivale a la desviación estandard del cociente H_{K_i}/H_m la cual puede expresarse mediante la siguiente relación:

$$A_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{H_{K_i}}{H_m} - 1 \right)^2}{n - 1}} \quad //1/$$

donde H_{K_i} : designa los diversos valores de dureza Knoop

H_m : valor promedio de dureza Knoop

La existencia de una analogía estricta entre anisotropía de alargamiento y anisotropía de dureza ha resultado de vincular las siguientes variables (89):

- dureza a la penetración como función de las características del metal, establecidas mediante ensayos de tracción;
- límite de elasticidad;
- coeficiente de deformación a la temperatura

ambiente ligado directamente al alargamiento uniforme.

Los antecedentes citados y los resultados obtenidos en un trabajo anterior sobre anisotropía de dureza Knoop en amalgamas (16) permitieron establecer elevados valores para la anisotropía de dureza atribuibles, en principio, a la presencia de estructuras polifásicas de dimensión, distribución y morfología heterogéneas.

2. Objetivos

La determinación cuantitativa de la anisotropía a partir de los ensayos de dureza Vickers ha tenido por finalidad constatar:

- el alcance de la expresión cuantitativa /1/ para el caso de la dureza Vickers;
- la verificación de la hipótesis propuesta por Truszkowzki y Gryziecki para la dureza Knoop.

Simultáneamente se podrá establecer si existe relación entre los valores de anisotropía de dureza Vickers de las amalgamas en función de las siguientes variables:

- composición de la aleación base;
- tiempo de trituración;
- presión de condensación;
- cargas aplicadas (10-50 y 100 g) sobre el penetrador Vickers.

3. Metodología

La determinación de la anisotropía de dureza Vickers de las amalgamas fué establecidas a partir de los valores obtenidos en cada probeta, mediante la relación:

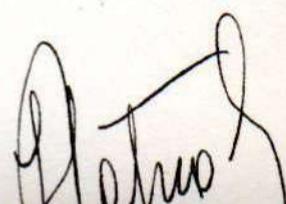
$$A_{HV} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{HV_i}{\bar{HV}} - 1 \right)^2}{n - 1}}$$

donde HV_i : designa los diversos valores de dureza Vickers;

\bar{HV} : valor promedio de dureza Vickers para cada carga aplicada en una misma probeta de amalgama.

CAPITULO VI

TASA DE DEFORMACION PUNTUAL

A handwritten signature in black ink, located in the bottom right corner of the page. The signature is stylized and appears to be a name, possibly "Antonio", written in a cursive script.

1. Antecedentes

Cuando se realizan determinaciones de dureza el valor de la misma se establece después de retirada la carga aplicada sobre el penetrador. En el caso de las determinaciones Vickers la magnitud de la diagonal resultante corresponde a la deformación plástica permanente producida por el penetrador. Por lo tanto, toda determinación de dureza Vickers, cualquiera sea la magnitud de la carga aplicada, implica en general una deformación puntual permanente. La magnitud de dicha deformación puede ser evaluada en función de la profundidad de la impresión. La relación siguiente expresa de un modo general dicho concepto:

$$p = f (d) \quad /1/$$

donde d : es la diagonal de la impresión permanente.

En el caso de la dureza Vickers, el diamante empleado de base cuadrada presenta un ángulo de 136° entre 2 caras opuestas. La profundidad de la impresión (p) resulta:

$$p = 1/7 d \quad /2/$$

o lo que es lo mismo:

$$p = 0.125 d \quad /3/$$

Esta relación permite, en función de los valores de la variable d para las diversas cargas aplicadas, establecer los grados de deformación puntual permanente producidos.

2. Objetivo

A partir de la magnitud de la deformación plástica



irreversible, producida por la impresión del diamante Vickers, se ha determinado el grado de deformación puntual permanente expresado porcentualmente en las amalgamas examinadas en función de las siguientes variables:

- composición de la amalgama;
- tiempo de trituración;
- presión de condensación;
- cargas aplicadas ($P_{10-50-100 \text{ g}}$) sobre el diamante Vickers.

3. Metodología

El grado de deformación puntual expresada porcentualmente fué establecido mediante la siguiente relación (76):

$$D_p = \frac{E_i - E_f}{E_f} 100 \quad /4/$$

siendo E_i : espesor inicial de la probeta de amalgama;

E_f : espesor final de la probeta en el sitio donde se aplicó el penetrador.

La magnitud de E_f se establece mediante la relación:

$$E_f = E_i - p \quad /5/$$

donde p : profundidad de la impresión permanente producida por la pirámide Vickers.



CAPITULO VII
ESTEREOLOGIA

A handwritten signature in black ink, located in the bottom right corner of the page. The signature is stylized and appears to be a name, possibly starting with 'H' and ending with a flourish.

1. Introducción

La Estereología o análisis microestructural cuantitativo configura un método apto para la Investigación, Desarrollo y Control de calidad de sólidos de origen natural o tecnológico (91). Dicho método conjuga un grupo de técnicas de exploración cuantitativa de las microestructuras involucrando como lo define ELIAS (92) "en sensu stricto" el estudio del espacio tridimensional a partir de secciones bidimensionales de cuerpos sólidos o de sus proyecciones.

En opinión de UNDERWOOD (93), la solución de problemas de extrapolación de espacios bidimensionales a tridimensionales ha requerido el concurso de un verdadero "pot-pourri fascinante de las matemáticas" originándose una verdadera simbiosis entre estadística matemática, probabilidades geométricas, teorías de curvas y superficies, geometría proyectada, diferencial e integral y topología, participando todas ellas en la gestación, desarrollo y extensión de la Estereología.

El perfeccionamiento de ésta disciplina ha demandado el concurso de ciencias tan variadas como la geología (94) por no citar quizás la más antigua y la matemática morfológica y electrónica (95,96,97) entre las más recientes.

La Estereología constituye por lo tanto una "valiosa herramienta" para la Investigación, el Desarrollo y el Control de calidad de materiales, adecuándose para dar respuesta a especificaciones cada vez más estrictas.

La aplicación de esta metodología al estudio estructural de las amalgamas ha tenido por finalidad evaluar cuantitativamente la eficacia que pueden ejercer determinados

tratamientos sobre los materiales empleados en su elaboración. También permite establecer criterios sobre la incidencia que diversas variables -típicas de los procesos: previo, durante y posterior- pueden ejercer sobre la amalgama cristalizada.

2. Análisis Metalográfico Cuantitativo

2.1. Fundamentos

Para que un método de investigación y control microestructural sea considerado cuantitativo debe responder básicamente a principios generales insoslayables (93,98). Dichos principios aplicados al análisis de estructuras metalográficas han permitido el desarrollo de métodos adecuados para posibilitar la cuantificación lineal, superficial y espacial de dichas estructuras (93,99).

El estudio de las fases que constituyen las amalgamas mediante el empleo de los métodos citados, requiere además del conocimiento de la composición química, la determinación de los siguientes parámetros geométricos:

- morfología;
- dimensión o talla media lineal, superficial y volumétrica de las fases;
- distribución;
- cantidad de cada fase por unidad lineal, superficial y volumen.

La noción morfología constituye en general la más difícil de resolver. En la práctica la asimilación de la noción granulométrica puede prevalecer, siempre que la morfología de la fase en examen sea convexa. En el caso de formas alargadas se aplican los conceptos de factores de

alargamiento (ж) (98), índice de forma (жж) (100) e índice de alargamiento (жжж) (101).

Cuando las fases afectan morfologías heterogéneas pueden utilizarse el concepto de índice de complejidad (жжжж) (102). En el caso de fases de morfología esferoidal se emplea en su evaluación el factor de forma medio (жжжжж) (103) a fin de eliminar la subjetividad del operador en las determinaciones visuales.

La noción dimensión o talla media de las fases equivale definir el diámetro medio de las mismas. Puede establecerse mediante la longitud media de intercepción de una recta patrón (recta móvil), aplicada al azar en todas las direcciones y posiciones posibles con cada fase en estudio (93).

La noción de distribución puede establecerse mediante la determinación del espacio existente entre partículas de la misma fase. Cuando se compara con una distribución al azar, es decir no uniforme, es posible estimar estadísticamente criterios de grados de segregación(жжжжжж) (99). Dicha segregación podrá afectar distribuciones lineales, bidimensionales o espaciales.

-
- (ж) factores de alargamiento: diferencia entre dos longitudes transversales medidas en direcciones paralelas y perpendiculares a las más alargadas.
 - (жж) índice de forma: relación longitud media al ancho medio.
 - (жжж) índice de alargamiento: relación entre ancho y longitud.
 - (жжжж) índice de complejidad: relación entre la longitud del perímetro y el área media.
 - (жжжжж) factores de forma medio: relación entre área real de la fase y área del círculo imaginario que la circunscribe.
 - (жжжжжж) grados de segregación: a mayores desvios de una 'distribución ideal' al azar corresponderán mayores grados de segregación (90).

La noción cantidad de fases por unidad de volumen permiten determinar la concentración espacial de la fase o fases en examen.

Establecer por lo tanto la influencia que las fases pueden ejercer sobre la dureza y propiedades mecánicas requiere precisar, independiente de la naturaleza de las mismas, los factores geométricos antes citados.

En resumen: la aplicación de la Estereología para la determinación de los parámetros microestructurales enunciados requiere el empleo de conceptos matemáticos (93, 103) adecuados para poner en evidencia tanto lo que es esencial como lo que es medible en las estructuras (98).

2.2. Métodos de análisis

Establecer la influencia que las diferentes fases de una amalgama pueden ejercer sobre la dureza y propiedades de las mismas, requiere precisar, independientemente de la naturaleza de dichas fases (composición, sistemas de cristalización, grados de coherencia, coeficiente de dilatación, energía libre en los límites de las fases, etc.) los parámetros geométricos examinados en el párrafo anterior.

De modo general, se pueden medir un gran número de parámetros sea manualmente o por medio de aparatos automáticos de análisis de imagen (104).

En el presente trabajo los métodos utilizados han sido los siguientes:

- análisis lineal;
- contaje de puntos.

A continuación se describen sumariamente las técnicas, correspondiente a los métodos citados.

NOMINACION DE SIMBOLOS

Metalografía

- A_m : Area de la fotomicrografía
 A_p : Area cubierta por la fase en estudio
 A_t : Area total
 A_u : Aumentos de la fotomicrografía
 L_p : Longitud de línea cubierta por fase en estudio
 L_t : Longitud total de la recta patrón al azar
 N_c : Número de la fase en estudio contados sobre la fotomicrografía
 N_i : Números de la fase en estudio intersectados por la recta patrón al azar

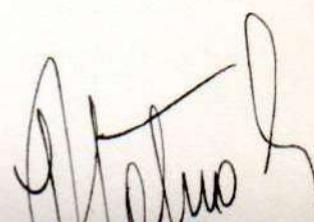
Espacio entre la Fase en Estudio

- λ : Distancia borde-a-borde
 σ : Distancia centro-a-centro

Parámetros de Dispersión

- A : Sección promedio de corte de la fase en estudio
 A' : Area promedio de la sección máxima de la fase en estudio asimilados a esferas
 $A_{m\acute{a}x}$: Area correspondiente sección de la fase en estudio de mayor dimensión medido en la fotomicrografía
 $d_{m\acute{a}x}$: Diámetro promedio de fase en estudio de mayor dimensión
 \bar{d} : Diámetro promedio de fase en estudio
 F_L : Fracción de línea
 F_A : Fracción de área de la estructura ocupada por

- la fase en estudio
- F_V : Fracción de volumen de la estructura ocupada por la fase en estudio
- L_3 : Longitud media de intersección de la recta patrón con la fase en estudio
- N_A : Número de fase en estudio por unidad de área
- N_L : Número de fase en estudio por unidad de longitud
- N_V : Número de fase en estudio por unidad de volumen
- S : Superficie promedio de fase en estudio asimilados a esferas
- S_V : Superficie específica
- V : Volumen promedio de las fases en estudio asimilados a esferas
- $V_{\text{máx}}$: Volumen correspondiente al máximo diámetro observado en la fotomicrografía
- V_P : Volumen de fase en estudio
- V_T : Volumen total



2.2.1. Análisis lineal

La cuantificación de las fases de amalgama mediante análisis metalográfico fué realizada sobre fotomicrografías. El procedimiento aplicado requirió:

- Dimensionar el área de cada fotomicrografía (A_m);
- Contabilizar separadamente las fases ($\gamma, \gamma_1, \gamma_2$) contenidos en cada área examinada ($N_\gamma, N_{\gamma_1}, N_{\gamma_2}$). Con los valores obtenidos y mediante las siguientes relaciones:

$$A_T = \frac{A_m}{A_u^2} \quad /1/$$

$$N_A = \frac{N_c}{A_T} \quad /2/$$

determinar el área real examinada /1/ y el número promedio de cada fase por unidad de área /2/.

- Aplicar el método de análisis lineal (93) trazando una recta patrón de longitud conocida, sobre cada fotomicrografía en 10 posiciones diversas tomadas al azar;
- Contabilizar el número de cada fase interceptada (N_I) y los segmentos de recta dentro de cada partícula (L_p);
- Deducir de los valores precedentes el número promedio de cada fase por unidad de longitud N_L mediante la relación:

$$N_L = \frac{N_I}{L_T}$$

/3/

- Emplear las expresiones propuestas por UNDERWOOD (100) para evaluar los espacios medidos entre cada fase:

σ : distancia centro-a-centro;

λ : distancia borde-a-borde;

L_3 : longitud media de intercepción de la recta patrón para cada fase;

utilizando las siguientes relaciones:

$$\sigma = \frac{1}{N_L} \quad /4/$$

$$L_3 = \frac{L_P}{N_I} \quad /5/$$

$$\lambda = \sigma - L_3 \quad /6/$$

- Determinar las fracciones de líneas L_L , y áreas A_A mediante las relaciones:

$$L_L = \frac{L_P}{L_T} \quad /7/$$

$$A_A = \frac{A_P}{A_T} \quad /8/$$

- Aplicar los conceptos de DELESSE (94) sobre igualdad de fracciones de área, línea y volumen hechas extensivas a fracciones de puntos (105).

Los valores correspondientes a dichos parámetros están vinculados por las siguientes igualdades:

$$P_P = L_L = A_A = V_V \quad /9/$$

En el caso de fases con morfología esferoidal aplicar las ecuaciones generales de interrelación propuestas por UNDERWOOD (100,105):

$$A = \frac{L_3 N_L}{N_A} \quad /10/$$

$$N_V = \frac{N_A^2}{4 N_L} \quad /11/$$

$$A' = \frac{N_L}{N_V} \quad /12/$$

$$d = \frac{N_A}{N_V} \quad /13/$$

$$V = A d \quad /14/$$

Estas ecuaciones permitieron definir a partir de mediciones efectuadas sobre las fotomicrografías (A_M, N_C, N_I, L_P) y la proyección plana o calculada ($A_T, N_A, N_L, \sigma, L_3, \lambda$), las interrelaciones que determinan los siguientes parámetros espaciales:

A : sección promedio de corte de la fotomicrografía sobre cada fase;

N_V : número de partículas de cada fase por unidad de volumen;

A' : área promedio de la sección máxima (círculo mayor de cada fase) asimilado a esfera;

d : diámetro correspondiente a A';

V : volumen promedio de cada fase asimilado a esfera;

- Aplicar la ecuación de CAUCHY (106) para establecer la superficie promedio de interfase en las fases de morfología esferoidal:

$$S = 4 A' \quad /15/$$

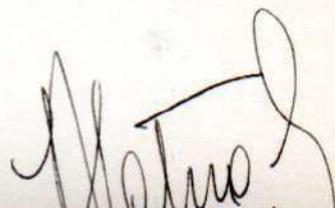
- Determinar mediante la ecuación de SALTYKOV (107) la superficie específica:

$$S_V = 4 N_L \quad /16/$$

2.2.2. Análisis por contaje de puntos

El 'contaje de puntos' (*) es una simple operación de estereología cuantitativa (108 a 111) que consiste en contabilizar los puntos (por ej. los pertenecientes a la intersección de una grilla) que se encuentra cubriendo el área de una fase presente en una microestructura. El método tiene particular aplicación en la cuantificación de partículas o fases existentes en una matriz bifásica o polifásica. La grilla puede estar incerta en el microscopio (112), superpuesta sobre la fotomicrografía o proyectando la microestructura en exámen. El número de puntos que cubre una determinada área (por ej. una fase) es cuantificado. La posición del retículo es elegida al azar sobre la estructura a examinar. El procedimiento se repite hasta obtener un determinado número de medidas. La cantidad de mediciones se determina mediante método estadístico (114). El número

(*) Point counting (inglés)
Treffermethode (alemán)



total de puntos correspondientes a cada fase P_f dividido por el número total de puntos del retículo P_T permite establecer la siguiente relación (105):

$$P_P = \frac{P_f}{P_T} \quad /17/$$

En el presente trabajo cuando los puntos coincidían con el borde de la fase o partícula en exámen se cuantificó $1/2$ del total de puntos interceptados por el borde (115). Este criterio permitió estimar la magnitud del error experimental. En el caso en que se utilizaron puntos al azar sobre un volumen, la probabilidad para que el mismo estuviese ubicado en correspondencia de una fase dada fué igual a la fracción volúmica de dicha fase (113). Por consiguiente el valor medio teórico (esperanza matemática) P_P de la fracción de puntos que caen sobre las fases es dado por:

$$\overline{P_P} = V_V \quad /18/$$

En el caso que los puntos estaban dispuestos al azar en un plano se aplicó la relación:

$$\overline{P_P} = A_A \quad /19/$$

y para una distribución de puntos al azar a lo largo de una línea:

$$\overline{P_P} = L_L \quad /20/$$

Estas relaciones han constituido las bases del método empleado.

En resumen: el método de contaje de puntos implica:

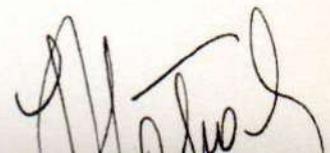
- emplear procedimientos de análisis estadístico, indispensable para conducir sistemáticamente la cuantificación de los puntos;
- decidir el máximo error que se puede tolerar, teniendo en cuenta que el esfuerzo requerido es inversamente proporcional al cuadrado del error

(105);

- establecer el número total de puntos (P_T) del retículo, necesarios para una determinada exactitud, fijando límites de confianza del 95% (\ast) por ejemplo;
- determinar mediante la relación /17/ la magnitud de P_P para una dada fase.

(\ast) El número total de puntos del retículo para límites de confianza del 95% está dado por:

$$P_T = \left[\frac{200}{\% \text{ confianza}} \frac{\sigma(P_P)}{P_P} \right]^2$$



CAPITULO VIII

RESULTADOS

A handwritten signature in black ink, located in the bottom right corner of the page. The signature is stylized and appears to be a name, possibly "H. Lopez" or similar, written in a cursive or semi-cursive script.

1. Análisis del Índice de Meyer ($n_{1,2,3}$)

Los valores experimentales computados, obtenidos en cada probeta de amalgama mediante la realización de impresiones bajo diferentes cargas P : (10, 50 y 100g), se resúmen en las Tablas I, II y III.

El empleo de un gráfico doble logarítmico para valores de P en gramos y de d en micrómetros permitió determinar puntos ubicados sobre una recta (recta de Meyer), cuya pendiente definió para cada probeta el valor de n . Dichos valores, calculados por regresión lineal^(117,118), resultaron en general superior a 2.

Los puntos correspondientes a $P = 50$ g ubicados a la izquierda de la "recta de Meyer" significa que la dureza obtenida experimentalmente es mayor que la prevista teóricamente. Tales resultados confirman la tendencia establecida en el caso de las amalgamas en un trabajo anterior (17).

Sólo en las probetas obtenidas con aleaciones bases Luna Atomic y Ventura 67 bajo las siguientes condiciones experimentales:

LUNA ATOMIC	T.T. : 20 s
	P.C. : 0.845 kg cm ⁻²
VENTURA 67	T.T. : 10 s
	P.C. : 0.212 kg cm ⁻²
	0.425 " "
	0.845 " "
	1.695 " "

los puntos correspondientes $P = 50$ g están ubicados a la derecha de la "recta de Meyer"; la dureza obtenida ...



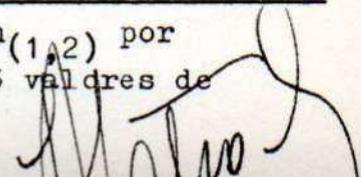
/... experimentalmente en los casos citados ($\sim 14\%$) es menor que la prevista teóricamente.

A continuación se detalla un análisis particularizado, solamente de los distintos valores del "índice de Meyer" ($n_{1,2,3}$) (*) correspondiente a cada tipo de amalgama en función de las variables: aleación base, presión de condensación y tiempo de trituración.

Las figuras 1 a 9 ilustran complementariamente los resultados obtenidos.

Las relaciones entre Dureza Vickers-Índice de Meyer establecidas mediante regresión lineal, en función de las variables experimentales antes citadas, son analizadas en el capítulo que trata las "Relaciones" (v/p 90)

(*) $n_{(1,2,3)}$ es más representativo que $n_{(1,2)}$ por haber sido establecido a partir de 3 valores de P(10, 50 y 100g).



1.1. Aleación Base Luxalloy

Figs. 1 a 3

10s	T.T.	20s
-----	------	-----

$$0,212 \leq P.C. \leq 0,845 \text{ kg cm}^{-2}$$

$$260 \leq n \leq 301$$

n : varía inversamente proporcional con el incremento de la P.C.

$$P.C. = 1.695 \text{ kg cm}^{-2}$$

n : crece

T.T. : 30s

$$0,212 \leq P.C. \leq 0,845$$

$$265 \leq n \leq 330$$

n : se incrementa

Dicho incremento de n es directamente proporcional con el de P.C., con excepción de $P.C. = 1.695 \text{ kg cm}^{-2}$ en que n disminuye.

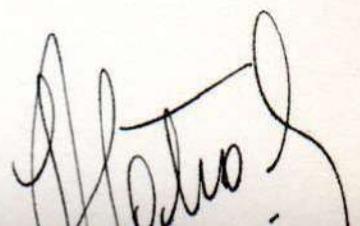
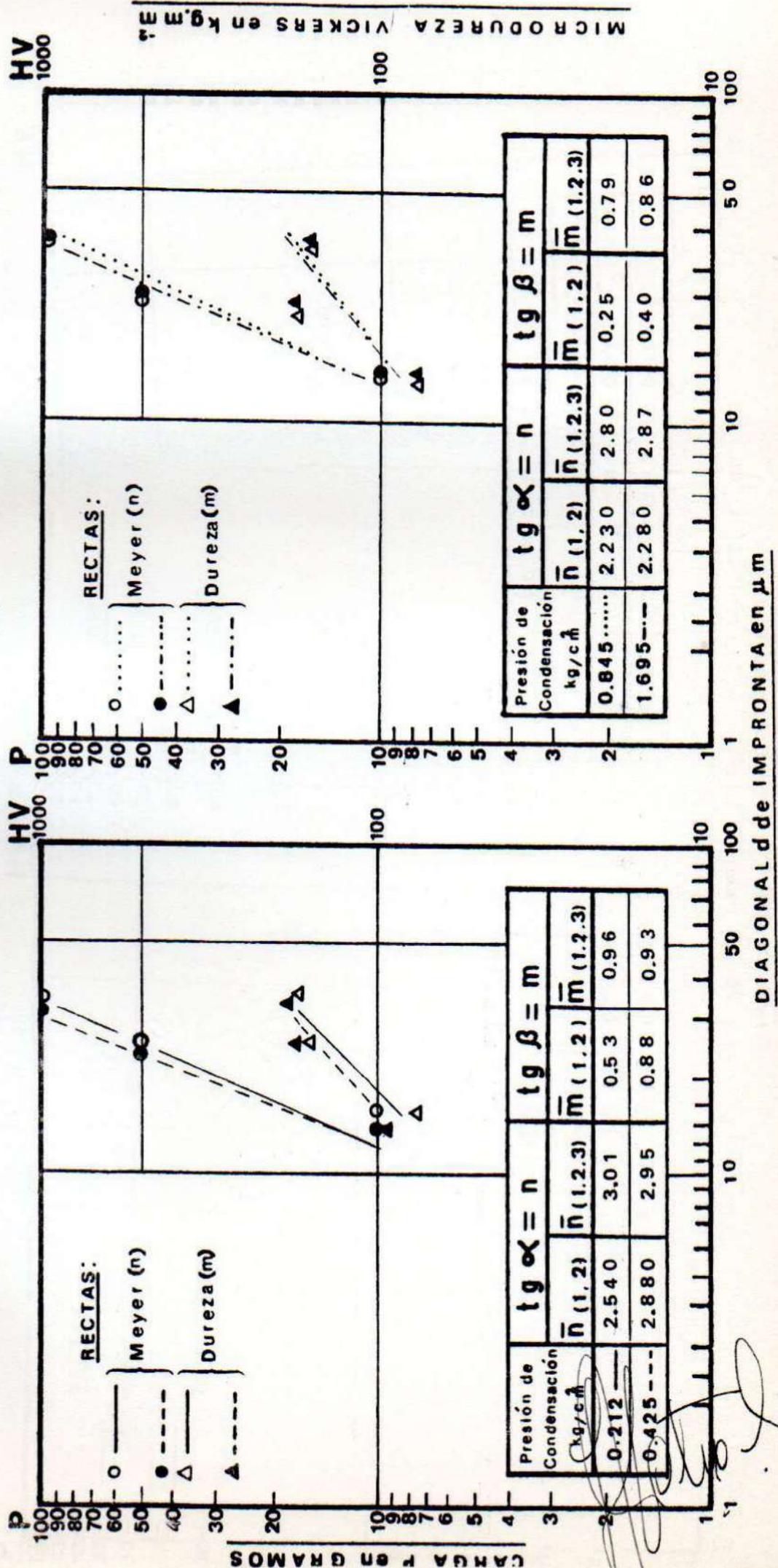


Fig 1 -AMALGAMA- aleación base: Luxalloy

Rectas de Meyer $n_{(1.2.3)}$ y de Dureza $m_{(1.2.3)}$ en función de $P_{(1.2.3)}$

Tiempo de trituración: 10 s

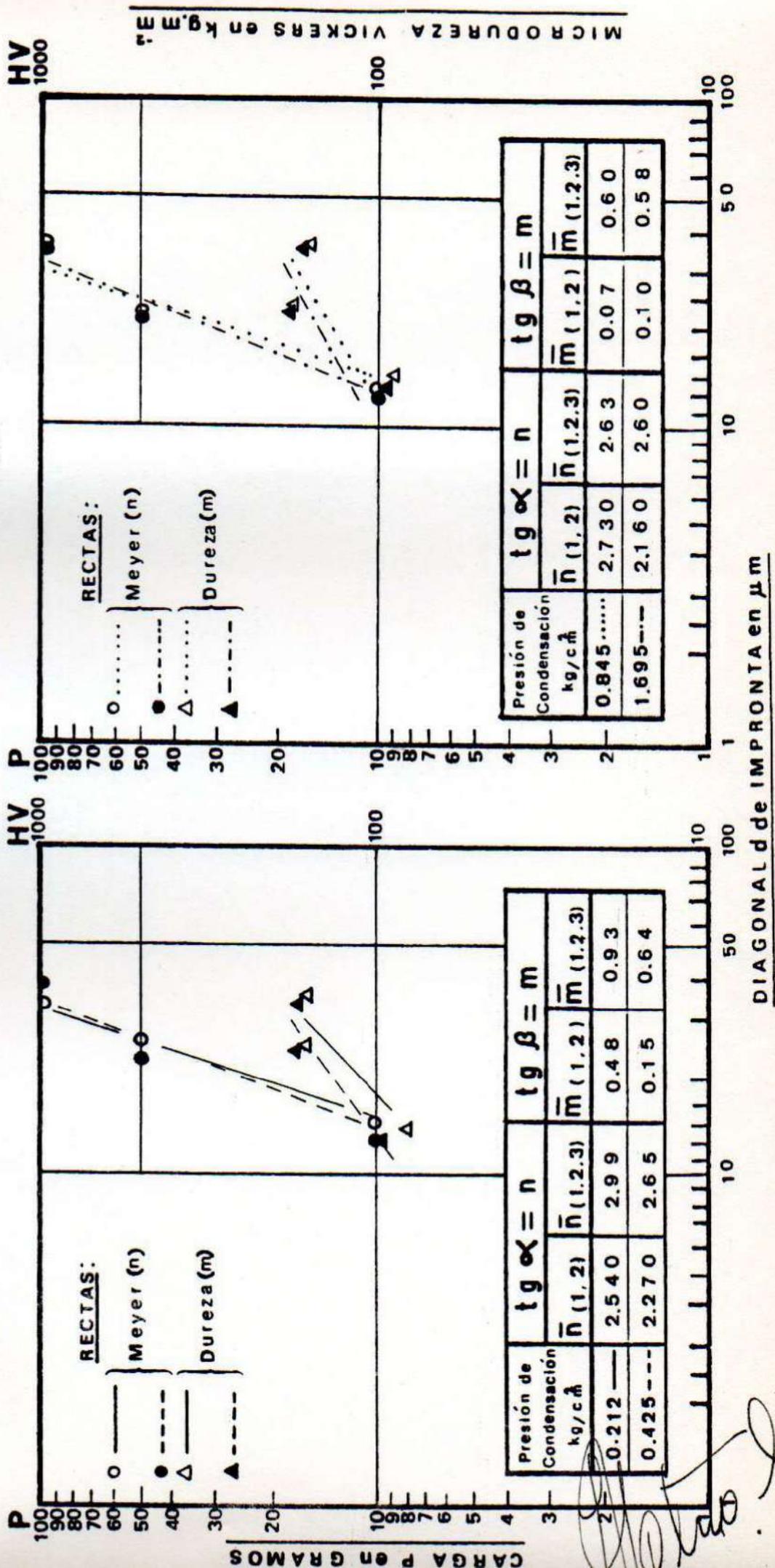


MICRODUREZA VICKERS en kg.m.m

Fig 2 -AMALGAMA- aleación base: Luxalloy

Rectas de Meyer $n_{(1.2.3)}$ y de Dureza $m_{(1.2.3)}$ en función de $P_{(1.2.3)}$

Tiempo de trituración: 20 s

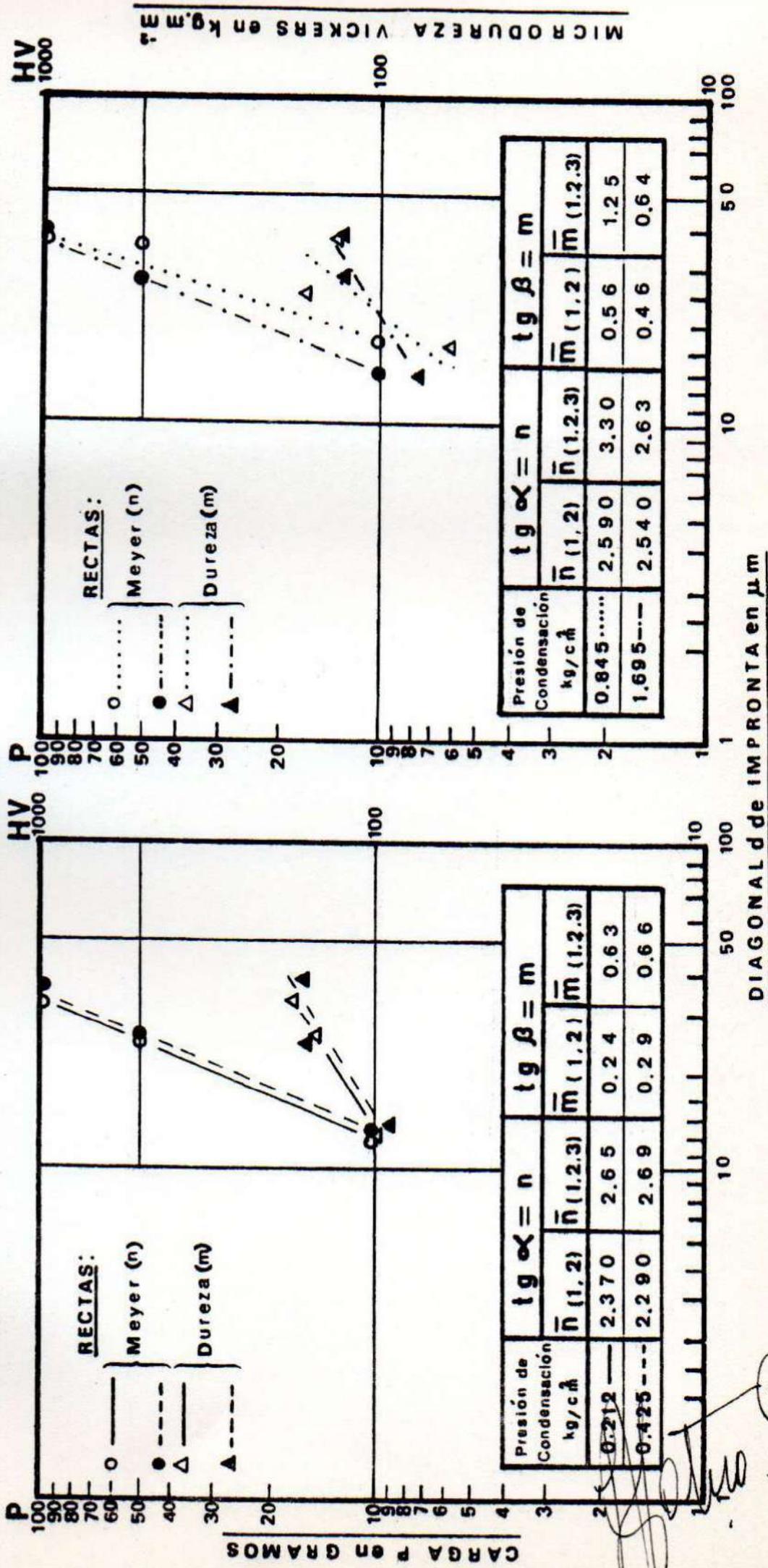


DIAGONAL de IMPRONTA en μm

MICRODUREZA VICKERS en kg.m²

Fig3 -AMALGAMA- aleación base: Luxalloy

Rectas de Meyer $n_{(1.2.3)}$ y de Dureza $m_{(1.2.3)}$ en función de $P_{(1.2.3)}$
 Tiempo de trituración: 30 s



MICRODUREZA VICKERS en kg/cm²

1.2. Aleación Base Luna Atomic

Figs. 4 a 6

T.T. : 10s

P.C. : 0.212 y 0.845 kg cm⁻²
n : 2.73 y 2.72 respectivamente
P.C. : 0.425 y 1.695 kg cm⁻²
n : 2.69 y 2.55 respectivamente

T.T. : 20s

P.C. : 0.212 y 0.845 kg cm⁻²
n : 2.74 y 2.54 respectivamente
P.C. : 0.425 y 1.695 kg cm⁻²
n : 2.30 y 2.89 respectivamente

T.T. : 30s

P.C. : 0.212 y 0.845 kg cm⁻²
n : 2.83 y 2.85 respectivamente
P.C. : 0.425 y 1.695 kg cm⁻²
n : 2.53 y 2.60 respectivamente

La oscilación de los valores de n entre máximos y mínimos al incrementar P.C. permiten observar para este tipo de amalgamas -elaborada con aleación base cuyas partículas son esferoidales- la incidencia de la morfología de dichas partículas sobre el "índice de Meyer" y correlativamente sobre la dureza.

Fig 4 -AMALGAMA- aleación base: Luna Atomic

Rectas de Meyer $n_{(1,2,3)}$ y de Dureza $m_{(1,2,3)}$ en función de $P_{(1,2,3)}$

Tiempo de trituración: 10 s

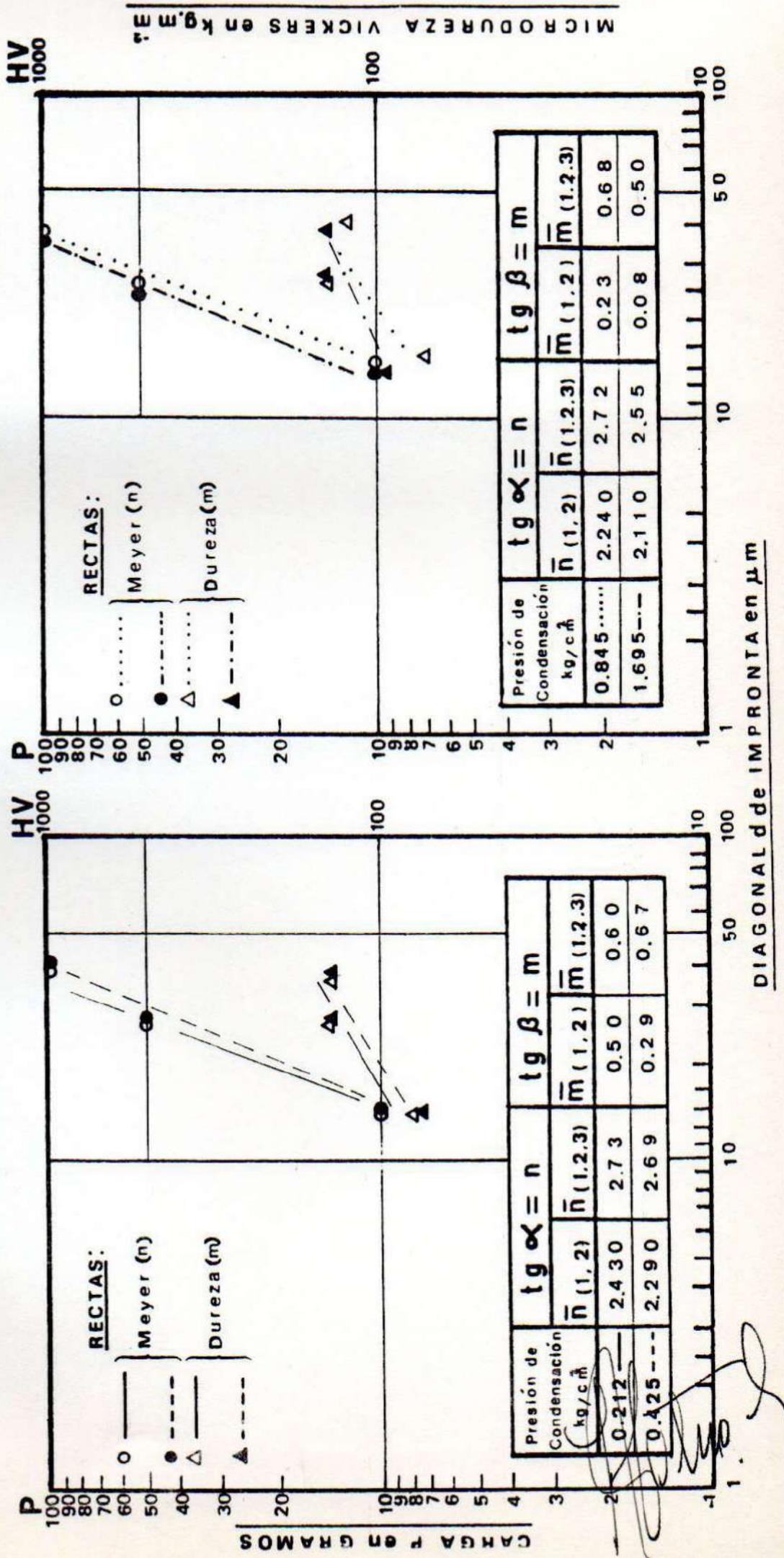
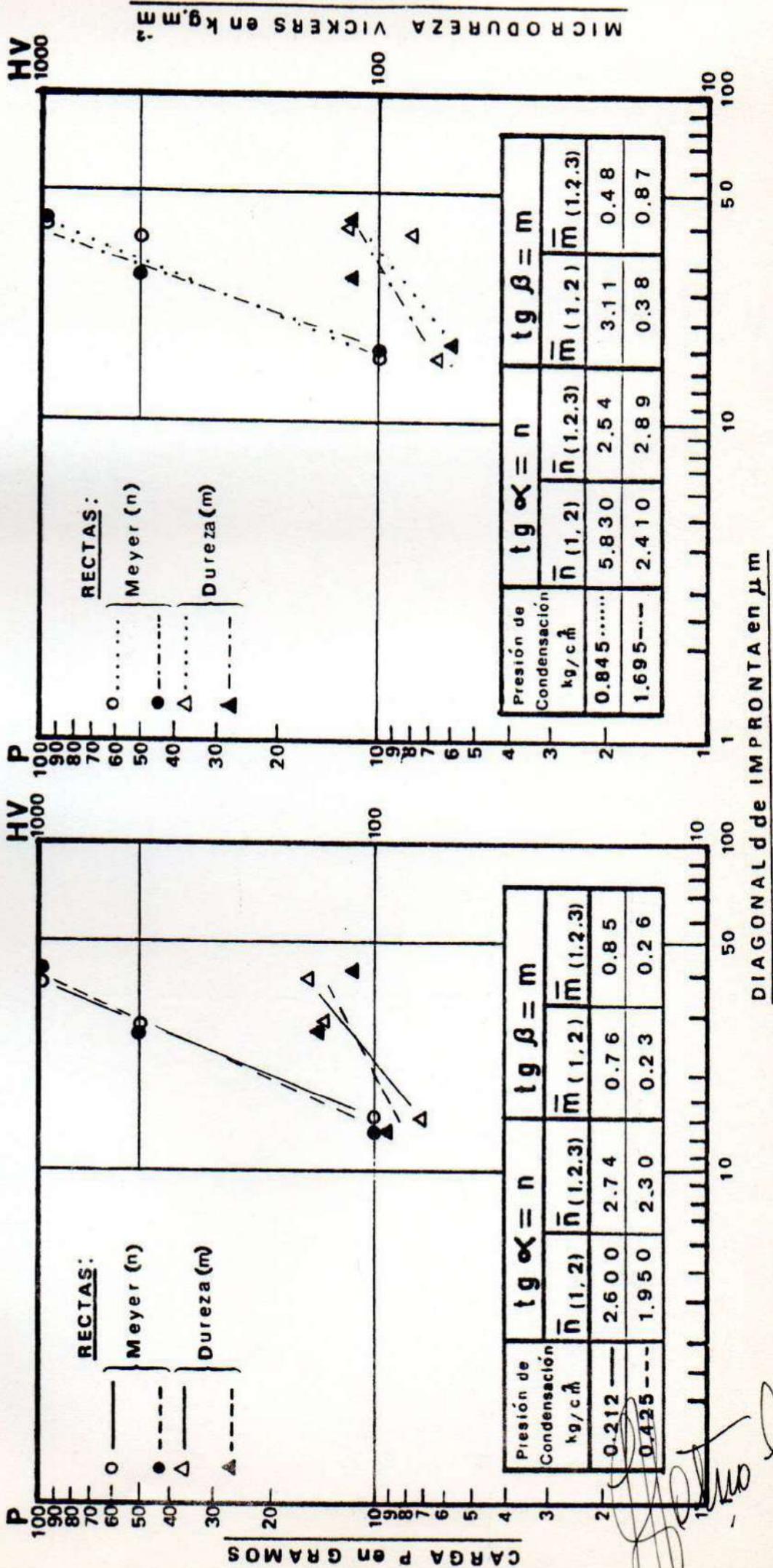


Fig 5 -AMALGAMA- aleación base:Luna Atomic

Rectas de Meyer $n_{(1.2.3)}$ y de Dureza $m_{(1.2.3)}$ en función de $P_{(1.2.3)}$

Tiempo de trituración: 20 s



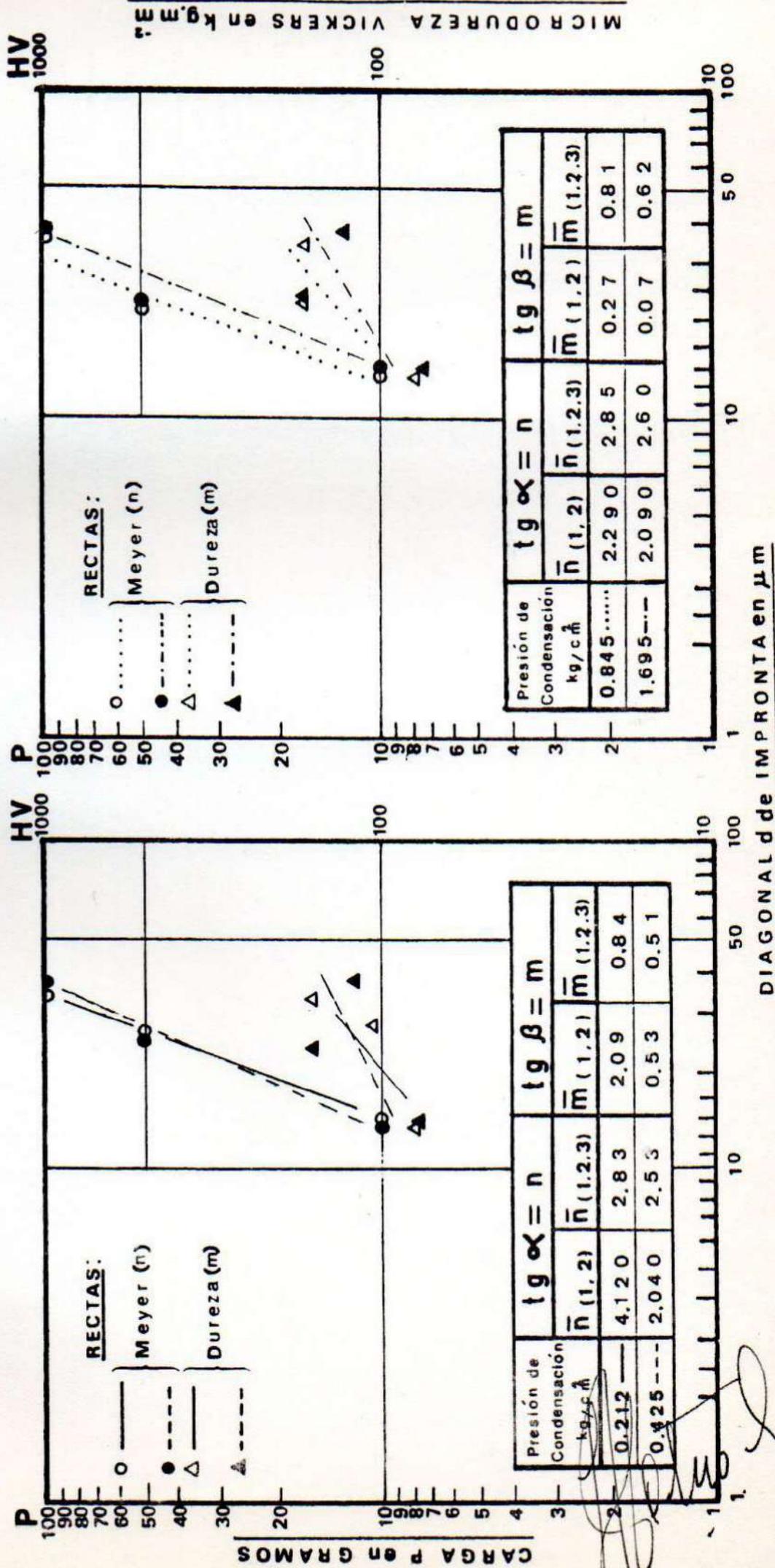
MICRODUREZA VICKERS en kg.m²

DIAGONAL de IMPRONTA en μm

Fig 6 -AMALGAMA- aleación base:Luna Atomic

Rectas de Meyer $n_{(1.2.3)}$ y de Dureza $m_{(1.2.3)}$ en función de $P_{(1.2.3)}$

Tiempo de trituración:30 s



MICRODUREZA VICKERS en $kg.m.m^{-3}$

1.3. Aleación Base Ventura 67

Figs. 7 a 9

T.T. : 10s

P.C. : 0.212 y 0.845 kg cm⁻²

n : 3.10 y 2.82 respectivamente

P.C. : 0.425 y 1.695 kg cm⁻²

n : 2.28 y 2.30 respectivamente

T.T. : 20s

P.C. : 0.212 y 0.845 kg cm⁻²

n : 2.85 y 2.77 respectivamente

P.C. : 0.425 y 1.695 kg cm⁻²

n : 2.42 y 2.63 respectivamente

Los valores de n varían alternativamente entre máximos y mínimos al incrementar P.C.

T.T. : 30s

P.C. : 0.212 y 0.425 kg cm⁻²

n : 2.66 y 2.83 respectivamente

P.C. : 0.845 y 1.695 kg cm⁻²

n : 2.74 en ambos casos.

Fig 7 -AMALGAMA- aleación base: Ventura 67

Rectas de Meyer $n_{(1.2.3)}$ y de Dureza $m_{(1.2.3)}$ en función de $P_{(1.2.3)}$

Tiempo de trituración: 10 s

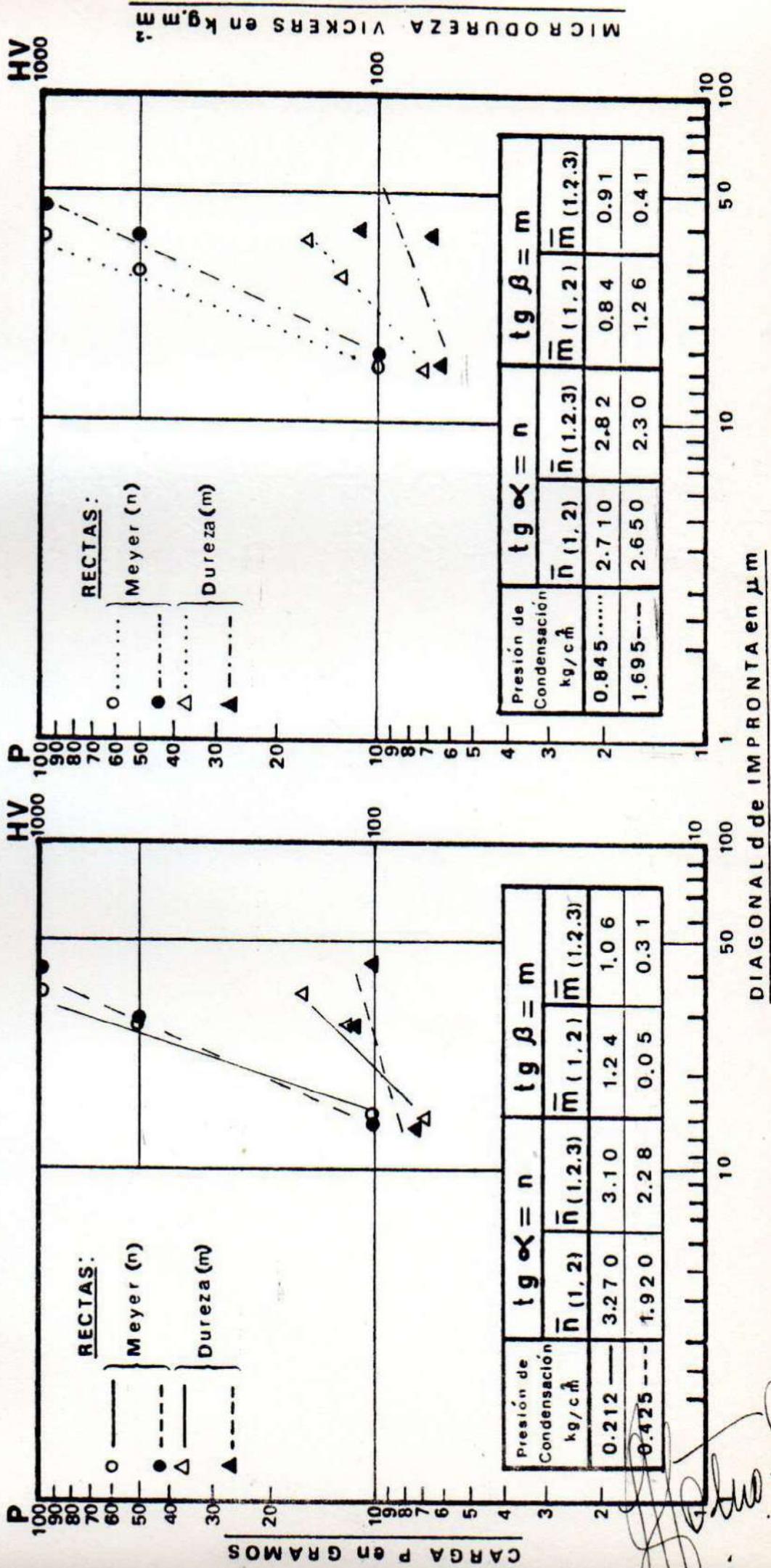
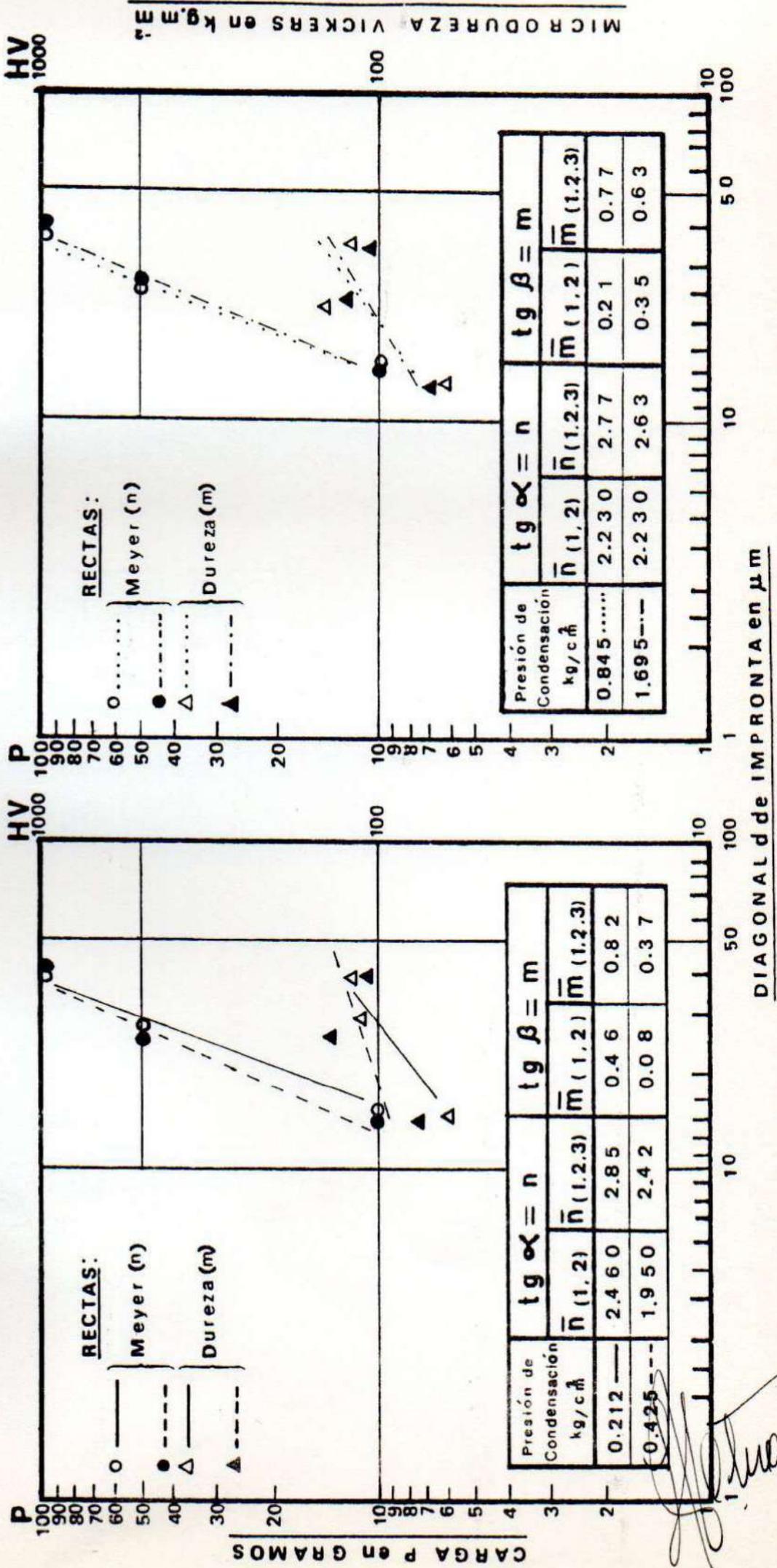


Fig 8 -AMALGAMA- aleación base: Ventura 67

Rectas de Meyer $n_{(1.2.3)}$ y de Dureza $m_{(1.2.3)}$ en función de $P_{(1.2.3)}$

Tiempo de trituración: 20 s

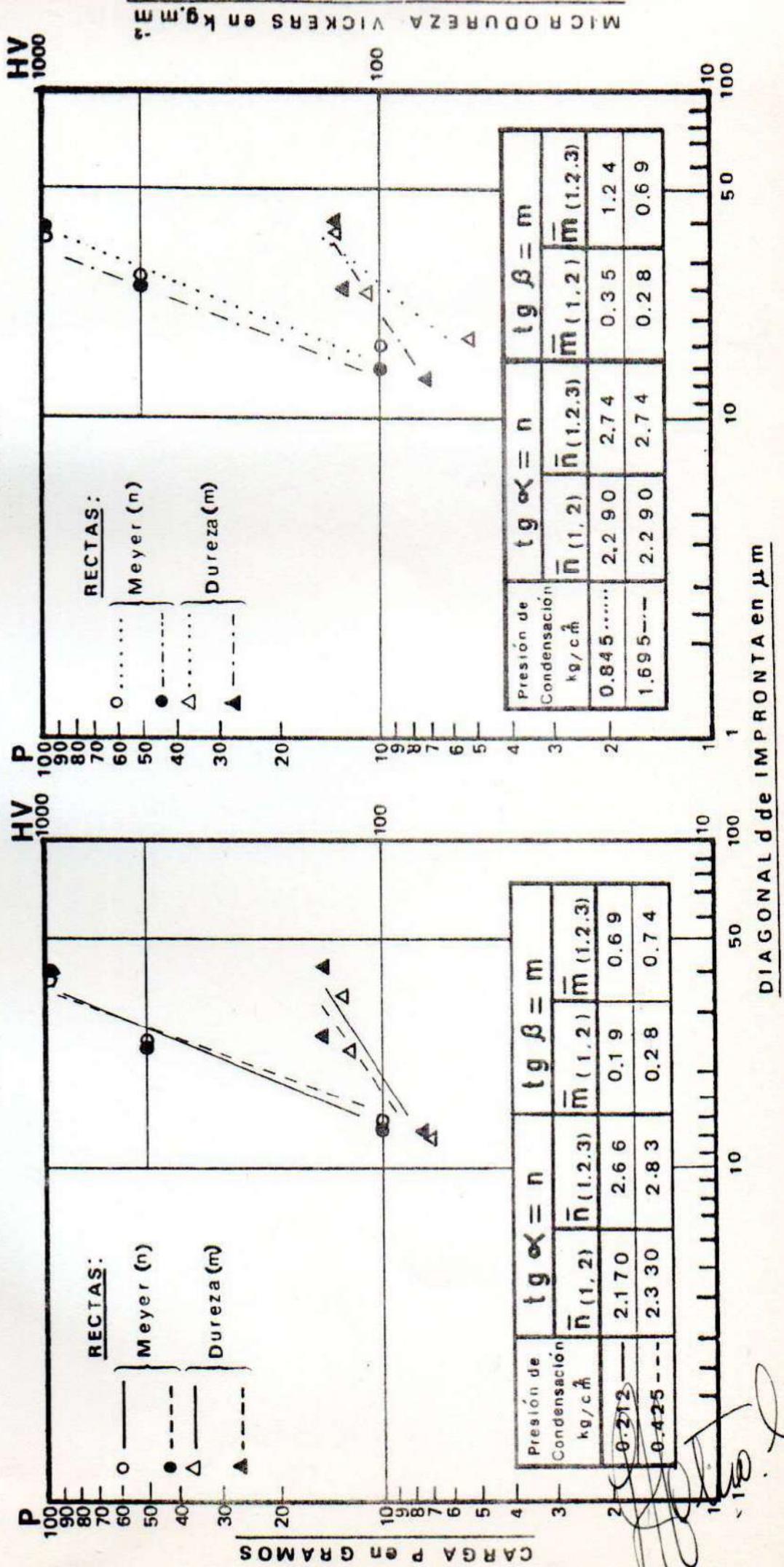


[Handwritten signature]

Fig 9 -AMALGAMA- aleación base: Ventura 67

Rectas de Meyer $n_{(1.2.3)}$ y de Dureza $m_{(1.2.3)}$ en función de $P_{(1.2.3)}$

Tiempo de trituración: 30 s



MICRODUREZA VICKERS en kg.m⁻²

AMALGAMA N1 (ALEACION BASL LUXALLOYS) INDICE DE MEYER

PROBETA NUMERO	PRESION DE CONDENSACION [kg. cm ⁻²]	TIEMPO DE TRITURACION [s]	n ₁	n ₂	n ⁿ (1,2) I ⁿ (0,2,3)	α (1,2) I ^α (1,2,3)		
			CARGAS APLICADAS (G)					
			10-100	50-100	10-100	10-50		
			100	100	100	100		
1	0.212	10	2.967	2.177	2.540	3.01	68.75	71.62
2	0.425	10	2.939	2.830	2.880	2.95	70.38	71.27
3	0.845	10	2.620	1.634	2.230	2.80	65.88	70.35
4	1.695	10	2.877	1.692	2.280	2.87	66.36	70.79
5	0.212	20	2.954	2.117	2.540	2.99	68.48	71.51
6	0.425	20	2.612	1.930	2.270	2.65	66.23	69.33
7	0.845	20	2.620	1.640	2.730	2.63	64.85	69.18
8	1.695	20	2.574	1.754	2.160	2.60	65.16	68.96
9	0.212	30	2.618	2.131	2.370	2.65	67.16	69.33
10	0.425	30	2.659	1.916	2.290	2.69	66.39	69.62
11	0.845	30	3.389	1.788	2.590	3.30	68.08	73.14
12	1.695	30	2.621	2.454	2.540	2.63	68.49	69.10

TABLA I

AMALGAMA N 1 (ALEACION BASE-LUNA-ATOMIC) INDICE DE MEYER

PROBETA NUMERO	PRESION DE CONDENSACION [kg.cm ⁻²]	TIEMPO DE TRITURACION [s]	p ₁	p ₂	I ⁿ (1,2)	I ^m (1,2,3)	CARGAS APLICADAS (G)	α(1,2)	α(1,2,3)
13	0.212	10	2.697	2.158	2.430	2.73	10-100 50-100 10-50- 100	67.61	69.88
14	0.425	10	2.651	1.937	2.290	2.69		66.45	69.61
15	0.845	10	2.704	1.742	2.240	2.72		65.78	69.81
16	1.695	10	2.524	1.687	2.110	2.55		64.59	68.59
17	0.212	20	2.726	2.478	2.600	2.74		68.98	69.95
18	0.425	20	2.268	1.624	1.950	2.30		62.60	66.50
19	0.845	20	2.772	1.987	2.380	2.54		75.47	68.51
20	1.695	20	2.862	1.950	2.410	2.85		67.43	70.51
21	0.212	30	2.980	5.257	4.120	2.92		70.47	70.54
22	0.425	30	2.527	1.551	2.040	2.53		63.67	68.43
23	0.845	30	2.839	1.746	2.290	2.85		66.42	70.67
24	1.695	30	2.698	1.465	2.090	2.60		64.45	66.90

TABLA II

AMALGAMA N 1 (ALEACION BASE-VENTURA 67) INDICE DE MEYER

PROBETA NUMERO	PRESION DE CONDENSACION [kg.cm ⁻²]	TIEMPO DE TRITURACION [s]	p ₁	p ₂	p ⁿ (1,2) ⁿ	CARGAS APLICADAS (G)	INDICE DE MEYER
25	0.212	10	3.121	3.416	3.2701	3.10	72.99
26	0.425	10	2.253	1.579	1.9201	2.28	62.44
27	0.845	10	2.807	2.608	2.7101	2.82	69.73
28	1.695	10	2.341	2.950	2.6501	2.30	69.29
29	0.212	20	2.809	2.113	2.4601	2.85	67.89
30	0.425	20	2.405	1.502	1.9501	2.42	62.89
31	0.845	20	2.764	1.704	2.2301	2.77	65.62
32	1.695	20	2.602	1.853	2.2301	2.63	65.62
33	0.212	30	2.612	1.720	2.1701	2.66	65.22
34	0.425	30	2.741	1.918	2.3301	2.83	66.77
35	0.845	30	3.233	1.662	2.2901	2.74	66.37
36	1.695	30	2.709	1.862	2.2501	2.74	66.37

TABLA III

Los valores del "índice de Meyer" analizados en los tres tipos de amalgamas ponen en evidencia la influencia que ejercen sobre el valor de n , no sólo la composición de la aleación base sino también efecto de las variables P.C., T.T. y P.

La Tabla IV resume los valores máximos y mínimos de n establecidos en las amalgamas examinadas:

TABLA IV - Valores máximos y mínimos de $n_{(1,2,3)}$

Amalgama (⌘) Aleación Base	Índice de Meyer ($n_{1,2,3}$)	
	mínimo	máximo
LUXALLOY	2.60	3.30
LUNA ATOMIC	2.30	2.89
VENTURA 67	2.28	3.10

En resumen: La mayor dureza se obtiene cuando n resulta de menor magnitud. Desde el punto de vista clínico las condiciones experimentales más recomendables para las amalgamas examinadas resultaron las siguientes:

Amalgama (⌘) Aleación Base	P.C. kg cm ⁻²	T.T. S.	$n_{(1,2,2)}$
LUXALLOY	1.695	20	2.60
LUNA ATOMIC	0.425	20	2.30
VENTURA 67	0.425	10	2.28

(⌘) Aleación base/Hg (1:1).

2. Análisis de la recta de dureza m(1,2,3)

Los valores de microdureza de cada probeta han sido calculados mediante las relaciones:

$$\mu H = 1854.4 \frac{F}{d^2} = 1845.4 C \frac{d^n}{d^2} \quad /1/$$

$$\mu H = 1854.4 C d^{n-2} \text{ kg mm}^{-2} \quad /2/$$

para cada valor de la carga o de la impresión.

Estas microdurezas llevadas sobre los mismos gráficos logarítmicos de las "rectas de Meyer" (figs. 1 a 9), pero referidos a la escala de ordenadas que está a la derecha de los gráficos, se sitúan igualmente sobre una recta denominada "recta de Dureza":

$$\log \mu H = \log (1854.4 C) + (n - 2) \log d \quad /3/$$

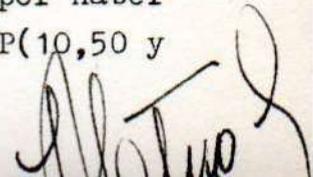
según la ecuación /2/.

Dicha recta permitió expresar la microdureza mediante los siguientes criterios:

- por el gráfico en sí mismo;
- por los tres valores μH (10g)
 μH (50g)
 μH (100g)
- por la microdureza para una dimensión dada de la impresión (ej. 20 μm)
- por el índice de Meyer.

La determinación de las pendientes m (*) de las rectas de durezas en función de las variables experimentales T.T., P.C. y P. hicieron posible establecer el siguiente

(*) $m(1,2,3)$ es más representativa que $m(1,2)$ por haber sido determinada a partir de 3 valores de P(10,50 y 100g).



espectro de valores:

$$0.26 < m < 1.25$$

Dichos valores fueron calculados por regresión lineal (117,118).

En general la recta de dureza puso en evidencia una significativa dispersión de los valores obtenidos con carga $P = 10g$. Sin embargo para el cálculo de m se utilizaron los datos correspondientes a $\log HV$ y $\log d$ para los diferentes valores de P (10, 50 y 100g).

Un análisis de las microdurezas obtenidas con $P = 10g$ permite advertir resultados inferiores al previsto.

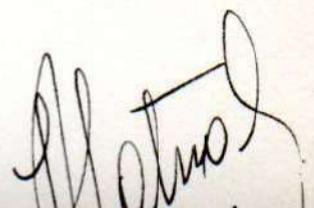
Como en el caso del "índice de Meyer" estos resultados confirman la tendencia establecida en un trabajo anterior (17).

Se analizan a continuación sumariamente los valores de la "recta de dureza" ($m_{1,2,3}$) correspondiente a las diversas amalgamas en función de las siguientes variables:

- composición aleación base;
- presión de condensación;
- tiempo de trituración.

Las Tablas V, VI y VII resumen los valores computados de las rectas de dureza.

Las relaciones entre Dureza Vickers-Recta de Dureza establecidas mediante regresión lineal, en función de las variables experimentales antes citadas, son analizadas en el capítulo que trata las "Relaciones".



2.1. Aleación Base Luxalloy

Figs. 1 a 3

T.T. : 10s

$$0,212 \leq P.C. \leq 0,845 \text{ kg cm}^{-2}$$

$$0,96 \leq m \leq 0,79$$

Varía inversamente proporcional con el incremento de P.C.

$$\underline{P.C.} : 1,695 \text{ kg cm}^{-2}; m \text{ crece}$$

T.T. : 20s

$$0,212 \leq P.C. \leq 1,695 \text{ kg cm}^{-2}$$

$$0,93 \leq m \leq 0,58$$

Varia inversamente proporcional con el incremento de P.C.

T.T. : 30s

$$0,212 \leq P.C. \leq 0,845 \text{ kg cm}^{-2}$$

$$0,63 \leq m \leq 1,25$$

Crece directamente proporcional con los valores de P.C.

$$\underline{P.C.} : 1,695 \text{ kg cm}^{-2}; m \text{ disminuye.}$$

2.2. Aleación Base Luna Atomic

Figs. 4 a 6

T.T. : 10s

$$0.212 \leq P.C. \leq 0.845 \text{ kg cm}^{-2}$$

$$9.60 \leq m \leq 0.68$$

m crece directamente proporcional con los valores de P.C.

$$\underline{P.C.} : 1.695 \text{ kg cm}^{-2}; m \text{ decrece.}$$

T.T. : 20s

$$\underline{P.C.} : 0.212 \text{ y } 1.695 \text{ kg cm}^{-2}$$

$$m : 0.85 \text{ y } 0.87$$

$$\underline{P.C.} : 0.425 \text{ y } 0.845 \text{ kg cm}^{-2}$$

$$m : 0.26 \text{ y } 0.48$$

Los valores más elevados de m correspondieron a los P.C. mínimos y máximos considerados.

T.T. : 30s

$$\underline{P.C.} : 0.212 \text{ y } 0.425 \text{ kg cm}^{-2}$$

$$m : 0.84 \text{ y } 0.51$$

$$\underline{P.C.} : 0.845 \text{ y } 1.695 \text{ kg cm}^{-2}$$

$$m : 0.84 \text{ y } 0.62$$

Los valores de $m_{(1,2,3)}$ oscilan alternativamente entre máximos y mínimos al incrementar P.C.

2.3. Aleación Base Ventura 67

Figs. 7 a 9

T.T. : 10s

P.C. : 0.212 y 0.845 kg cm⁻²

m : 1.06 y 0.91 respectivamente

P.C. : 0.425 y 1.695 kg cm⁻²

m : 0.31 y 0.41 respectivamente

T.T. : 20s

P.C. : 0.212 y 0.845 kg cm⁻²

m : 0.82 y 0.77 respectivamente

P.C. : 0.425 y 1.695 kg cm⁻²

m : 0.37 y 0.63 respectivamente

Los valores m oscilan alternativamente entre máximos y mínimos al incrementar P.C.

T.T. : 30s

0.212 \leq P.C. \leq 0.845 kg cm⁻²

0.69 \leq m \leq 1.24

El valor de m crece directamente proporcional con P.C.

P.C. : 1.695 kg cm⁻²; m decrece.

TABLA V. AMALGAMA (ALEACION BASE LUXALLOYS) RECTA DE DUREZA

PROBETA NUMERO	PRESION CONDENSACION [Kg. cm ⁻²]	TIEMPO DE TRITURACION [s]	m ¹	m ²	m ^{1,2}	m ^{1,2,3}	DUREZA
1	0.212	10	0.91	0.14	0.53	0.55	27.59
2	0.425	10	0.94	0.82	0.88	0.93	41.35
3	0.845	10	0.81	0.32	0.25	0.79	14.04
4	1.695	10	0.86	0.06	0.40	0.86	21.60
5	0.212	20	0.88	0.07	0.48	0.93	25.64
6	0.425	20	0.61	0.31	0.15	0.64	8.53
7	0.845	20	0.58	0.44	0.07	0.60	4.00
8	1.695	20	0.54	0.35	0.10	0.58	5.71
9	0.212	30	0.59	0.12	0.24	0.63	13.50
10	0.425	30	0.63	0.06	0.29	0.66	16.10
11	0.845	30	1.33	0.22	0.56	1.25	29.25
12	1.695	30	0.61	0.31	0.46	0.64	24.70

TABLA VI

AMALGAMA (ALEACION BASE-LUNA-ATOMIC) RECTA DE DUREZA

PROBETA NUMERO	PRESION CONDENSACION [Kg. cm ⁻²]	TIEMPO DE TRITURACION [s]	m ₁	m ₂	m ^m (1,2)	m ^m (1,2,3)	BETA
13	0.212	10	0.70	0.29	0.50	0.60	26.57
14	0.425	10	0.63	-0.06	0.29	0.67	16.17
15	0.845	10	0.68	-0.22	0.23	0.68	12.95
16	1.695	10	0.48	-0.33	0.08	0.50	4.57
17	0.212	20	0.84	0.67	0.76	0.85	57.23
18	0.425	20	0.22	-0.67	-0.23	0.26	-12.95
19	0.845	20	0.72	5.50	3.11	0.48	72.18
20	1.695	20	0.83	-0.07	0.38	0.87	20.81
21	0.212	30	1.00	3.17	2.09	0.84	64.43
22	0.425	30	0.59	0.47	0.53	0.51	27.92
23	0.845	30	0.81	-0.28	0.27	0.81	15.11
24	1.695	30	0.65	-0.52	0.07	0.62	4.00

TABLE VII

ANÁLISIS (ALCALÍO, BASL-VÉNTOKÁ 67) RECTA DE DUREZA

PROBETA NÚMERO	PRESIÓN CONDENSACION [Kg. cm ⁻²]	TIEMPO DE TRITURACION [s]	m ¹	m ²	m ^{0,2}	m ^{0,2,3}	$\hat{A}(1,2)$	$\hat{A}(1,2,3)$
			CARGAS APLICADAS EN GRAMOS		10-100 10-50-100			
25	0.212	10	1.03	1.44	1.24	1.06	51.12	46.58
26	0.425	10	0.27	-0.37	-0.05	0.31	-2.86	17.03
27	0.645	10	0.89	0.75	0.84	0.91	40.03	42.16
28	1.605	10	0.51	2.00	1.26	0.41	51.12	22.30
29	0.212	20	0.78	0.13	0.46	0.52	24.70	39.35
30	0.425	20	0.26	-0.52	-0.08	0.37	-4.57	20.30
31	0.645	20	0.75	-0.33	0.21	0.37	11.55	37.41
32	1.605	20	0.61	0.08	0.35	0.63	19.29	32.39
33	0.212	30	0.66	-0.26	0.19	0.69	10.76	34.53
34	0.425	30	0.69	-0.13	0.28	0.74	15.64	36.34
35	0.645	30	1.19	-0.50	0.35	1.24	19.29	51.22
36	1.605	30	0.68	-0.12	0.28	0.69	15.64	34.66

Los valores de la recta de Dureza analizados demuestran la incidencia que sobre m ejercen la composición de la aleación y de las variables P.C., T.T. y P.

La Tabla VIII resume los valores máximos y mínimos de m obtenidos en las distintas amalgamas:

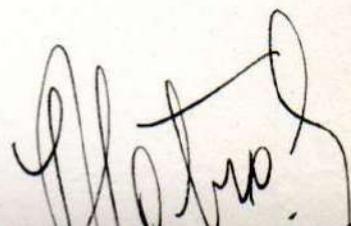
TABLA VIII - Valores máximos y mínimos de $m_{(1,2,3)}$

Amalgama (ж) Aleación Base	Recta de Dureza $m_{(1,2,3)}$	
	mínimo	máximo
LUXALLOY	0.63	1.25
LUNA ATOMIC	0.26	0.87
VENTURA 67	0.31	1.24

3. Análisis de la Microdureza Vickers en función de la
Presión de Condensación

Las figuras 10(a, b, c), 11(a, b, c) y 12(a, b, c) ilustran la incidencia que la variable P.C. ejerce sobre las durezas Vickers (HV_{10} , HV_{50} y HV_{100}) para diferentes tiempos de trituración (T.T. : 10, 20 y 30 s) y cargas P : 10, 50 y 100 g aplicadas sobre el penetrador Vickers.

Se resumen a continuación los análisis correspondientes a los gráficos de las figuras antes citadas.



3.1. Aleación Base Luxalloy

Fig. 10(a,b,c)

Fig. 10(a)

T.T. : 10s

P. : 10g

0.2 \leq		P.C.		\leq 0.4 kg cm ⁻² incrementa	}	HV ₁₀
0.4 \leq				\leq 1.6 kg cm ⁻² decrece		

P. : 50g

0.2 \leq		P.C.		\leq 0.8 kg cm ⁻² incrementa	}	HV ₅₀
0.8 \leq				\leq 1.6 kg cm ⁻² estable		

P. : 100g

0.2 \leq		P.C.		\leq 0.4 kg cm ⁻² incrementa	}	HV ₁₀₀
0.4 \leq				\leq 0.8 kg cm ⁻² decrece		
0.8 \leq				\leq 1.6 kg cm ⁻² estable		

Los máximos valores de HV se obtubieron con:

P.C. = 0.4 kg cm⁻² \longrightarrow $\left. \begin{array}{l} HV_{10} \\ HV_{100} \end{array} \right\}$

Fig. 10(b)

T.T. : 20s

P. : 10g

$$\begin{array}{l} 0.2 \text{ M} \\ 0.4 \text{ M} \\ 0.8 \text{ M} \end{array} \left| \begin{array}{l} \text{P.C.} \\ \text{P.C.} \\ \text{P.C.} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{M } 0.4 \text{ kg cm}^{-2} \text{ incrementa} \\ \text{M } 0.8 \text{ kg cm}^{-2} \text{ disminuye} \\ \text{M } 1.6 \text{ kg cm}^{-2} \text{ incrementa} \end{array} \right\} \text{HV}_{10}$$

P. : 50g

$$\begin{array}{l} 0.2 \text{ M} \\ 0.4 \text{ M} \\ 0.8 \text{ M} \end{array} \left| \begin{array}{l} \text{P.C.} \\ \text{P.C.} \\ \text{P.C.} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{M } 0.4 \text{ kg cm}^{-2} \text{ incrementa} \\ \text{M } 0.8 \text{ kg cm}^{-2} \text{ disminuye} \\ \text{M } 1.6 \text{ kg cm}^{-2} \text{ incrementa} \end{array} \right\} \text{HV}_{50}$$

P. : 100g

$$0.2 \text{ M} \text{ P.C. } \text{M } 1.6 \text{ kg cm}^{-2} \text{ incremento} \left. \vphantom{0.2 \text{ M}} \right\} \text{HV}_{100}$$

Los mayores valores de HV se obtuvieron con:

$$\text{P.C.} = 1.6 \text{ kg cm}^{-2} \longrightarrow \left. \begin{array}{l} \text{HV}_{10} \\ \text{HV}_{50} \\ \text{HV}_{100} \end{array} \right\}$$

Fig. 10(c)

T.T. : 30s

P. : 10g

0.2 \equiv | P.C. $\left\{ \begin{array}{l} \equiv 0.8 \text{ kg cm}^{-2} \text{ disminuye} \\ \equiv 1.6 \text{ kg cm}^{-2} \text{ incrementa} \end{array} \right\} \text{HV}_{10}$
0.8 \equiv |

P. : 50g

0.2 \equiv | P.C. $\left\{ \begin{array}{l} \equiv 0.4 \text{ kg cm}^{-2} \text{ disminuye} \\ \equiv 0.8 \text{ kg cm}^{-2} \text{ incrementa} \\ \equiv 1.6 \text{ kg cm}^{-2} \text{ disminuye} \end{array} \right\} \text{HV}_{50}$
0.4 \equiv |
0.8 \equiv |

P. : 100g

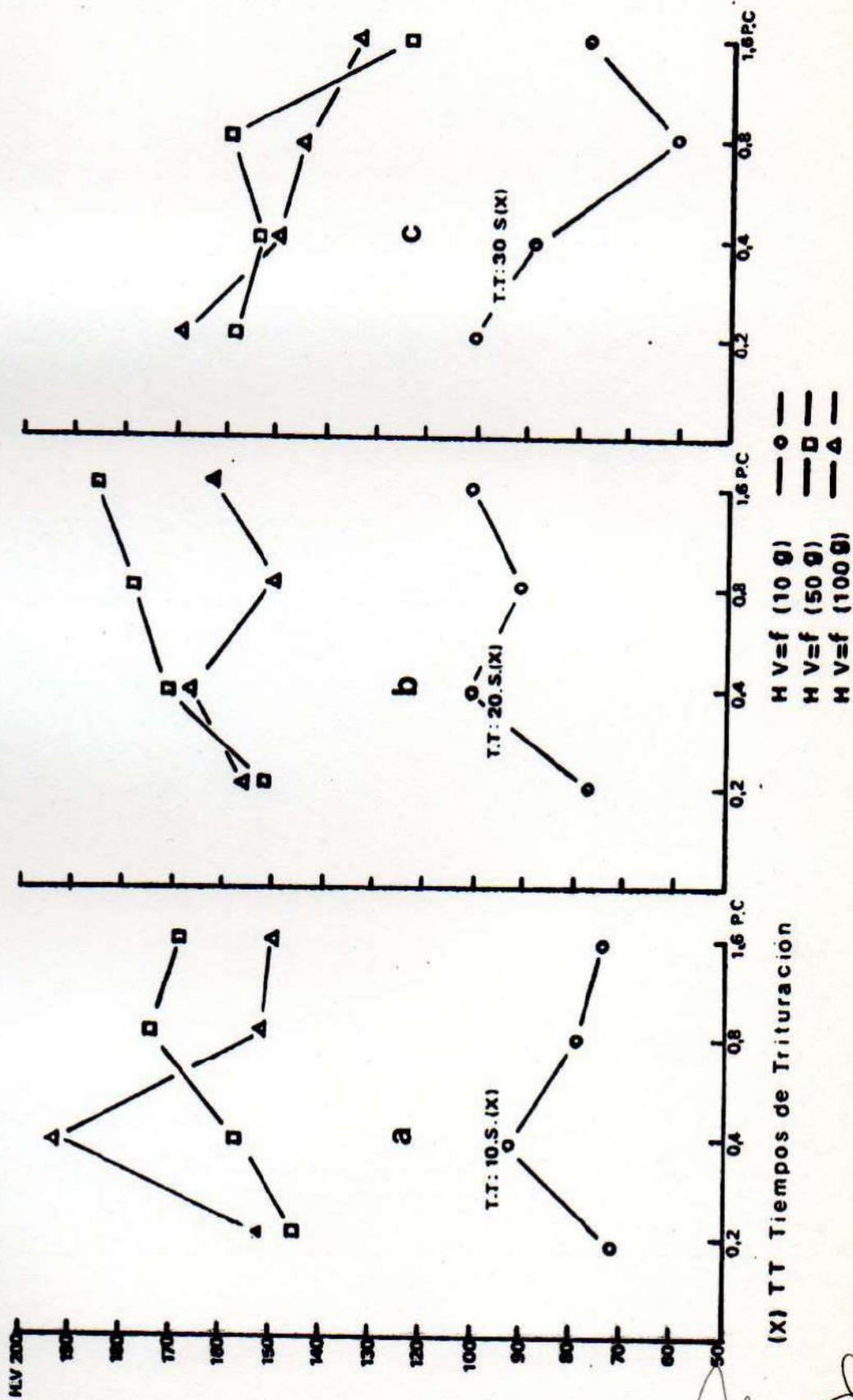
0.2 \equiv P.C. \equiv 1.6 kg cm⁻² disminuye } HV₁₀₀

Los mayores valores de HV se obtuvieron con:

P.C. = 0.2 kg cm⁻² \longrightarrow $\left. \begin{array}{l} \text{HV}_{10} \\ \text{HV}_{50} \\ \text{HV}_{100} \end{array} \right\}$

Fig 10 Microdureza Vickers (H.V)de amalgama(c/aleacion base Luxalloy) en

Función de la Presión de Condensación PC



[Handwritten signature]

3.2. Aleación Base Iona Atomic

Fig.11 (a,b,c)

Fig.11 (a)

T.T. : 10s

P. : 10g

0.2		P.C.			0.8 kg cm ⁻² disminuye	}	HV ₁₀
0.8					1.6 kg cm ⁻² incrementa		

P. : 50g

0.2		P.C.			0.8 kg cm ⁻² no varía	}	HV ₅₀
0.8					1.6 kg cm ⁻² incrementa		

P. : 100g

0.2		P.C.			0.8 kg cm ⁻² disminuye	}	HV ₁₀₀
0.8					1.6 kg cm ⁻² incrementa		

Los máximos valores de HV se obtuvieron con:

P.C. = 1.6 kg cm⁻² → $\left. \begin{array}{l} HV_{10} \\ HV_{50} \\ HV_{100} \end{array} \right\}$

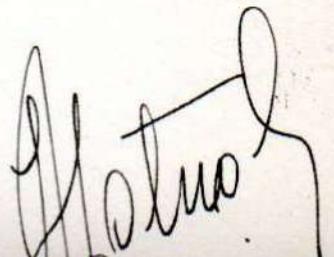


Fig. 11 (b)

T.T. : 20s

P. : 10g

0.2 kg cm^{-2} 0.4 kg cm^{-2}	$\left. \begin{array}{c} \text{P.C.} \\ \text{P.C.} \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \text{0.4 kg cm}^{-2} \text{ incrementa} \\ \text{1.6 kg cm}^{-2} \text{ disminuye} \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{c} \\ \\ \end{array} \right\} \text{HV}_{10}$
--	---	--	---

P. : 50g

0.2 kg cm^{-2} 0.4 kg cm^{-2} 0.8 kg cm^{-2}	$\left. \begin{array}{c} \text{P.C.} \\ \text{P.C.} \\ \text{P.C.} \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \text{0.4 kg cm}^{-2} \text{ incrementa} \\ \text{0.8 kg cm}^{-2} \text{ disminuye} \\ \text{1.6 kg cm}^{-2} \text{ incrementa} \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{c} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{HV}_{50}$
--	--	--	--

P. : 100g

0.2 kg cm^{-2} 0.4 kg cm^{-2}	$\left. \begin{array}{c} \text{P.C.} \\ \text{P.C.} \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \text{0.4 kg cm}^{-2} \text{ disminuye} \\ \text{1.6 kg cm}^{-2} \text{ estable} \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{c} \\ \\ \end{array} \right\} \text{HV}_{100}$
--	---	---	--

Los máximos valores de dureza se obtuvieron con:

$\text{P.C.} = \begin{array}{l} 0.4 \text{ kg cm}^{-2} \\ 0.4 \text{ kg cm}^{-2} \\ 0.2 \text{ kg cm}^{-2} \end{array}$	\rightarrow	$\left. \begin{array}{c} \text{HV}_{10} \\ \text{HV}_{50} \\ \text{HV}_{100} \end{array} \right\}$
---	---------------	--

Fig. 11 (c)

T.T. : 30s

P. : 10g

$$\left. \begin{array}{l} 0,2 \text{ } \equiv \\ 0,4 \text{ } \equiv \end{array} \right\} \text{P.C.} \left\{ \begin{array}{l} \equiv 0,4 \text{ kg cm}^{-2} \text{ incrementa} \\ \equiv 1,6 \text{ kg cm}^{-2} \text{ decrece} \end{array} \right\} \text{HV}_{10}$$

P. : 50g

$$\left. \begin{array}{l} 0,2 \text{ } \equiv \\ 0,8 \text{ } \equiv \end{array} \right\} \text{P.C.} \left\{ \begin{array}{l} \equiv 0,8 \text{ kg cm}^{-2} \text{ incrementa} \\ \equiv 1,6 \text{ kg cm}^{-2} \text{ estable} \end{array} \right\} \text{HV}_{50}$$

P. : 100g

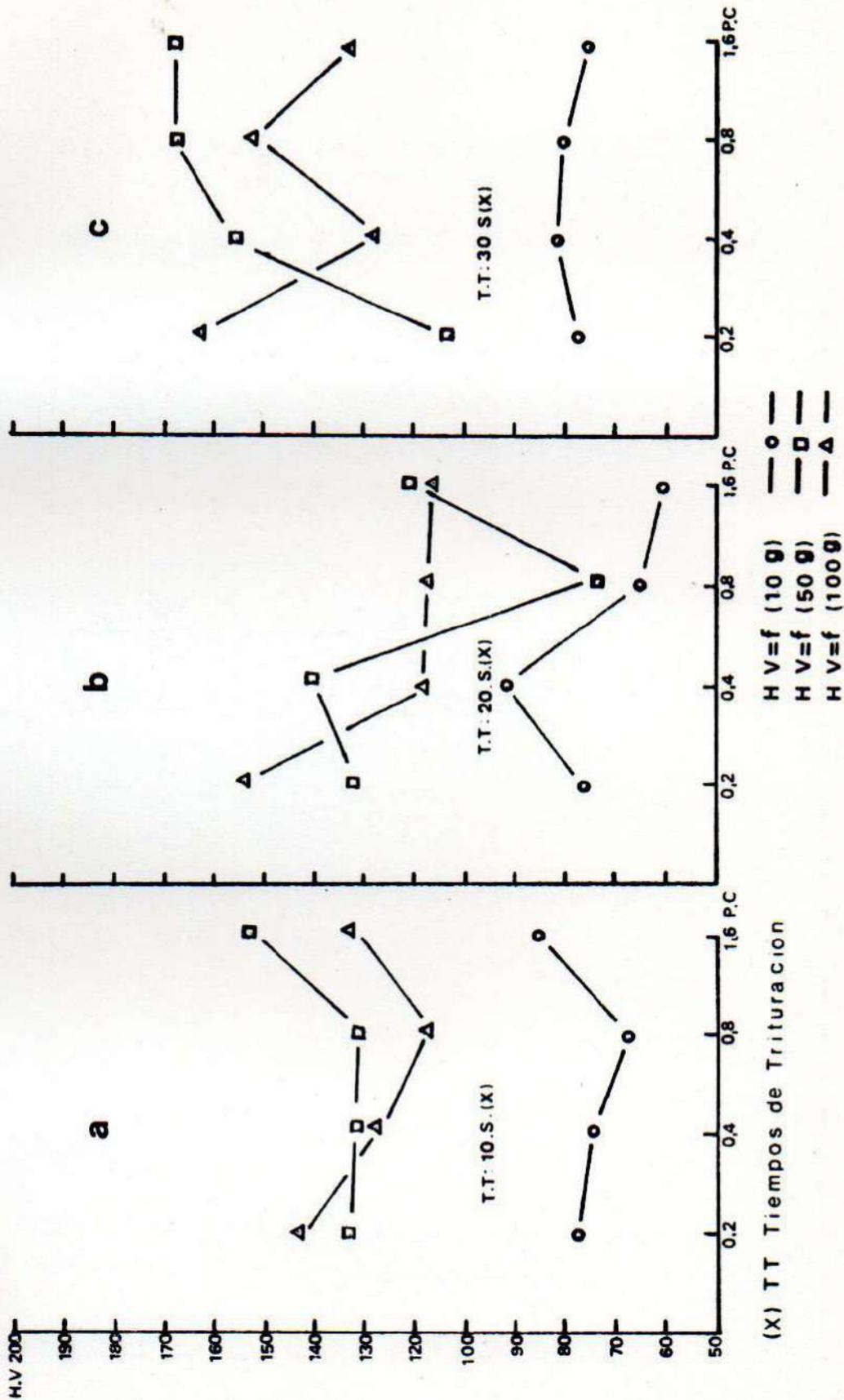
$$\left. \begin{array}{l} 0,2 \text{ } \equiv \\ 0,4 \text{ } \equiv \\ 0,8 \text{ } \equiv \end{array} \right\} \text{P.C.} \left\{ \begin{array}{l} \equiv 0,4 \text{ kg cm}^{-2} \text{ disminuye} \\ \equiv 0,8 \text{ kg cm}^{-2} \text{ incrementa} \\ \equiv 1,6 \text{ kg cm}^{-2} \text{ disminuye} \end{array} \right\} \text{HV}_{100}$$

Los máximos valores de HV se obtuvieron con:

$$\text{P.C.} = \begin{array}{l} 0,8 - 1,6 \text{ kg cm}^{-2} \\ 0,2 \text{ kg cm}^{-2} \end{array} \longrightarrow \left. \begin{array}{l} \text{HV}_{50} \\ \text{HV}_{100} \end{array} \right\}$$

Fig 11 Microdureza Vickers (H.V)de amalgama (c/aleacion base Luna Atomic)en

Función de la Presión de Condensacion PC



[Handwritten signature]

3.3. Aleación Base Ventura 67

Fig.12 (a,b,c)

Fig.12 (a)

T.T. : 10s

P. : 10g

$\left. \begin{array}{l} 0.2 \text{ M} \\ 0.8 \text{ M} \end{array} \right\}$	P.C.	$\left[\begin{array}{l} \text{M} 0.8 \text{ kg cm}^{-2} \text{ incrementa} \\ \text{M} 1.6 \text{ kg cm}^{-2} \text{ decrece} \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{HV}_{10}$
---	------	--	---

P. : 50g

$\left. \begin{array}{l} 0.2 \text{ M} \\ 0.4 \text{ M} \\ 0.8 \text{ M} \end{array} \right\}$	P.C.	$\left[\begin{array}{l} \text{M} 0.4 \text{ kg cm}^{-2} \text{ estable} \\ \text{M} 0.8 \text{ kg cm}^{-2} \text{ incrementa} \\ \text{M} 1.6 \text{ kg cm}^{-2} \text{ decrece} \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{HV}_{50}$
--	------	---	--

P. : 100g

$\left. \begin{array}{l} 0.2 \text{ M} \\ 0.4 \text{ M} \\ 0.8 \text{ M} \end{array} \right\}$	P.C.	$\left[\begin{array}{l} \text{M} 0.4 \text{ kg cm}^{-2} \text{ decrece} \\ \text{M} 0.8 \text{ kg cm}^{-2} \text{ incrementa} \\ \text{M} 1.6 \text{ kg cm}^{-2} \text{ decrece} \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{HV}_{100}$
--	------	---	---

Los mayores valores de HV se obtubieron con:

$$\text{P.C.} = \begin{array}{l} 0.8 \text{ kg cm}^{-2} \\ 0.8 \text{ kg cm}^{-2} \\ 0.2 \text{ kg cm}^{-2} \end{array} \longrightarrow \left. \begin{array}{l} \text{HV}_{10} \\ \text{HV}_{50} \\ \text{HV}_{100} \end{array} \right\}$$

Fig.12_(b)

T.T. : 20s

P. : 10g

0.2 	P.C.	 0.4 kg cm ⁻² incrementa	} HV ₁₀
0.4 		 0.8 kg cm ⁻² decrece	
0.8 		 1.6 kg cm ⁻² incrementa	

P. : 50g

0.2 	P.C.	 0.4 kg cm ⁻² incrementa	} HV ₅₀
0.4 		 0.8 kg cm ⁻² estable	
0.8 		 1.6 kg cm ⁻² decrece	

P. : 100g

0.2 	P.C.	 0.4 kg cm ⁻² decrece	} HV ₁₀₀
0.4 		 0.8 kg cm ⁻² incrementa	
0.8 		 1.6 kg cm ⁻² decrece	

Los mayores valores de HV se obtuvieron con:

P.C. =	0.4 kg cm ⁻²	→	} HV ₁₀	
	0.4 kg cm ⁻²			} HV ₅₀
	0.8 kg cm ⁻²			

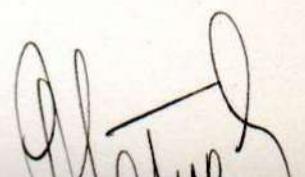


Fig.12 (c)

T.T. : 30s

P. : 10g

0.2	W	P.C.	W	0.4 kg cm ⁻²	incrementa	} HV ₁₀
0.4	W		W	0.8 kg cm ⁻²	decrece	
0.8	W		W	1.6 kg cm ⁻²	incrementa	

P. : 50g

0.2	W	P.C.	W	0.4 kg cm ⁻²	estable	} HV ₅₀
0.4	W		W	0.8 kg cm ⁻²	decrece	
0.8	W		W	1.6 kg cm ⁻²	incrementa	

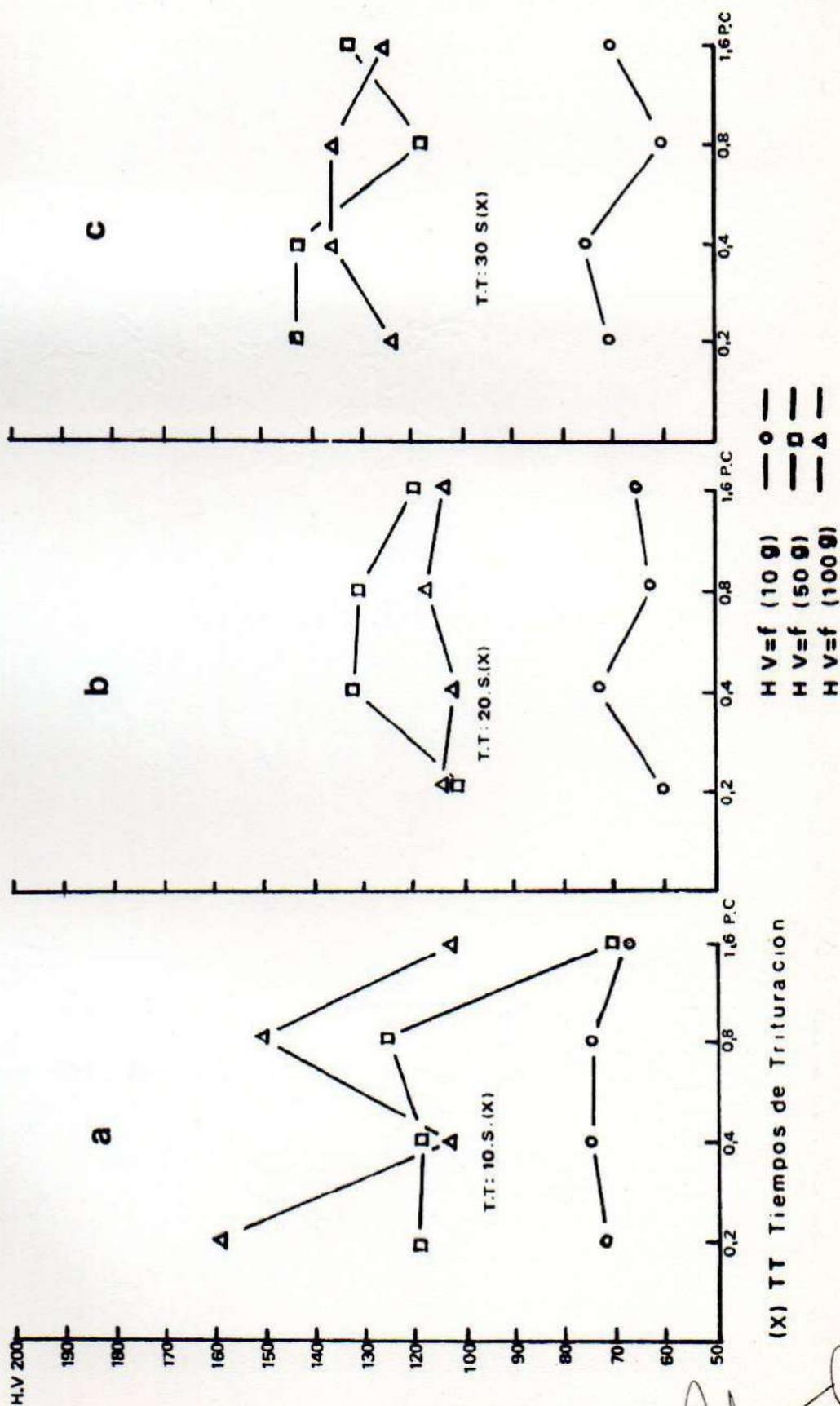
P. : 100g

0.2	W	P.C.	W	0.4 kg cm ⁻²	incrementa	} HV ₁₀₀
0.4	W		W	0.8 kg cm ⁻²	estable	
0.8	W		W	1.6 kg cm ⁻²	decrece	

Los mayores valores de HV se obtubieron con:

P.C. =	0.4 kg cm ⁻²	→	}	HV ₁₀
	0.2 kg cm ⁻²			HV ₅₀
	0.8 kg cm ⁻²			HV ₁₀₀

Fig 12 Microdureza Vickers (H.V)de amalgama (c/aleacion base Ventura 67) en Función de la Presión de Condensacion PC



4. Constante C de la ley de Meyer

El análisis de dureza de las amalgamas mediante el empleo de la ley de potencia de Meyer:

$$P = C \cdot d^n \quad /1/$$

supone que C y n son esencialmente características de cada material. Sin embargo los diferentes resultados obtenidos para n (función de las variables examinadas -v/cap. IV) implicaban que también C podría asumir diferentes valores. Los resultados obtenidos aplicando la relación:

$$h = C = \frac{P}{d^n} \quad /2/$$

que define la dureza unitaria ⁽¹⁹⁾ confirmaron parcialmente la hipótesis antes formulada. La Tabla IX resume los valores de la constante C de Meyer correspondiente a las amalgamas en estudio. Dichos valores han sido establecidos para n (1,2,3) definidos en función de las variables: aleación base, tiempos de trituración, presión de condensación y cargas aplicadas al diamante Vickers.

El análisis de dichos métodos permite observar:

- C no siempre varía con n según lo demuestran los siguientes porcentajes:

Amalgama Aleación Base	Porcentaje de un mínimo valor para C
LUXALLOY	56
LUNA ATOMIC	56
VENTURA 67	39

- C si bién es considerada constante típica de cada material en el caso de las amalgamas estudiadas, este criterio se cumple solo parcialmente;
- la incidencia de las variables T.T. y P.C. en función de la carga aplicada en cada amalgama permitió determinar la magnitud de los porcentajes de valores C diferentes:

Amalgama Aleación Base	P (g)		
	10	50	100
LUXALLOY	38	25	25
LUNA ATOMIC	17	58	50
VENTURA 67	50	42	58

La fig. 13 ilustra gráficamente los resultados examinados incluyéndose los datos de los errores: cuadrático medio, medio del promedio, medio percentual del promedio y standar. La magnitud de los errores citados e introducidos en la evaluación de C -en cada tipo de amalgama- denota la incidencia que n ejerce sobre aquélla, según se hayan empleado en su determinación valores de $tg \alpha$ en función de P(50 y 100g) ó P(10, 50 y 100g).

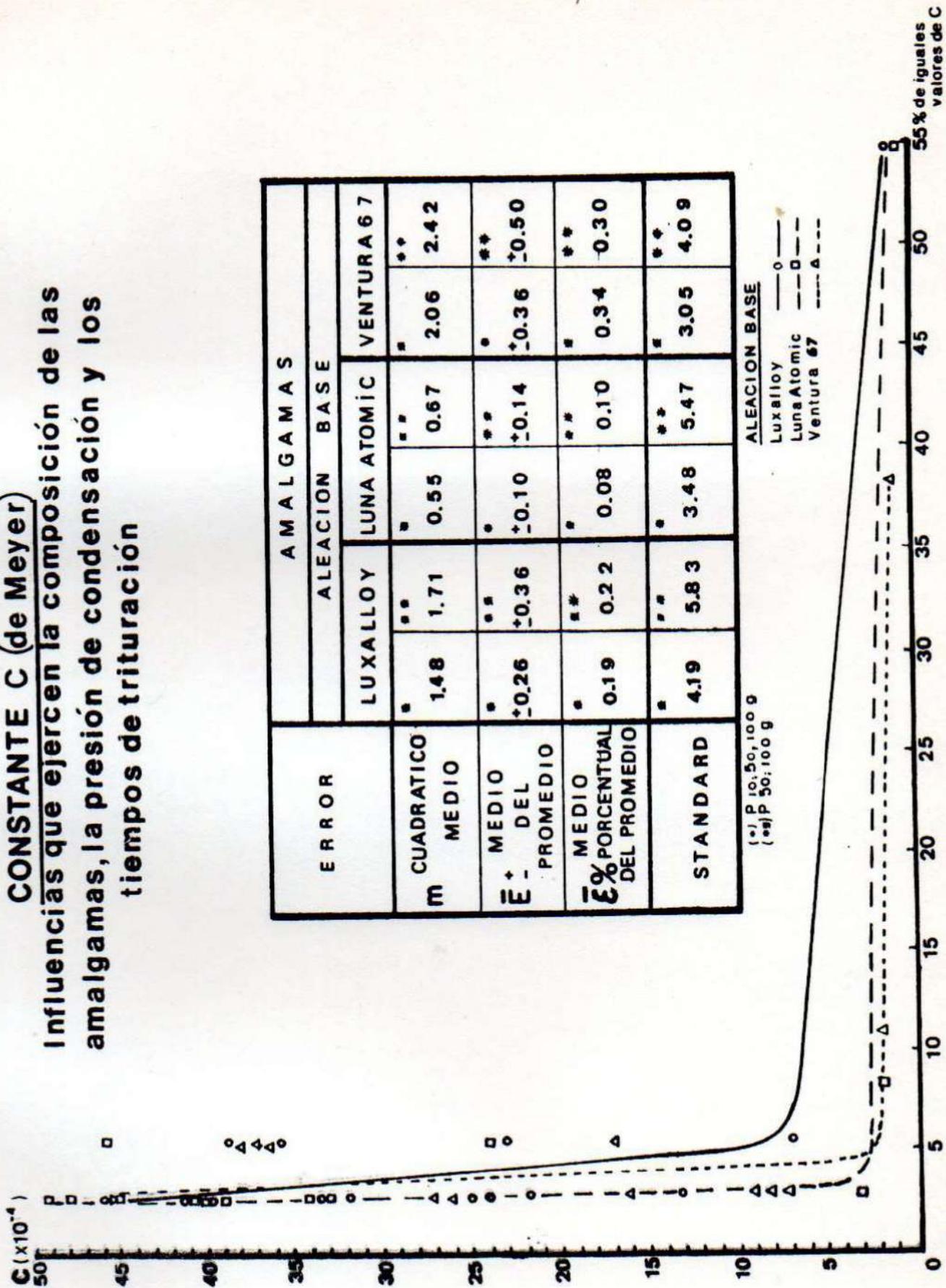
La determinación del error standard puso en evidencia la desviación standard del promedio de los valores de C. Dicho error originado por influencias extrañas al proceso experimental establece el límite de las fluctuaciones aceptables según se haya empleado en la estimación de C los valores de $n_{(1,2)}$ ó $n_{(1,2,3)}$.

Tabla IX

AMALGAMAS: Valor de la constante C (de Meyer)

Aleacion Base	P (g)	P.C kg/cm ²	C ₁ (x10 ⁻²)	C ₂ (x10 ⁻²)	C ₃ (x10 ⁻²)
			Tiempo de Trituración		
			10 s	20 s	30 s
LUXALLOY	10	0.212	0.23	0.29	0.22
		0.425	0.39	0.40	0.39
		0.845	0.46	1.00	0.23
		1.695	0.36	1.00	0.36
	50	0.212	0.25	0.32	0.24
		0.425	1.00	1.00	1.00
		0.845	1.00	1.00	1.00
		1.695	1.00	1.00	1.00
	100	0.212	1.00	1.00	1.00
		0.425	1.00	1.00	1.00
		0.845	7.00	0.13	7.00
		1.695	1.00	1.00	1.00
LUNA.ATOMIC	10	0.212	1.00	1.00	1.00
		0.425	1.00	1.00	1.00
		0.845	0.46	1.00	0.45
		1.695	1.00	1.00	1.00
	50	0.212	0.49	1.00	0.48
		0.425	2.00	3.00	2.00
		0.845	1.00	1.00	1.00
		1.695	0.24	0.33	0.24
	100	0.212	0.41	0.34	0.46
		0.425	1.00	2.00	1.00
		0.845	0.40	1.00	0.39
		1.695	1.00	1.00	1.00
VENTURA 67	10	0.212	0.17	0.16	0.17
		0.425	2.00	2.00	2.00
		0.845	0.36	0.38	0.36
		1.695	1.00	1.00	1.00
	50	0.212	0.27	0.34	0.26
		0.425	1.00	2.00	1.00
		0.845	0.37	1.00	0.37
		1.695	1.00	1.00	1.00
	100	0.212	1.00	1.00	1.00
		0.425	0.41	1.00	0.38
		0.845	8.00	9.00	7.00
		1.695	0.46	1.00	0.45

CONSTANTE C (de Meyer)
Influencias que ejercen la composición de las amalgamas, la presión de condensación y los tiempos de trituración



ERROR	AMALGAMAS					
	ALEACION BASE					
	LUXALLOY	LUNA ATOMIC		VENTURA 67		
\bar{m} CUADRATICO MEDIO	1.48	0.55	0.67	2.06	2.42	
$\bar{E} \pm$ MEDIO DEL PROMEDIO	± 0.26	± 0.10	± 0.14	± 0.36	± 0.50	
\bar{E} % PORCENTUAL DEL PROMEDIO	0.19	0.08	0.10	0.34	0.30	
STANDARD	4.19	3.48	5.47	3.05	4.09	

(*) P 10; 50; 100 g
 (**) P 50; 100 g

Fig 13

[Handwritten signature]

5. Anisotropía de Dureza Vickers (A_{HV})

Los valores de la desviación standard del cociente HV_1/HV de cada probeta de las diversas amalgamas, establecidas en función de las variables experimentales; composición de la aleación base, P.C., T.T. y P. (v/capítulo V) se resumen en las Tablas XI, XII, XIII.

La evaluación de los resultados obtenidos se realizó aplicando el siguiente criterio de análisis:

- porcentaje de valores influenciados por cada variable;
- diferencia entre valores extremos;
- porcentaje de valores anómalos.

La Tabla XIII resume la magnitud de la influencia de las variables citadas.

Su exámen permite advertir lo siguiente:

- los T.T. tienen su mayor incidencia sobre A_{HV} en las amalgamas obtenidas con aleación base Luna Atomic, mientras que para las otras dos ^{se} resultó más significativa;
- los P.C. también influyen sobre los valores A_{HV} en particular en el caso de las amalgamas con la aleación base Ventura 67;
- la variable P. también afectó a las diversas amalgamas siendo la influencia más significativa en el caso que se utilizó aleación base Luxalloy;
- la diferencia de valores máximos y mínimos A_{HV} en función de las variables P.C., T.T. y P. resultó en general muy reducido con excepción del caso de la variable T.T. para la amalgama obtenida con aleación base Ventura 67;

- en el caso que se observaron valores anómalos el porcentaje de las mismas resultó poco significativo ($\leq 6\%$).

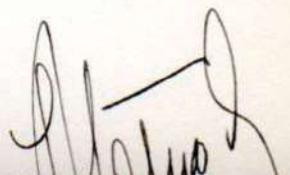
A handwritten signature in black ink, located in the bottom right corner of the page. The signature is cursive and appears to be a name, possibly "Alfonso".

TABLA X AMALGAMA NI (ALCALCIN) BASE LUXALLOYS I ANISOTROPIA DE DUREZA VICKERS MOJA

PROBETA I NUMERO	PRESION DE CONDENSACION I [Kg.cm ⁻²]	TIEMPO DE TRITURACION I [s]	CANCA I APLICADA I [g]	HV ₁ I [Kg.mm ⁻²]	HV ₂ I [Kg.mm ⁻²]	HV I [Kg.mm ⁻²]	COEFICIENTE DE I ANISOTROPIA DE I DUREZA VICKERS I	TASA DE DEFORMACION I PUNTUAL I DP%
1	0.212	10	10	77.09	70.09	73.90	0.110	0.360
1	0.212	10	50	142.44	142.44	145.50	0.022	0.610
1	0.212	10	100	148.40	155.90	151.20	0.101	0.659
2	0.425	10	10	90.49	97.14	93.70	0.153	0.340
2	0.425	10	50	160.20	156.90	158.50	0.067	0.564
2	0.425	10	100	188.60	198.40	193.50	0.122	0.740
3	0.645	10	10	74.06	77.42	76.50	0.077	0.371
3	0.645	10	50	179.00	171.70	175.70	0.096	0.550
3	0.645	10	100	155.20	147.30	151.20	0.100	0.642
4	1.095	10	10	74.38	75.66	75.00	0.067	0.374
4	1.095	10	50	167.70	170.50	169.10	0.066	0.560
4	1.095	10	100	146.70	153.60	150.10	0.116	0.844
5	0.212	20	10	75.09	74.20	76.90	0.097	0.385
5	0.212	20	50	153.90	150.70	152.30	0.067	0.603
5	0.212	20	100	151.40	157.10	154.20	0.103	0.697
6	0.425	20	10	95.39	97.20	97.60	0.054	0.322
6	0.425	20	50	171.30	169.10	170.30	0.057	0.562
6	0.425	20	100	165.40	170.20	167.70	0.091	0.800
7	0.645	20	10	87.70	90.30	89.00	0.091	0.350
7	0.645	20	50	179.60	175.40	177.50	0.073	0.523
7	0.645	20	100	152.00	147.20	149.60	0.083	0.844
8	1.095	20	10	98.34	99.40	99.80	0.043	0.331
8	1.095	20	50	173.30	196.30	185.10	0.215	0.940
8	1.095	20	100	163.70	158.90	161.40	0.082	0.610
9	0.212	30	10	94.74	104.00	99.40	0.176	0.324
9	0.212	30	50	156.90	162.00	159.40	0.095	0.571
9	0.212	30	100	164.90	173.30	169.10	0.121	0.799
10	0.425	30	10	84.16	89.97	87.10	0.143	0.360
10	0.425	30	50	146.30	161.30	153.80	0.181	0.690
10	0.425	30	100	147.40	153.50	150.50	0.107	0.650
11	0.645	30	10	48.93	66.44	57.70	0.380	0.430
11	0.645	30	50	171.20	147.90	159.60	0.103	0.504
11	0.645	30	100	135.30	151.20	143.30	0.193	0.684
12	1.095	30	10	73.01	79.87	76.80	0.164	0.374
12	1.095	30	50	120.20	122.60	121.40	0.072	0.574
12	1.095	30	100	124.00	138.00	131.00	0.169	0.804

AMALGAMA NI (ALEACION BASE LUNA ATOMICA) ANISOTROPIA DE DUREZA VICKERS

PROBETA	PRESION DE	TIEMPO DE	ARGA	HV ₁	HV ₂	HV	COEFICIENTE DE	TASA DE
NUMERO	CONDENSACION	TRITURACION	APLICADA	[kg.mm ⁻²]	[kg.mm ⁻²]	[kg.mm ⁻²]	ANISOTROPIA DE	DEFORMACION
[kg.cm ⁻²]	[s]	[g]	[kg.mm ⁻²]	[kg.mm ⁻²]	[kg.mm ⁻²]	[kg.mm ⁻²]	DUREZA VICKERS	PUNTUAL
							AHV	Dp%
12	0.212	10	10	76.54	81.24	78.90	0.134	0.369
13	0.212	10	50	132.10	137.10	134.60	0.103	0.629
13	0.212	10	100	144.40	141.30	142.90	0.071	0.866
14	0.425	10	10	70.96	76.75	74.90	0.188	0.379
14	0.425	10	50	128.00	137.10	132.60	0.146	0.631
14	0.425	10	100	128.70	131.60	130.30	0.079	0.904
15	0.845	10	10	65.08	71.21	68.20	0.171	0.402
15	0.845	10	50	129.61	136.65	133.20	0.126	0.634
15	0.845	10	100	116.20	122.50	119.40	0.125	0.944
16	1.695	10	10	83.56	90.30	86.90	0.158	0.355
16	1.695	10	50	149.70	162.70	156.20	0.164	0.500
16	1.695	10	100	132.30	136.90	134.60	0.098	0.884
17	0.212	20	10	78.17	73.37	75.80	0.108	0.386
17	0.212	20	50	131.36	130.75	131.10	0.036	0.673
17	0.212	20	100	154.41	152.36	153.40	0.056	0.693
17	0.425	20	10	50.19	95.37	92.80	0.129	0.340
17	0.425	20	50	139.62	140.60	140.20	0.047	0.627
17	0.425	20	100	118.35	117.46	117.90	0.042	0.961
19	0.845	20	10	66.32	64.33	65.30	0.060	0.414
19	0.845	20	50	66.37	73.16	70.80	0.145	0.600
19	0.845	20	100	117.34	118.20	117.90	0.036	0.947
20	1.695	20	10	59.77	59.39	59.60	0.041	0.424
20	1.695	20	50	119.40	120.70	120.10	0.051	0.602
20	1.695	20	100	116.60	118.00	117.30	0.055	0.942
21	0.212	30	10	75.20	76.74	76.00	0.072	0.374
21	0.212	30	50	104.31	106.33	105.40	0.076	0.710
21	0.212	30	100	157.30	166.70	163.10	0.146	0.610
22	0.425	30	10	76.49	85.39	81.00	0.159	0.307
22	0.425	30	50	149.20	164.11	156.80	0.176	0.500
22	0.425	30	100	124.40	132.10	128.10	0.138	0.913
23	0.845	30	10	75.77	83.24	79.50	0.177	0.374
23	0.845	30	50	167.00	169.00	168.40	0.042	0.500
23	0.845	30	100	148.00	156.90	152.30	0.135	0.637
24	1.695	30	10	70.00	80.34	75.20	0.224	0.400
24	1.695	30	50	164.50	172.60	168.60	0.110	0.560
24	1.695	30	100	128.30	135.20	131.80	0.124	0.900

TABLE XII

AMALGAMA N1 (ALEACION BASE VENTURA 67) ANISOTROPIA DE DUREZA VICKERS

MOJA

PROBETA	PRESION DE CONDENSACION	TIEMPO DE TRITURACION	CARGA APLICADA	HV ₁	HV ₂	HV	COEFICIENTE DE ANISOTROPIA DE DUREZA VICKERS	TASA DE DEFORMACION PUNTUAL
NUMERO	[Kg.cm ⁻²]	[s]	[g]	[Kg.mm ⁻²]	[Kg.mm ⁻²]	[Kg.mm ⁻²]	AHV	DR %
25	0.212	10	10	66.91	77.36	71.70	0.247	0.394
25	0.212	10	50	115.00	122.50	118.70	0.136	0.667
25	0.212	10	100	158.60	161.30	159.80	0.070	0.816
26	0.425	10	10	74.97	76.94	75.40	0.093	0.576
26	0.425	10	50	116.60	117.60	117.10	0.046	0.674
26	0.425	10	100	98.65	102.16	100.50	0.097	1.047
27	0.845	10	10	69.46	78.27	73.60	0.208	0.392
27	0.845	10	50	124.08	127.09	125.60	0.080	0.689
27	0.845	10	100	135.45	154.26	153.90	0.139	0.899
28	1.695	10	10	66.02	68.08	67.10	0.090	0.417
28	1.695	10	50	168.58	71.70	70.00	1.352	0.882
28	1.695	10	100	108.50	116.50	112.50	0.150	1.116
29	0.212	20	10	56.40	64.40	60.20	0.210	0.424
29	0.212	20	50	107.70	119.50	110.60	0.125	0.694
29	0.212	20	100	112.40	116.60	114.50	0.107	0.765
30	0.425	20	10	762.50	724.50	74.50	2.092	0.266
30	0.425	20	50	139.50	130.25	135.00	0.109	0.634
30	0.425	20	100	105.50	105.50	104.60	0.074	1.011
31	0.845	20	10	65.56	61.44	63.00	0.088	0.414
31	0.845	20	50	136.00	131.37	133.70	0.066	0.631
31	0.845	20	100	119.50	117.60	116.50	0.059	0.747
32	1.695	20	10	67.60	65.00	66.40	0.092	0.400
32	1.695	20	50	120.40	119.70	120.00	0.035	0.667
32	1.695	20	100	112.50	113.20	113.00	0.030	0.970
33	0.212	30	10	66.40	74.60	70.40	0.206	0.391
33	0.212	30	50	136.50	146.10	142.30	0.127	0.615
33	0.212	30	100	122.50	127.50	124.90	0.104	0.740
34	0.425	30	10	78.40	80.80	76.90	0.185	0.576
34	0.425	30	50	136.00	151.20	143.80	0.185	0.605
34	0.425	30	100	136.50	141.50	138.90	0.105	0.675
35	0.845	30	10	54.90	60.60	57.70	0.194	0.432
35	0.845	30	50	114.40	120.40	117.40	0.123	0.677
35	0.845	30	100	132.40	140.00	136.10	0.132	0.656
36	1.695	30	10	69.70	79.50	71.50	0.24	0.352
36	1.695	30	50	126.60	135.10	132.00	0.116	0.634
36	1.695	30	100	121.90	129.20	125.50	0.132	0.920

TABLA XIII - Influencia de las variables T.T., P.C. y P. sobre la Anisotropía de Dureza Vickers de Amalgamas (Aleaciones Bases Luxalloy, Luna Atomic y Ventura 67).

CRITERIOS DE ANALISIS (*)	T.T.			P.C.			P		
	LUXALLOY	LUNA ATOMIC	VENTURA 67	LUXALLOY	LUNA ATOMIC	VENTURA 67	LUXALLOY	LUNA ATOMIC	VENTURA 67
PORCENTAJE DE VALORES INFLUENCIADOS POR CADA VARIABLE (tolerancia ± 0.02)	31	50	33	28	25	36	42	39	36
DIFERENCIA ENTRE VALORES EXTREMOS	0.29	0.12	1.29	0.07	0.04	0.13	0.26	0.10	0.15
VALORES ANOMALOS %	—	—	6	3	—	6	3	—	6

(*) Cantidad de datos evaluados: 4.860

T.T. Tiempo de trituración

P.C. Presión de condensación

P. Carga aplicada

6. Tasa de Deformación Puntual (Dp %)

Los valores experimentales de Dp (%) para las diversas amalgamas, establecidos en función de las variables: tiempo de trituración (T.T.), presión de condensación (P.C.) y carga aplicada sobre el penetrador Vickers (P.) se resumen en las Tablas X, XI y XII.

La evaluación de los resultados obtenidos se efectuó en función de cada variable (P.P., P.C. y P.), considerada independientemente, aplicando el siguiente criterio de análisis:

- porcentaje de valores influenciadas por cada variable (tolerancia ± 0.02);
- diferencia entre valores extremos;
- porcentaje de resultados anómalos.

La Tabla XIV resume la magnitud de la influencia de las variables antes citadas. El examen de los valores obtenidos permite advertir lo siguiente:

- los T.T. tienen significativa incidencia sobre Dp% en las amalgamas obtenidas con aleación base Luna Atomic y Ventura 67 (61 y 56% respectivamente) /sólo en el caso de amalgama -aleación base Luxalloy- la incidencia es menos significativa (25%)/;
- la P.C. influye también sobre los valores de la deformación puntual, correspondiendo la más importante a la amalgama -aleación base Luxalloy-;
- la carga aplicada (P.) resultó la variable más significativa pues afecta el 100% de los valores de D.P.%;
- la diferencia entre valores máximos y mínimos de la Dp% en función de las variables T.T., P.C. y P.

consideradas separadamente, es muy reducida ($\leq 0,72$);
- el porcentaje de valores anómalos también resulto
poco significativo ($\leq 6\%$) o nulo.

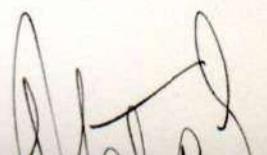


TABLA XIV - Influencia de las variables T.T., P.C. y P. sobre la Tasa de Deformación Puntual (Dp%) de Amalgamas (Aleaciones Bases Luxalloy, Luna Atomic y Ventura 67).

CRITERIOS DE ANALISIS (*)	T.T.			P.C.			P		
	LUXALLOY	LUNA ATOMIC	VENTURA 67	LUXALLOY	LUNA ATOMIC	VENTURA 67	LUXALLOY	LUNA ATOMIC	VENTURA 67
PORCENTAJE DE VALORES INFLUENCIADOS POR CADA VARIABLE (tolerancia ± 0.02)	25	61	56	36	28	30	100	100	100
DIFERENCIA ENTRE VALORES EXTREMOS	0.13	0.31	0.56	0.11	0.10	0.30	0.53	0.54	0.72
VALORES ANOMALOS %	—	6	3	—	—	—	—	—	—

(*) Cantidad de datos evaluados: 4.860

T.T. Tiempo de trituración

P.C. Presión de condensación

P. Carga aplicada

7. Estereología

7.1. Análisis micrográfico cualitativo

La morfología y tamaño de las partículas de aleación base inciden sobre la heterogeneidad estructural de las amalgamas. Ello resulta más evidente cuando dichas partículas pertenecen a una aleación base convencional (Ventura 67).

En cambio, la influencia de T.T. es menos significativa, en las condiciones experimentales en el presente trabajo.

La P.C. no modifica sensiblemente las estructuras. Sin embargo, incide en particular sobre la porosidad de las amalgamas.

En resumen: la heterogeneidad estructural de las amalgamas es principalmente consecuencia no solo de las diversas fases, sino también de la morfología y dimensión de las partículas de aleación base utilizada en cada caso. En general, las amalgamas obtenidas con partículas de aleación base esferoidal presentan texturas más uniformes.

7.2. Análisis microestructural cuantitativo

La evaluación de las estructuras mediante parámetros estereológicos permitió -en función de la composición de la aleación base utilizada y de las variables consideradas durante su elaboración- determinar cantidad de fases, concentración, distribución, morfología y tamaño de las mismas.

Las figuras 1 a 3 ilustran estructuras típicas pertenecientes a cada clase de amalgama.

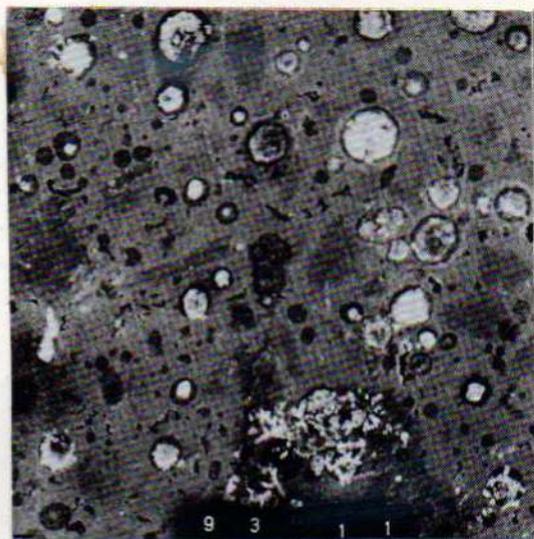
El análisis de los parámetros L_3 , N_V , S_V y V_V correspondiente a amalgamas elaboradas con aleación base Luxa-

A M A L G A M A

(Aleación base Luxalloy)

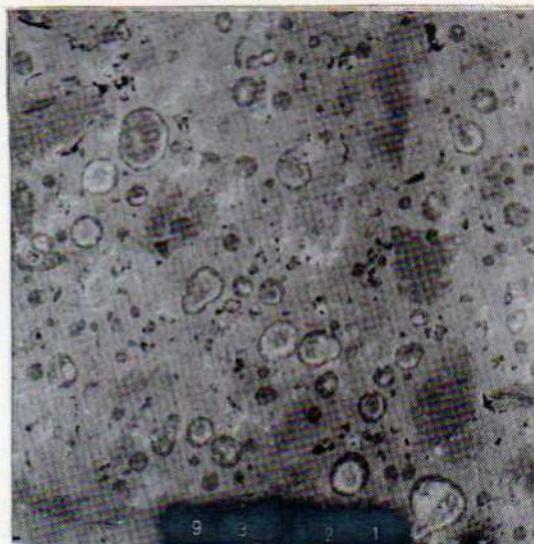
T.T. : 10 s
 P.C. : 1.695 kg.cm⁻²
 kg.mm⁻²

\overline{HV}_{10} : 75.0	$n(1,2,3)$ 2.87
\overline{HV}_{50} : 169.1	
\overline{HV}_{100} : 150.1	



T.T. : 20 s
 P.C. : 1.695 kg.cm⁻²
 kg.mm⁻²

\overline{HV}_{10} : 99.8	$n(1,2,3)$ 2.60
\overline{HV}_{50} : 185.1	
\overline{HV}_{100} : 161.4	



T.T. : 30 s
 P.C. : 1.695 kg.cm⁻²
 kg.mm⁻²

\overline{HV}_{10} : 76.8	$n(1,2,3)$ 2.63
\overline{HV}_{50} : 121.4	
\overline{HV}_{100} : 131.0	

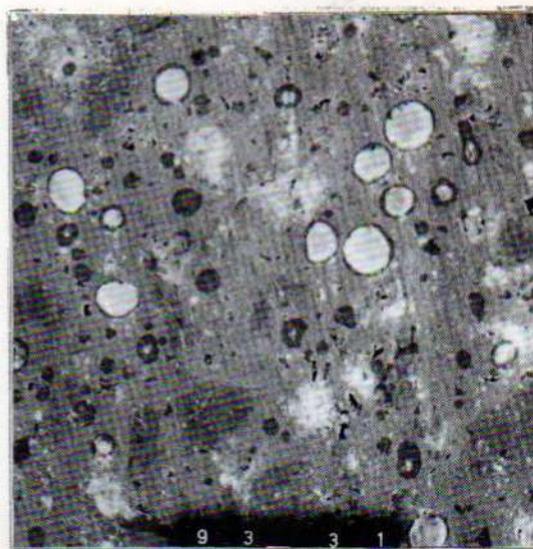


Fig. 1 - Microestructuras electrónicas de barrido (300 X)

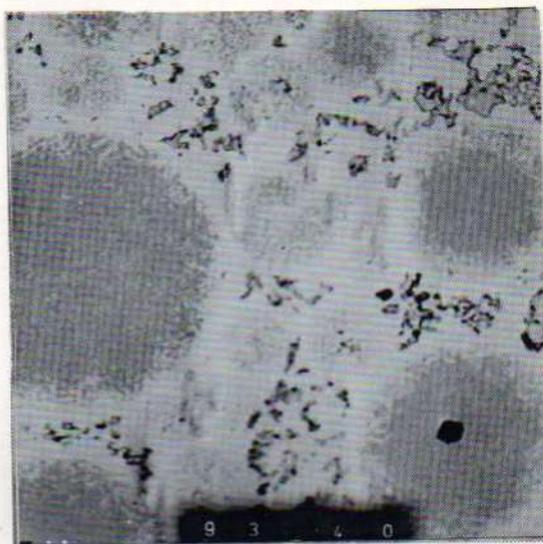
[Handwritten signature]

A M A L G A M A

(Aleación base Luna Atomic)

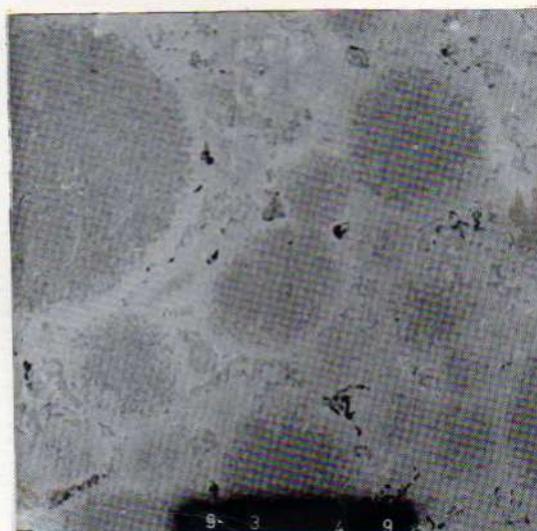
T.T. : 10 s
P.C. : 1.695 kg.cm⁻²
kg.mm⁻²
HV₁₀ : 86.9
HV₅₀ : 156.2
HV₁₀₀ : 134.6

n(1,2,3)
2.55



T.T. : 20 s
P.C. : 1.695 kg.cm⁻²
kg.mm⁻²
HV₁₀ : 59.6
HV₅₀ : 120.1
HV₁₀₀ : 117.3

n(1,2,3)
2.89



T.T. : 30 s
P.C. : 1.695 kg.cm⁻²
kg.mm⁻²
HV₁₀ : 75.2
HV₅₀ : 168.6
HV₁₀₀ : 131.8

n(1,2,3)
2.60



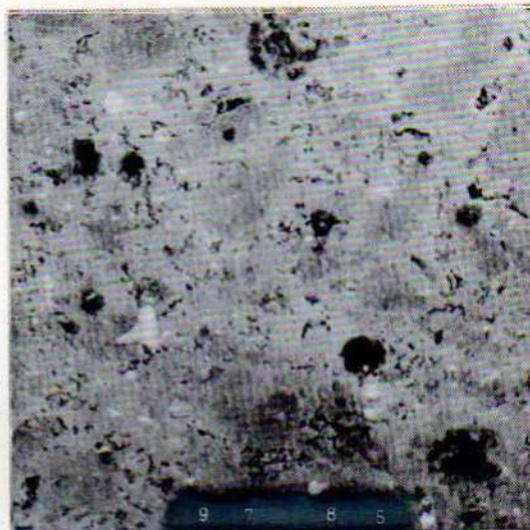
Fig. 2 - Microestructuras electrónicas de barrido (300 X)

A M A L G A M A

(Aleación base Ventura 67)

T.T. : 10 s
P.C. : 0.845 kg.cm⁻²
kg.mm⁻²
 \overline{HV}_{10} : 73.8
 \overline{HV}_{50} : 125.6
 \overline{HV}_{100} : 153.9

n(1,2,3)
3.05



T.T. : 20 s
P.C. : 0.845 kg.cm⁻²
kg.mm⁻²
 \overline{HV}_{10} : 63.0
 \overline{HV}_{50} : 133.7
 \overline{HV}_{100} : 118.5

n(1,2,3)
2.77



T.T. : 30 s
P.C. : 0,845 kg.cm⁻²
kg.mm⁻²
 \overline{HV}_{10} : 57.7
 \overline{HV}_{50} : 117.4
 \overline{HV}_{100} : 136.1

n(1,2,3)
2.74



Fig. 3 - Microestructuras electrónicas de barrido (300 X)

[Handwritten signature]

PARAMETROS ESTEREOLOGICOS

TABLA I : Amalgama Aleación Base Luxalloy

Probeta n°	$N_V \times 10^5$ mm^{-3} (*)	$S_V \times 10^2$ mm^{-1} (*)	L_3 mm (*)	V_V mm^0 (**)	V_V mm^0 (*)
1	4,3	1,3	11,33	66,36	33,64
3	3,8	1,5	9,16	66,4	33,6
4	3,0	1,0	10,73	74,4	25,6
5	3,2	1,0	11,96	70,9	29,1
7	4,1	1,0	10,75	73,8	26,2
8	3,6	1,0	13,12	66,89	33,1

(*) $\gamma + \text{Ag-Cu}$

(**) γ_1

TABLA II : Amalgamas Aleación Base Luna Atomic

Probeta n°	$N_V \times 10^5$ mm^{-3} (*)	$S_V \times 10^2$ mm^{-1} (*)	L_3 mm (*)	V_V mm^0 (**)	V_V mm^0 (*)
17	4,3	1,2	13,92	56,55	43,45
18	1,1	1,6	17,53	47,79	55,20
19	1,4	0,9	28,07	39,18	60,81
21	7,0	1,1	16,71	54,45	46,54
22	2,4	1,4	17,50	44,54	55,46
23	1,1	1,2	22,64	33,35	66,65

(*) $\gamma + \gamma_2$

(**) γ_1

lloy y Luna Atomic se resumen en las Tablas I y II respectivamente.

La incidencia de la composición química de la aleación base es manifiesta en particular en los valores V_V de las fases $\gamma + \text{Ag-Cu}$ y γ_1 y de $\gamma + \gamma_2$ y γ_1 para las amalgamas antes citadas.

A continuación se analizan los valores correspondientes a las fracciones de volumen de los diversos componentes de las amalgamas cristalizadas definidos en función de P.C. y T.T.:

Amalgama Aleación Base Luxalloy

$$V_V : \gamma + \text{Ag-Cu}$$

T.T. : 10s

$$\begin{array}{l} 0,2 \\ 0,8 \end{array} \left| \begin{array}{l} \text{P.C.} \\ \text{P.C.} \end{array} \right| \begin{array}{l} \text{estable} \\ \text{disminuye} \end{array}$$

T.T. : 20s

$$\begin{array}{l} 0,2 \\ 0,8 \end{array} \left| \begin{array}{l} \text{P.C.} \\ \text{P.C.} \end{array} \right| \begin{array}{l} \text{disminuye} \\ \text{incrementa} \end{array}$$

$$V_V : \gamma_1$$

T.T. : 10s

$$\begin{array}{l} 0,2 \\ 0,8 \end{array} \left| \begin{array}{l} \text{P.C.} \\ \text{P.C.} \end{array} \right| \begin{array}{l} \text{estable} \\ \text{incrementa} \end{array}$$

T.T. : 20s

$$\begin{array}{l} 0,2 \\ 0,8 \end{array} \left| \begin{array}{l} \text{P.C.} \\ \text{P.C.} \end{array} \right| \begin{array}{l} \text{incrementa} \\ \text{disminuye} \end{array}$$

Amalgama Aleación Base Luna Atomic

$$V_V : \gamma + \gamma_2$$

T.T. : 20s

0,2 \leq P.C. \leq 0,8 incrementa

T.T. : 30s

0,2 \leq P.C. \leq 0,8 incrementa

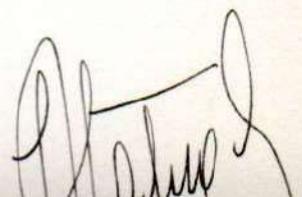
$$V_V : \gamma_1$$

T.T. : 20s

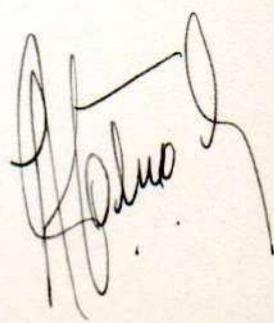
0,2 \leq P.C. \leq 0,8 disminuye

T.T. : 30s

0,2 \leq P.C. \leq 0,8 disminuye



CAPITULO IX
R E L A C I O N E S

A handwritten signature in black ink, located in the bottom right corner of the page. The signature is stylized and appears to be a name, possibly "H. H. H.", with a large flourish at the end.

1. Relaciones Dureza Vickers-Indice de Meyer

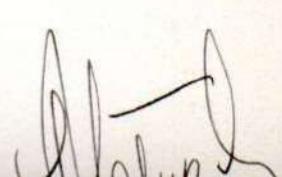
Los valores de dureza Vickers de las amalgamas han sido vinculados, mediante regresión lineal, con los valores del Indice de Meyer $n_{(1,2,3)}$. Las relaciones obtenidas indican las tendencias aproximadas que las diversas variables consideradas pueden ejercer. Para definir las leyes empíricas citadas se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- la ley de Meyer es válida en primera aproximación;
- los valores de P.C. y T.T. han sido considerados constantes (Tablas I a IX y X a XVIII respectivamente);
- para cada valor de P.C. se han empleado los T.T. correspondientes a 10, 20, 30 s simultáneamente (Tablas I a IX);
- para cada valor de T.T., recíprocamente, se han utilizado los de P.C. correspondientes a 0.212; 0.425; 0.845 y 1.695 kg.cm^{-2} (Tablas X a XVIII).

Las relaciones así establecidas permiten determinar en función del Indice de Meyer los valores de dureza correspondiente.

También ponen de manifiesto la incidencia que las variables consideradas en el presente trabajo pueden ejercer sobre los valores de dureza Vickers y el Indice de Meyer.

En resumen: Las tendencias aproximadas establecidas para las relaciones Dureza Vickers -Indice de Meyer no siempre han resultado coherentes. Ello debe atribuirse no solo a las variables experimentales y a la presencia de estructuras polifásicas, que favorecen en general resultados dispersos, sino también a la sensibilidad de la regresión lineal que amplifica la magnitud de los errores experimentales.



RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER
AMALGAMA ALEACION BASE LUXALLOY

TABLA I : P = 10g; n(1,2,3)

$HV_{10} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
1-5-9	0.212	(10-20-30)	$HV_{10} = 8.8 \times 10^2 n^{-2.2}$ /1/
2-6-10	0.425		$HV_{10} = 9.1 \times 10 n^{0.02}$ /2/
3-7-11	0.845		$HV_{10} = 5.6 \times 10^2 n^{-1.9}$ /3/
4-8-12	1.695		$HV_{10} = 5.2 \times 10^2 n^{-1.9}$ /4/

TABLA II : P = 50g; n(1,2,3)

$HV_{50} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
1-5-9	0.212	(10-20-30)	$HV_{50} = 2.8 \times 10^2 n^{-0.6}$ /1/
2-6-10	0.425		$HV_{50} = 2.2 \times 10^2 n^{-0.3}$ /2/
3-7-11	0.845		$HV_{50} = 2.9 \times 10^2 n^{-0.5}$ /3/
4-8-12	1.695		$HV_{50} = 6.6 \times 10 n^{0.9}$ /4/

TABLA III : P = 100g; n(1,2,3)

$HV_{100} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
1-5-9	0.212	(10-20-30)	$HV_{100} = 3.8 \times 10^2 n^{-0.8}$ /1/
2-6-10	0.425		$HV_{100} = 2.7 \times 10 n^{1.8}$ /2/
3-7-11	0.845		$HV_{100} = 1.9 \times 10^2 n^{-0.2}$ /3/
4-8-12	1.695		$HV_{100} = 1.3 \times 10^2 n^{0.12}$ /4/

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER

AMALGAMA ALEACION BASE LUNA ATOMIC

TABLA IV : P = 10g; n(1,2,3)

$HV_{10} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
13-17-21	0.212	(10-20-30)	$HV_{10} = 1.4 \times 10^2 n^{-0.6}$ /1/
14-18-22	0.425		$HV_{10} = 2.9 \times 10^2 n^{-1.4}$ /2/
15-19-23	0.845		$HV_{10} = 1.5 \times 10 n^{1.5}$ /3/
16-20-24	1.695		$HV_{10} = 1.1 \times 10^3 n^{-2.7}$ /4/

TABLA V : P = 50g; n(1,2,3)

$HV_{50} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
13-17-21	0.212	(10-20-30)	$HV_{50} = 1.2 \times 10^5 n^{-6.8}$ /1/
14-18-22	0.425		$HV_{50} = 1.9 \times 10^2 n^{-0.3}$ /2/
15-19-23	0.845		$HV_{50} = 6 \times 10^{-2} n^{7.7}$ /3/
16-20-24	1.695		$HV_{50} = 1.7 \times 10^3 n^{-2.5}$ /4/

TABLA VI : P = 100g; n(1,2,3)

$HV_{100} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
13-17-21	0.212	(10-20-30)	$HV_{100} = 7.4 n^3$ /1/
14-18-22	0.425		$HV_{100} = 2.1 \times 10^2 n^{0.5}$ /2/
15-19-23	0.845		$HV_{100} = 1.6 \times 10 n^{2.1}$ /3/
16-20-24	1.695		$HV_{100} = 3.8 \times 10^2 n^{-1.1}$ /4/

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER

AMALGAMA ALEACION BASE VENTURA 67

TABLA VII : P = 10g; $n_{(1,2,3)}$ $HV_{10} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
25-29-33	0.212	(10-20-30)	$HV_{10} = 5.5 \times 10 n^{0.2}$ /1/
26-30-34	0.425		$HV_{10} = 6.8 \times 10 n^{-0.1}$ /2/
27-31-35	0.845		$HV_{10} = 1.0 \times 10^{-2} n^{8.6}$ /3/
28-32-36	1,695		$HV_{10} = 5.4 \times 10 n^{-0.3}$ /4/

TABLA VIII : P = 50g; $n_{(1,2,3)}$ $HV_{50} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
25-29-33	0.212	(10-20-30)	$HV_{50} = 4 \times 10^2 n^{-1.1}$ /1/
26-30-34	0.425		$HV_{50} = 6.1 \times 10 n^{0.8}$ /2/
27-31-35	0,845		$HV_{50} = 2.1 \times 10 n^{1.2}$ /3/
28-32-36	1,695		$HV_{50} = 3.2 n^{3.7}$ /4/

TABLA IX : P = 100g; $n_{(1,2,3)}$ $HV_{100} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
25-29-33	0.212	(10-20-30)	$HV_{100} = 2.2 \times 10 n^{1.7}$ /1/
26-30-34	0.425		$HV_{100} = 2.7 \times 10 n^{1.6}$ /2/
27-31-35	0.845		$HV_{100} = 6.1 \times 10^{-1} n^{5.3}$ /3/
28-32-36	1,695		$HV_{100} = 7.4 \times 10 n^{0.5}$ /4/

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER
AMALGAMA ALEACION BASE LUXALLOY

TABLA X : P = 10g; n(1,2,3) $HV_{10} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
1	0.212	10	$HV_{10} = 5.4 \times 10 n^{0.37}$ /1/
2	0.425		
3	0.845		
4	1.695		
5	0.212	20	$HV_{10} = 4.6 \times 10^2 n^{-1.64}$ /2/
6	0.425		
7	0.845		
8	1.695		
9	0.212	30	$HV_{10} = 5.4 \times 10^2 n^{-1.9}$ /3/
10	0.425		
11	0.845		
12	1.695		

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER

AMALGAMA ALEACION BASE LUXALLOY

TABLA XI : P = 50g; n(1,2,3)

$HV_{50} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
1	0.212	10	$HV_{50} = 2.5 \times 10^3 n^{-2.6}$ /1/
2	0.425		
3	0.845		
4	1.695		
5	0.212	20	$HV_{50} = 4.7 \times 10^4 n^{-5.8}$ /2/
6	0.425		
7	0.845		
8	1.695		
9	0.212	30	$HV_{50} = 8.5 \times 10 n^{0.5}$ /3/
10	0.425		
11	0.845		
12	1.695		

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER

AMALGAMA ALEACION BASE LUXALLOY

TABLA XII : P = 100g; n(1,2,3)

$HV_{100} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
1	0.212	10	$HV_{100} = 4.2 \times 10 n^{1.3}$ /1/
2	0.425		
3	0.845		
4	1.695		
5	0.212	20	$HV_{100} = 2 \times 10^2 n^{-0.2}$ /2/
6	0.425		
7	0.845		
8	1.695		
9	0.212	30	$HV_{100} = 1.8 \times 10^2 n^{-0.2}$ /3/
10	0.425		
11	0.845		
12	1.695		

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER

AMALGAMA ALEACION BASE LUNA ATOMIC

TABLA XIII : P = 10g; n_(1,2,3)

$HV_{10} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
13	0,212	10	$HV_{10} = 8.7 \times 10^2 n^{-2.5}$ /1/
14	0,425		
15	0,845		
16	1,695		
17	0,212	20	$HV_{10} = 3.2 \times 10 n^{-0.12}$ /2/
18	0,425		
19	0,845		
20	1,695		
21	2,212	30	$HV_{10} = 8.8 \times 10 n^{-0.12}$ /3/
22	0,425		
23	0,845		
24	1,695		

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER

AMALGAMA ALEACION BASE LUNA ATOMIC

TABLA XIV : P = 50g; n(1,2,3)

$$HV_{50} = f(n)$$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
13	0.212	10	$HV_{50} = 1.5 \times 10^3 n^{-2.4}$ /1/
14	0.425		
15	0.845		
16	1.695		
17	0.212	20	$HV_{50} = 1.2 \times 10^2 n^{-0.04}$ /2/
18	0.425		
19	0.845		
20	1.695		
21	2.212	30	$HV_{50} = 7.5 \times 10^2 n^{-1.6}$ /3/
22	0.425		
23	0.845		
24	1.695		

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER

AMALGAMA ALEACION BASE LUNA ATOMIC

TABLA XV : P = 100g; n_(1,2,3)

$$HV_{100} = f(n)$$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
13	0.212	10	$HV_{100} = 1.9 \times 10^2 n^{0.4}$ /1/
14	0.425		
15	0.845		
16	1.695		
17	0.212	20	$HV_{100} = 8.4 \times 10 n^{0.4}$ /2/
18	0.425		
19	0.845		
20	1.695		
21	0.212	30	$HV_{100} = 2.3 \times 10 n^{1.8}$ /3/
22	0.425		
23	0.845		
24	1.695		

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER

AMALGAMA ALEACION BASE VENTURA 67

TABLA XVI : P = 10g; n(1,2,3)

$$HV_{10} = f(n)$$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
25	0.212	10	$HV_{10} = 6.8 \times 10 n^{0.06}$ /1/
26	0.425		
27	0.845		
28	1.695		
29	0.212	20	$HV_{10} = 2.3 \times 10^2 n^{-1.3}$ /2/
30	0.425		
31	0.845		
32	1.695		
33	2.212	30	$HV_{10} = 1.5 \times 10 n^{1.5}$ /3/
34	0.425		
35	0.845		
36	1.695		

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER

AMALGAMA ALEACION BASE VENTURA 67

TABLA XVII : P = 50g; n(1,2,3)

$HV_{50} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
25	0.212	10	$HV_{50} = 3.9 \times 10^2 n^{1.02}$ /1/
26	0.425		
27	0.845		
28	1.685		
29	0.212	20	$HV_{50} = 2.7 \times 10^2 n^{-0.8}$ /2/
30	0.425		
31	0.845		
32	1.695		
33	0.212	30	$HV_{50} = 1 \times 10^2 n^{0.3}$ /3/
34	0.425		
35	0.845		
36	1.695		

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER

AMALGAMA ALEACION BASE LUNA ATOMIC

TABLA IV : P = 10g; n(1,2,3)

$HV_{10} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
13-17-21	0.212	(10-20-30)	$HV_{10} = 1.4 \times 10^2 n^{-0.6}$ /1/
14-18-22	0.425		$HV_{10} = 2.9 \times 10^2 n^{-1.4}$ /2/
15-19-23	0.845		$HV_{10} = 1.5 \times 10 n^{1.5}$ /3/
16-20-24	1.695		$HV_{10} = 1.1 \times 10^3 n^{-2.7}$ /4/

TABLA V : P = 50g; n(1,2,3)

$HV_{50} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
13-17-21	0.212	(10-20-30)	$HV_{50} = 1.2 \times 10^5 n^{-6.8}$ /1/
14-18-22	0.425		$HV_{50} = 1.9 \times 10^2 n^{-0.3}$ /2/
15-19-23	0.845		$HV_{50} = 6 \times 10^{-2} n^{7.7}$ /3/
16-20-24	1.695		$HV_{50} = 1.7 \times 10^3 n^{-2.5}$ /4/

TABLA VI : P = 100g; n(1,2,3)

$HV_{100} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
13-17-21	0.212	(10-20-30)	$HV_{100} = 7.4 n^3$ /1/
14-18-22	0.425		$HV_{100} = 2.1 \times 10^2 n^{0.5}$ /2/
15-19-23	0.845		$HV_{100} = 1.6 \times 10 n^{2.1}$ /3/
16-20-24	1.695		$HV_{100} = 3.8 \times 10^2 n^{-1.1}$ /4/

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER

AMALGAMA ALEACION BASE VENTURA 67

TABLA VII : P = 10g; $n_{(1,2,3)}$ $HV_{10} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
25-29-33	0.212	(10-20-30)	$HV_{10} = 5.5 \times 10 n^{0.2}$ /1/
26-30-34	0.425		$HV_{10} = 6.8 \times 10 n^{-0.1}$ /2/
27-31-35	0.845		$HV_{10} = 1.0 \times 10^{-2} n^{8.6}$ /3/
28-32-36	1,695		$HV_{10} = 5.4 \times 10 n^{-0.3}$ /4/

TABLA VIII : P = 50g; $n_{(1,2,3)}$ $HV_{50} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
25-29-33	0.212	(10-20-30)	$HV_{50} = 4 \times 10^2 n^{-1.1}$ /1/
26-30-34	0.425		$HV_{50} = 6.1 \times 10 n^{0.8}$ /2/
27-31-35	0,845		$HV_{50} = 2.1 \times 10 n^{1.2}$ /3/
28-32-36	1,695		$HV_{50} = 3.2 n^{3.7}$ /4/

TABLA IX : P = 100g; $n_{(1,2,3)}$ $HV_{100} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
25-29-33	0.212	(10-20-30)	$HV_{100} = 2.2 \times 10 n^{1.7}$ /1/
26-30-34	0.425		$HV_{100} = 2.7 \times 10 n^{1.6}$ /2/
27-31-35	0.845		$HV_{100} = 6.1 \times 10^{-1} n^{5.3}$ /3/
28-32-36	1,695		$HV_{100} = 7.4 \times 10 n^{0.5}$ /4/

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER
AMALGAMA ALEACION BASE LUXALLOY

TABLA X : P = 10g; n(1,2,3) $HV_{10} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
1	0.212	10	$HV_{10} = 5.4 \times 10 n^{0.37}$ /1/
2	0.425		
3	0.845		
4	1.695		
5	0.212	20	$HV_{10} = 4.6 \times 10^2 n^{-1.64}$ /2/
6	0.425		
7	0.845		
8	1.695		
9	0.212	30	$HV_{10} = 5.4 \times 10^2 n^{-1.9}$ /3/
10	0.425		
11	0.845		
12	1.695		

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER

AMALGAMA ALEACION BASE LUXALLOY

TABLA XI : P = 50g; n(1,2,3)

$HV_{50} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
1	0.212	10	$HV_{50} = 2.5 \times 10^3 n^{-2.6}$ /1/
2	0.425		
3	0.845		
4	1.695		
5	0.212	20	$HV_{50} = 4.7 \times 10^4 n^{-5.8}$ /2/
6	0.425		
7	0.845		
8	1.695		
9	0.212	30	$HV_{50} = 8.5 \times 10 n^{0.5}$ /3/
10	0.425		
11	0.845		
12	1.695		

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER

AMALGAMA ALEACION BASE LUXALLOY

TABLA XII : P = 100g; n(1,2,3)

$HV_{100} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
1	0.212	10	$HV_{100} = 4.2 \times 10 n^{1.3}$ /1/
2	0.425		
3	0.845		
4	1.695		
5	0.212	20	$HV_{100} = 2 \times 10^2 n^{-0.2}$ /2/
6	0.425		
7	0.845		
8	1.695		
9	0.212	30	$HV_{100} = 1.8 \times 10^2 n^{-0.2}$ /3/
10	0.425		
11	0.845		
12	1.695		

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER

AMALGAMA ALEACION BASE LUNA ATOMIC

TABLA XIII : P = 10g; n_(1,2,3)

$HV_{10} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
13	0,212	10	$HV_{10} = 8.7 \times 10^2 n^{-2.5}$ /1/
14	0,425		
15	0,845		
16	1,695		
17	0,212	20	$HV_{10} = 3.2 \times 10 n^{-0.12}$ /2/
18	0,425		
19	0,845		
20	1,695		
21	2,212	30	$HV_{10} = 8.8 \times 10 n^{-0.12}$ /3/
22	0,425		
23	0,845		
24	1,695		

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER

AMALGAMA ALEACION BASE LUNA ATOMIC

TABLA XIV : P = 50g; n(1,2,3)

$$HV_{50} = f(n)$$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
13	0.212	10	$HV_{50} = 1.5 \times 10^3 n^{-2.4}$ /1/
14	0.425		
15	0.845		
16	1.695		
17	0.212	20	$HV_{50} = 1.2 \times 10^2 n^{-0.04}$ /2/
18	0.425		
19	0.845		
20	1.695		
21	2.212	30	$HV_{50} = 7.5 \times 10^2 n^{-1.6}$ /3/
22	0.425		
23	0.845		
24	1.695		

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER

AMALGAMA ALEACION BASE LUNA ATOMIC

TABLA XV : P = 100g; n_(1,2,3)

$HV_{100} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
13	0.212	10	$HV_{100} = 1.9 \times 10^2 n^{0.4}$ /1/
14	0.425		
15	0.845		
16	1.695		
17	0.212	20	$HV_{100} = 8.4 \times 10 n^{0.4}$ /2/
18	0.425		
19	0.845		
20	1.695		
21	0.212	30	$HV_{100} = 2.3 \times 10 n^{1.8}$ /3/
22	0.425		
23	0.845		
24	1.695		

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER

AMALGAMA ALEACION BASE VENTURA 67

TABLA XVI : P = 10g; n(1,2,3)

$$HV_{10} = f(n)$$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
25	0.212	10	$HV_{10} = 6.8 \times 10 n^{0.06}$ /1/
26	0.425		
27	0.845		
28	1.695		
29	0.212	20	$HV_{10} = 2.3 \times 10^2 n^{-1.3}$ /2/
30	0.425		
31	0.845		
32	1.695		
33	2.212	30	$HV_{10} = 1.5 \times 10 n^{1.5}$ /3/
34	0.425		
35	0.845		
36	1.695		

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER

AMALGAMA ALEACION BASE VENTURA 67

TABLA XVII : P = 50g; n(1,2,3)

$HV_{50} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
25	0.212	10	$HV_{50} = 3.9 \times 10^2 n^{1.02}$ /1/
26	0.425		
27	0.845		
28	1.685		
29	0.212	20	$HV_{50} = 2.7 \times 10^2 n^{-0.8}$ /2/
30	0.425		
31	0.845		
32	1.695		
33	0.212	30	$HV_{50} = 1 \times 10^2 n^{0.3}$ /3/
34	0.425		
35	0.845		
36	1.695		

RELACIONES DUREZA VICKERS-INDICE DE MEYER

AMALGAMA ALEACION BASE VENTURA 67

TABLA XVIII : P = 100g; n(1,2,3)

$HV_{100} = f(n)$

Probetas n°	P.C. [kg.cm ⁻²]	T.T. [s]	Tendencia estimada
25	0.212	10	$HV_{100} = 3.2 \times 10 n^{1.5}$ /1/
26	0.425		
27	0.845		
28	1.695		
29	0.212	20	$HV_{100} = 5.9 \times 10 n^{0.7}$ /2/
30	0.425		
31	0.845		
32	1.695		
33	2.212	30	$HV_{100} = 2.3 \times 10 n^{1.7}$ /3/
34	0.425		
35	0.845		
36	1.695		

2. Relaciones Dureza-Estructura

La vinculación de valores de dureza Vickers de las amalgamas con parámetros estereológicos (N_V , S_V , V_V) se realizó por regresión lineal.

En el presente capítulo se consideran las relaciones esclerométricas-estereológicas correspondientes a las amalgamas elaboradas con aleaciones bases Luxalloy y Luna Atomic. Dichas relaciones pertenecen a las estructuras estimadas como más representativas.

Las Tablas I y II resumen las tendencias aproximadas que expresan -separadamente- las durezas en función de los parámetros estereológicos N_V , S_V , V_V para las amalgamas aleación base Luxalloy y Luna Atomic.

Los parámetros estereológicos cuantificados corresponden a las fases y/o partículas que se indican a continuación:

- Amalgama aleación base Luxalloy

N_V : γ y partículas eutécticas Ag-Cu

S_V : γ y partículas eutécticas Ag-Cu

V_V : γ + partículas Ag-Cu y γ_1

- Amalgama aleación base Luna Atomic

N_V : γ + γ_2

S_V : γ + γ_2

V_V : γ + γ_2 y γ_1

Las relaciones Dureza-Estructura ponen de manifiesto, al igual que en el caso de las relaciones Dureza-Índice de Meyer, tanto la incidencia de las variables experimentales en cada amalgama como la sensibilidad del análisis mediante regresión lineal.

Relaciones Dureza-Estructura

Amalgama Aleación Base Luxalloy

TABLA I : $HV = f(N_V) \gamma + Ag-Cu$; $HV = f(S_V) \gamma + Ag-Cu$;
 $HV = f(V_V) \gamma + Ag-Cu$; $HV = f(V_V) \gamma_1$

Probeta n°	P.C. [kg cm ⁻²]	T.T. [s]	P. [g]	Tendencia estimadas
1	0.212	10	10	$HV = 3.3 \times 10^4 N_V^{-0.5} \gamma + Ag-Cu$ $HV = 9.7 S_V^{0.4} \gamma + Ag-Cu$
3	0.845	10	10	$HV = 1.0 \times 10^{80} V_V^{-51} \gamma + Ag-Cu$ $HV = 1.0 \times 10^{-206} V_V^{114} \gamma_1$
4	1.695	10	50	$HV = 2.8 \times 10^{11} N_V^{-1.7} \gamma + Ag-Cu$ $HV = 1.0 \times 10^{-52} S_V^{27.6} \gamma + Ag-Cu$
5	0.212	20	50	$HV = 2.3 \times 10^3 V_V^{-0.8} \gamma + Ag-Cu$ $HV = 1.5 \times 10^{-2} V_V^{2.2} \gamma_1$
7	0.845	20	100	$HV = 5.4 \times 10^5 N_V^{-0.6} \gamma + Ag-Cu$ $HV = 5.6 \times 10^{-1} S_V^{1.2} \gamma + Ag-Cu$
8	1.695	20	100	$HV = 3.9 \times 10 V_V^{0.4} \gamma + Ag-Cu$ $HV = 9.0 \times 10^3 V_V^{-0.9} \gamma_1$

Relaciones Dureza- Estructura

Amalgama Aleación Base Luna Atomic

TABLA II : $HV = f(N_V) \gamma + \gamma_2$; $HV = f(S_V) \gamma + \gamma_2$;
 $HV = f(V_V) \gamma + \gamma_2$; $HV = f(V_V) \gamma_1$

Probeta n°	P.C. [kg. cm ⁻²]	T.T. [s]	P. g	Tendencias estimadas
17	0.212	20	10	$HV = 5.1 \times 10^2 N_V^{-0.15} \gamma + \gamma_2$ $HV = 1.6 S_V^{0.80} \gamma + \gamma_2$
18	0.425	20	10	$HV = 9.7 \times 10^3 V_V^{-1.2} \gamma + \gamma_2$ $HV = 8.1 \times 10^3 V_V^{-1.16} \gamma_1$
19	0.845	20	50	$HV = 1.1 \times 10^3 N_V^{-0.18} + 2$ $HV = 1.2 \times 10^5 S_V^{-1.49} \gamma + \gamma_2$
21	0.212	30	50	$HV = 1.8 V_V^{1.07} \gamma + \gamma_2$ $HV = 3.4 \times 10^3 V_V^{-0.87} \gamma_1$
22	0.425	30	100	$HV = 1.9 \times 10^3 N_V^{-0.22} + 2$ $HV = 1.1 \times 10^5 S_V^{-1.37} \gamma + \gamma_2$
23	0.845	30	100	$HV = 2.9 V_V^{0.94} \gamma + \gamma_2$ $HV = 1.2 \times 10^3 V_V^{-0.60} \gamma_1$

3. Relaciones Índice de Meyer-Estructura

Siendo el Índice de Meyer una de las expresiones de las durezas obtenidas (v/p.6) se exponen a continuación las tendencias aproximadas que surgen de vincular dicho índice con parámetros estereológicos mediante regresión lineal. Las Tablas I y II resumen las relaciones establecidas para las amalgamas aleación base Luxalloy y Luna Atomic respectivamente.

Tales relaciones evidencian la incidencia que tienen el conjunto de variables experimentales sobre los valores del Índice de Meyer, así como la sensibilidad del análisis por regresión lineal.

Relaciones Índice de Meyer-Estructura

Amalgama Aleación Base Luxalloy

TABLA I : $n = f(N_V)_{\gamma + Ag-Cu}$; $n = f(S_V)_{\gamma + Ag-Cu}$;
 $n = f(V_V)_{\gamma_1}$; $n = f(V_V)_{\gamma + Ag-Cu}$

Probeta n°	P.C. [kg. cm ⁻²]	T.T. [s]	P. [g]	HV	Tendencias estimadas
1	0.212	10	10	73,9	$n = 2.6 \times 10^{-3} N_V^{0.5}_{\gamma + Ag-Cu}$ $n = 3.4 \times 10 S_V^{-0.5}_{\gamma + Ag-Cu}$
3	0.845	10	10	78,5	$n = 1.9 \times 10^{22} V_V^{-12}_{\gamma_1}$ $n = 2.10 \times 10^{-93} V_V^{61.01}_{\gamma + Ag-Cu}$
4	1.695	10	50	169,1	$n = 7.1 \times 10^{-4} N_V^{0.7}_{\gamma + Ag-Cu}$ $n = 9.5 S_V^{-11}_{\gamma + Ag-Cu}$
5	0.212	20	50	152,3	$n = 1.1 \times 10^2 V_V^{-0.85}_{\gamma_1}$ $n = 1.02 V_V^{0.32}_{\gamma + Ag-Cu}$
7	0.845	20	100	149,6	$n = 1.0 N_V^{0.08}_{\gamma + Ag-Cu}$ $n = 5.2 S_V^{-0.15}_{\gamma + Ag-Cu}$
8	1.695	20	100	161,4	$n = 1.6 V_V^{0.12}_{\gamma_1}$ $n = 3.09 V_V^{-0.05}_{\gamma + Ag-Cu}$

Relaciones Índice de Meyer-Estructura

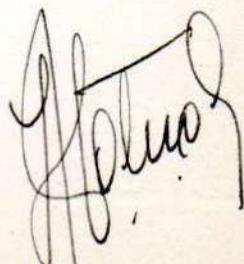
Amalgama Aleación Base Luna Atomic

TABLA II : $n = f(N_V) \gamma + \gamma_2$; $n = f(S_V) \gamma + \gamma_2$;

$n = f(V_V) \gamma_1$; $n = (V_V) \gamma + \gamma_2$

Probeta n°	P.C. [kg, cm ⁻²]	T.T. [s]	P. [g]	HV	Tendencias estimadas
17	0.212	20	10	75.8	$n = 0.5 N_V^{0.13} \gamma + \gamma_2$ $n = 7.8 \times 10 S_V^{-0.70} \gamma + \gamma_2$
18	0.425	20	10	92.8	$n = 4.0 \times 10^{-2} V_V^{1.04} \gamma_1$ $n = 4.3 \times 10 V_V^{-0.73} \gamma + \gamma_2$
19	0.845	20	50	70.8	$n = 1.2 N_V^{0.07} \gamma + \gamma_2$ $n = 2.0 \times 10^{-1} S_V^{0.57} \gamma + \gamma_2$
21	0.212	30	50	105.4	$n = 7.6 \times 10^{-1} V_V^{0.33} \gamma_1$ $n = 1.3 \times 10 V_V^{-0.40} \gamma + \gamma_2$
22	0.425	30	100	128.1	$n = 1.6 \times 10 N_V^{-0.15} \gamma + \gamma_2$ $n = 2.6 \times 10^2 S_V^{-0.94} \gamma + \gamma_2$
23	0.845	30	100	152.3	$n = 1.2 \times 10 V_V^{-0.41} \gamma_1$ $n = 1.9 \times 10^{-1} V_V^{0.65} \gamma + \gamma_2$

CAPITULO X
CONCLUSIONES

A handwritten signature in black ink, located in the bottom right corner of the page. The signature is stylized and appears to be a name, possibly "H. H. H.", written in a cursive or semi-cursive script.

CONCLUSIONES

Este trabajo ha sido realizado empleando dos metodologías de investigación: Análisis Esclerométrico y Estereológico.

Objetivo principal: determinar y vincular en amalgamas dureza con estructura.

La caracterización estereológica de las estructuras ha tenido por finalidad cuantificar la influencia que las fases pueden ejercer sobre la dureza de dichos materiales cristalizados.

La incidencia de las variables composición química de la aleación base, tiempo de trituración y presión de condensación permitió establecer el valor de los parámetros experimentales más adecuados para lograr la mayor dureza compatible con el tipo de amalgama considerada.

1. Indice de Meyer

La determinación analítica de n sea por regresión lineal o gráficamente (escala log. - log.) permitió establecer:

- incidencia de la composición de la aleación base en cada amalgama y las variables P.C., T.T. y P.;
- gama de valores de n :

$$2.28 \leq n \leq 3.30$$

- mínimos valores de n en amalgama aleación base Ventura 67;
- máximos valores de n en amalgamas aleación base Luxalloy;
- condiciones experimentales de elaboración más recomendable, para su empleo clínico.

2. Recta de Dureza

Criterios análogos, al aplicado para la determinación de n, se utilizaron para la recta de dureza. El análisis de los valores de m permitió determinar:

- incidencia de la composición de la aleación base y de las variables P.C., T.T. y P.;

- gama de valores de m:

$$0.26 \leq m \leq 1.25$$

- mínimos valores de m en la amalgama aleación base Luna Atomic;
- máximos valores de m para los otros tipos de amalgama (aleación base Luxalloy y Ventura 67).

3. Dureza Vickers - Presión de Condensación

El análisis de la incidencia que sobre la dureza Vickers puede ejercer la variable P.C. para diferentes T.T. y cargas P. (evaluado gráficamente) permitió determinar, para cada amalgama los máximos valores de dureza a saber:

Amalgama aleación base	P.C. kg.cm ⁻²	T.T. s	Dureza Vickers
Luxalloy	0.4	10	HV ₁₀₀
	1.6	20	HV ₅₀
	0.2	30	HV ₁₀₀
Luna Atomic	1.6	10	HV ₅₀
	0.2	20	HV ₁₀₀
	1.6	30	HV ₅₀
Ventura 67	0.2	10	HV ₁₀₀
	0.4	20	HV ₅₀
	0.2-0.4	30	HV ₅₀

4. Constante C de la ley de Meyer

La determinación de C aplicando la relación que define la dureza unitaria permitió comprobar lo siguiente:

- C, característica de cada material, asumió diferentes valores según la amalgama considerada y la magnitud de las variables T.T., P.C. y P.;
- la hipótesis que C, definido como dureza unitaria, varía en función de n, fue confirmado parcialmente
- el error standard para C puso en evidencia la desviación standard del promedio de los valores de dicha constante;
- las fluctuaciones de C son de atribuir al empleo, para su estimación, de valores $n(1,2)$ o $n(1,2,3)$.

5. Anisotropía de dureza Vickers

La desviación standard del cociente HV_1/\overline{HV} en las diversas amalgamas confirmó la influencia que ejercen las variables T.T., P.C. y P.

6. Tasa de Deformación Puntual

Los resultados obtenidos, como en el caso de la anisotropía de dureza, confirmaron no sólo la incidencia de las variables P.C., T.T. y P., sino también la que ejerce la composición de la aleación base utilizada en cada amalgama.

7. Estereología

El análisis microestructural cuantitativo expresado mediante parámetros estereológicos (L_3 , N_V , S_V , V_V) confirmó:

- la incidencia cuantitativa que tiene la composición de la aleación base sobre las diversas fases presentes en cada amalgama cristalizada;

- la importancia de las variables P.C. y T.T., en particular, sobre los valores V_V de las diferentes fases de cada amalgama.

R E L A C I O N E S

La vinculación de Dureza Vickers-Índice de Meyer, Dureza Vickers-Estructura e Índice de Meyer-Estructura, realizados por regresión lineal, permitió: establecer relaciones empíricas.

Dichas relaciones, en particular las que vinculan dureza y parámetros estereológicos, constituyen un intento teórico-experimental destinado a definir nuevas estructuras en las amalgamas. La finalidad de este objetivo implica responder al siguiente imperativo:

" Mejores propiedades para las amalgamas exigen nuevas estructuras."



B I B L I O G R A F I A

Handwritten signature

B I B L I O G R A F I A

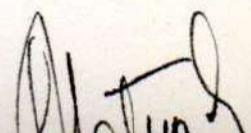
- (1) - BATES, J.F. - KNAPTON, A.G. - Metals and Alloys in Dentistry.
Reviews 215 - International Metals.
Reviews (1977), 39-60.
- (2) - COOMBE, E.C. -
J. Dent. 21 (1974), 193 /citado por (1)/.
- (3) - STAHELI, P.J. - VON FRAUNHOFER, J.A. - Micro-Hardness and Compressive Strength of Preamalgamated and Non-Preamalgamated Conventional and Spherical Amalgam Alloys.
Brit. Dent. J. 131, (1971), 145-147.
- (4) - PHILLIPS, R.W. - Selection of Amalgam Alloys: Particle Form, New Formulas.
Journal of Dentistry for Children, Vol. 11 (2) (1973), 106-112.
- (5) - WING, G. - Scientific Aspects of Dental Materials.
Chap. 8 - (1975).
Edit. J.A. Von Fraunhofer, Butterworth, London.
- (6) - REISBICK, M.H. - The effect of Added Particles on the Properties of Ag_3Sn - Additive Amalgams.
J. Dent. Res. Vol. 56 N 9 Sep. (1977), 1077-1083.
- (7) - BASSIOUNY, M.A. - Ph.D. Thesis.
(1977) - University of Manchester /citado por (10)/.

- (8) - GILMORE y Col. - Amalgam.
The Journal of Prosthetic Dentistry Vol. 40,
N 2 - (1978), 196-198.
- (9) - MALHOTRA M. - ASGAR, K. - Physical properties of dental
Silver-Copper contents.
J. A.D.A. Vol. 96 March (1978), 444-445.
- (10) - SMITH, G.A. - WILSON, N.H.F. - COMBE, E.C. - Microleakage of conventional and Ternary Amalgam Restorations in vitro.
Brit. Dent. J., 144 (1978), 61-73.
- (11) - SARKAR, N.K. - Cooper in dental amalgams.
J. Oral Rehabil. 6 - (1979), 1-8.
- (12) - MACCHI, R.L. - BAERECKE, N.E.A. - BEIGELIS, A. - RIBAS L.M.T. - Propiedades y fase gamma 2 en una amalgama de alto contenido de cobre.
Rev. Asoc. Odont. Arg. Vol 67, N 9 (1979),
17-20.
- (13) - PATEL, S. - CRUICKSHANK-BOYD, D.W. - The effect of ageing on the creep and compressive strength of high copper content amalgams.
Brit. Dent. J. (1979), 147.
- (14) - OSBORNE, J.W. - GALE, E.N. - Failure rate of margins of with e high content of copper.
Operative Dentistry Vol.44 N 1 - (1972),2-8.
- (15) - GUZMAN BAEZ, H.J. - Recientes avances en las aleaciones de plata para amalgama como material restaurador.
A.O. 1/80 - N 3 (1980), 59-68.
- (16) - MARMAI, A.R. - CABRAL, J. - GALLO, O.J. - Anisotropía de dureza de las amalgamas.

- S.A.A.I.I.O. - Buenos Aires (1977).
Revista de la Facultad de Odontología - Universidad de Buenos Aires Agosto (1980) /en prensa/.
- (17) - MARMAI, A.R. - GALLO, J.O. - De MARMAI, B.S. - RUIZ MORENO, I. - GENDELMAN, H. - ARCEGUET, F. - CABRAL J.R. - Dureza de amalgamas.
Jornadas Odontológicas Sesquicentenario de la Ciudad de Bahía Blanca - 25 a 27 de mayo (1978)
Tec. y Gestión V.43 N 2 (1979), 70-80.
- (18) - HELFGOT, A. - Ensayo de Materiales.
Editorial Kapelusz S.A. Buenos Aires (1979), 394.
- (19) - ZEISS, C. - Microesclerómetro M H P.
Ref. 41 - 700 - S - W VIII/68 P00, P11.
- (20) - SAULNIER, A. - La Microdureté.
Rev. de l'Aluminium, 29 (1952) 262-266; 301-207.
- (21) - OTTO WOLPERT-WERKE. G.M.B.H. - Specification Sheet.
WOLPERT WARM HARDNESS TESTER HV 1.-
Ordering n D 1009 E.-
- (22) - MARMAI, A.R. - Progrés dans les Methodes d'Investigation des Métaux.
3e. Colloque International (3-5 decembre 1980)
Saint-Etienne France.
- (23) - SCHULZ, F. - HANEMANN, H. - Z. Metallkunde, 33 (1944)124.
- (24) - BÜCKLE, H. - La microdureté et ses applications Métallurgiques.-
Rev. de Métallurgie 48, N 11 (1951), 858-863.
- (25) - LEITZ, E. G.M.B.H. Wetzlar. Pequeño Escleroscopio DURIMER. Mess N 8488 - VII/53/AX.

- (26) - BROSCHE, H. - Un Escleroscopio para cargas pequeñas.
Microtecnic, Lausanne Vol. N 1 (1952), 15
/citado por (25)/.
- (27) - C.E.M.A.T.I. - Centro de cómputo científico CORDOBA
(1980).
- (28) - MACRODENT S.A. - (comunicación personal).
- (29) - DEGUSSA, G.B. DENTAL.- UND COLDHALBZEUG.
M.D. 137-9-105- 276.
- (30) - The G-C Chemical Manufacturing Co, Ltd. - Tokio - Ja-
pón.
- (31) - MACRODENT S.A. - Ing. POKORNY, T. (comunicación perso-
nal).
- (32) - MACRODENT S.A. - Aleaciones de Plata para Amalgama
Dental sin Fase gamma 2 (Separata).
- (33) - GREENER, E.H. - HARCOURT, J.K. - LAUTENSCH - LAGER,
E.P. - Materials Science in Dentistry.
The William and Wilkins, Co. Baltimore
(1972), 187.
- (34) - WING, G. - Phase identification in dental amalgam.
Aust. Dent. Journal, 11;1 5 (1966) /citado
por (28)/.
- (35) - INNES, P.B.K. - YOURDELLIS, W.V. - Dispersion Strengt-
hened amalgams.
J. Canadian Dent. A.S.S. 29 (1963), 587-593.
- (36) - PARULA, N. - Clínica de Operatoria Dental 4^{ta}. edición.
Ed. ODA - Buenos Aires (1975), 428.
- (37) - GENSEN, K.D. - Dentale Amalgamer.
/citado por (29)/.

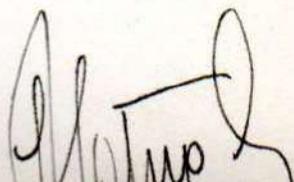
- (38) - DEMAREE, N.C. - TAYLOR, D.F. - Properties of Dental Amalgams Made from Spherical Alloy Particles.
J.D. Res. Vol. 41 N 4 (1962), 890-905.
- (39)- WING, G.- RYGE, G. - Setting Reactions of Spherical - Particle Amalgams.
J. Kent. Res. - Vol. 44, N 6 (1965), 1325-1333.
- (40) - WING, G. - Spherical Particles Amalgams.
Aust. Dent. J. - 11;4 (1966), 265-273.
- (41) - KORAN, A. - ASGAR, K. - A Comparison of dental amalgams made from a Spherical alloy and from a comminuted alloy.
J. A.D.A. - Vol. 75, N 4 (1967), 912.
- (42) - WING, G. - Clinical use of Spherical - Particle Amalgams.
Aust. Dent. J. - 15 (1970), 185-192.
- (43) - HELLMAN, P. - LARKER, H. - PFEFFER, J. - STROMBLAD, I.
The Asea - Stora Process, A New Process for the Manufacture of Tool Steel and Other Alloy Steels from Powder.
International Powder Metallurgy Conference.
New York (1970).
- (44) - DULIS, E.J. - NEUMEYER, T.A. - Particle - metallurgy High-Speed Tool Steel.
The Iron and Steel Institute, P 126 (1970), 112-118.
- (45) - HELLMAN, P. - El proceso Asea-Stora - Stora Kopparber - Special Steel División Sodelfors - Suecia (1971).

- (46) - NATERA, J.L. - Aleaciones para amalgamas tipo esférica.
Acta Odontológica Venezolana - Año X N 23
(1972), 274-282.
- (47) - RICCI, H.P. - Aleaciones para amalgamas de tipo esférica.
Boletín Anual N 2 - Centro Nacional de Materiales Dentales (1972), 1-11.
- (48) - HODKIN, D.J. - SUTCLIFFE, P.W. - MARDON, P.G. - RUSSELL, L.E. - Centrifugal Shat Casting: A new atomization process for the preparation of high purity alloy powders.
Powder Metallurgy, Vol. 16, N 32 (1973), 277-313.
- (49) - MORLET, J. - Métallurgie des poudres préaliées. Applications aux pieces hautement sollicités.
Rev. de Métallurgie - (1974), 465-478.
- (50) - MEYER, R. - Métallurgie des Poudres et traitements thermiques.
Traitement Thermique 93 (1975), 52-58; 94 (1975), 63-72.
- (51) - MARMAI, A.R. - GALLO, O.J. - BRAVINO de MARMAI, P.S.
La Estereología.
Tecnología y gestión Vol. 42, N 3 (1977), 135-154.
- (52) - MARMAI, A.R. - GALLO, O.J. - BRAVINO de MARMAI, P.S.
La estereología aplicada al control de mezcla de partículas convencionales y P/M de aleaciones para amalgamas.
XII Reunión Anual S.A.A.I.I.O. Córdoba (1979).
- 

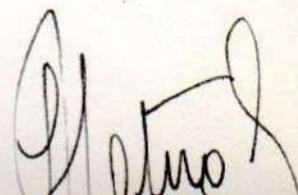
- (53) - MARMAI, A.R. - GALLO, O.J. - BRAVINO de MARMAI, P.S. -
Estudio microestructural cuantitativo de la
superficie de esférulas de aleación para a-
malgamas.
XII Reunión Anual S.A.A.I.I.O. Córdoba (1979).
- (54) - MARMAI, A.R. - CABRAL, J.R. - Caracterización morfoló-
gica de partículas de aleaciones para amal-
gamas de uso odontológico (1979).
/a publicarse/.
- (55) - EARSON, D.L. - TAYLOR, D.F. - Effect of composition and
particle size on the mechanical properties
of dental amalgams made from spherical alloys
I.A.D.R. - 45th General Meeting Program and
Abstracts of Peaper Abstract 219, (1967),
91 /citado por (43)/.
- (56) - CROWELL, W.S. and PHILLIP, R.W.P. - Physical properties
of amalgams as influenced by variation in
surface of the alloys particles.
J. Dent. Res. 30 (1951), 845-853.
- (57) - ASOCIACION DENTAL AMERICANA.-
Guía de Materiales Dentales, Universidad
Central de Venezuela. II Edición en Espa-
ñol (1970-71).
- (58) - GRAY, A.W. - Volume Changes in amalgam.
J. Inst. Metals; 29 (1923), 139-189 /citado
por (36)/.
- (59) - TAYLOR, N.O. - Mechanical amalgamation.
J. Ass.D.A. 16 (1929), 583. /citado por
(36)/.

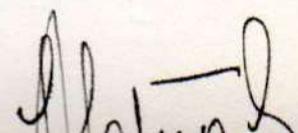
- (60) - WARD, M.L. - Scott Effects of variations in manipulation on dimensional changes, chushing. strength and flow of amalgam.
J. Amer. Dent. Ass. 19 (1932), 1683-1707.
- (61) - GAYLER, M.L.V. - The setting of dental amalgam.
Brit. D.J., 56 (1936), 11.
- (62) - WARD, M.L. - The American testbook of operative Dentistry.
Lea Febiger, VII edit. /citado por (36)/.
(1940).
- (63) - PHILLIPS, R.W. - BOYD, D.A. - HEALEY, H.J. - CRAWFORD, W.H. - Clinical observations on amalgam with know physical properties.
Final Report. J. A.D.A. 32 (1945), 325-330.
- (64) - MOSTELLER, J.H. - Amalgam mixing.
D. Survey (1951) /citado por (36)/.
- (65) - SKINNER, E. - The Science of Dental Materials.
W.B. Saunders Co. IV Edit. (1954).
- (66) - HARCOURT, J.K. - LAUTENSCHLAGER, E.P. - Trituration of Amalgam.
J. Dent. Res. Vol. 49 N 2 (1970), 408-414.
- (67) - PHILLIPS, R.N. - La ciencia de los materiales dentales.
VII Edit. Interamericana (1976).
- (68) - FERREIRA, J.F. - MEI SILVEIRA, J.I. - Dureza superficial (Vickers) de corpos de prova de amalgama em funscao de regioes diferentes e do tempo.
Rev. Ass. Paul. Circ. Dent. Vol. 30, N 4
(1976), 181-188.
- (69) - FICHMAN, M.D. - GIGI, D. - BIRAL, M.E. - Resistencia a compresao de novo tipo de amalgamador.
Rev. Fac. Odont. S. Paulo, 15, 1 (1977), 27-30.

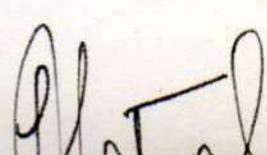
- (70) - OSBORNE, J.W. - GALE, E.N. - CHEW, C.L. - RHODES, B.F.
- PHILLIPS, R.W. - Clinical Performance and
Physical Properties of Twelve Amalgam Alloys.
J. Dent. Res. (1978), 983-988.
- (71) - SILAMAT - Instrucciones de uso Vivadent - Schaan /Liech-
tenstein.
- (72) - EAMES, W.B. - Status report on amalgamators and mercury
/alloy proportioners and disposable capsules.
Reports of Councils and Bureaus J.A.D.A.
Vol. 85 (1972), 928-932.
- (73) - JORGENSEN, D.K. - OKUDA, R. - Mercury leakage of amal-
gam capsules.
Acta Odontológica Escandinávica Vol. 29-4
(1971), 462-469.
- (74) - JARABACK, J.R. - The effect of particle size on dimen-
sional change in dental amalgams.
J.A.D.A. 29 (1942), 593-605.
- (75) - RYGE, G. - DICKSON, G. - SMITH, D.L. - SCHOONOVER, I.C.
Dental amalgam: The effect of mechanical con-
densation on some physical properties.
J.A.D.A. 45 (1952), 269-277.
- (76) - SKINNER, E. - La Ciencia de los Materiales Dentales.
VI Edic. Editorial Mundi (1970), 312-313.
- (77) - MADDALENA, H. - Amalgama.
Publicaciones Universitarias, Bs.As. (1960).
- (78) - SWEENEY, W.T. - BURNS, C.L. - Effect of mercury alloy
ratio on the physical properties of amalgaman
J.A.D.A. 63 (1961), 374-381.



- (79) - WOLCOTT, R.A. - JENDRESEN, M.D. - RYGE, G. - Strength di-
mensional change and adaptation of amalgam pre-
pared with 1:1 ratio.
J.A.D.A. 67 (1963), 375-381.
- (80) - OVERBERGER, J.E. - PORLICK, J.F. - SAUSEN, R.E. - The ef-
fect of mechanical amalgamation on the s-
trength of amalgaman.
J.D. Res. 43 (1964), 263-271.
- (81) - ALLAN, F.C. - ASGAR, K. - PEYTON, F.A. - Microstructure
of Dental Amalgam.
J. Dent. Res. Vol. 44 N 5 (1965), 1002-1011.
- (82) - PEYTON, F.A. - ADGAR, K. - CHARBENEAU, G. - CRAIG, R.C.
- MYER, G.E. - Restarative dental materials.
III Edic. The C.V. Mosby Company Saint Louis
(1968).
- (83) - NAGAI, K. - OHASHI, M. - HABU, H. - NEMOTO, K. - NAGATA,
Y. - SETO, K. - ARAI, F. - A Study on the Con-
densation Pressure for Sphesical Amalgam.
The J. of Nihon University School of Dentistry
Vol. 13, N 2 (1971), 133-152.
- (84) - GREENER, E.H. - HARCOURT, J.K. - LAUTENSCHLAGER, E.P. -
Materials Science in Dentistry. Ed. Williams &
Wilkins - Baltimore (1972), 181-193.
- (85) - PARULA, N. - Clínica de Operatoria Dental.
IV Edic. ODA Cap. 19 (1975), 499-528.
- (86) - PHILLIPS, R.W. - La Ciencia de los Materiales Dentales.
VII Edic. - Interamericana (1976), 294-296.
- (87) - EAMES, W.B. - MACK, M. - AVENSHINE, R.C. - Accuracy of
mercury /alloy proportioning Systems. J.A.D.A.
Vol. 81 (1970), 137-142.



- (88) - PETTY, E.R. - The Hardness Anisotropy of Aluminium Single Crystals.
Journal of the Institute of Metals, 91, (1963),
54-62.
- (89) - TRUSZKOWSKY, W. - GRYSIECK, J. - Recherches sur l'évaluation quantitative de l'anisotropie de dureté Knoop.
Mem. Sc. Rev. de Metallurgie, 69 N 1 (1972),
67-72.
- (90) - MARMAI, A.R. - Comunicación Personal.
- (91) - MARMAI, A.R. - GALLO, O.J. - BRAVINO de MARMAI - La esteología aplicada al estudio comparativo de tecnologías de producción de aceros rápidos para herramientas.
Tecnología y Gestión Vol. 42 N 3 (1977), 135-154.
- (92) - ELIAS, H. - Stereology Vol. 1.
Proceeding of the Fourth International Congress for Stereology.
N.B.S. 431 US. Department of commerce. - National Bureau of Standards (1976).
- (93) - UNDERWOOD, E.E. - The Mathematical Foundations of Quantitative Stereology.
ASTM STP N 50 (1972), 3-38.
- (94) - DELESSE, A. - Annales des Mines, Vol. 13, 4th Series (1948), 379-388. /citado por (3)/.
- (95) - SERRA, J. - Introduction à la morphologie mathématique. Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleau.
Fascicule 3. Ed. Ecole Nationale Supérieure des Mines, Paris (1969).
- 

- (96) - HERSANT, T. - JEULIN, D. - PARNIERE, P. - Notions de base de morphologie mathématique utilisées en métallographie quantitative.
Repport IRSID RE 322 (1976).
- (97) - LANTEUJOU, CH. - Morphologie des relations de voisinages entre grains métalliques.
Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleau N 488, - Ecole Supérieure des Mines de Paris (1976).
- (98) - GAUTHIER, J.H. - HETTLER, A. - HAAS, A. - Premières applications de l'analyse des textures à la Métallographie.
Rev. de Metallurgie 68 N 10 pp. (1971), 663-667.
- (99) - MARMAI, A.R. - GALLO, J.O. - P. BRAVINO DE MARMAI. - Contribución a la cuantificación de los nódulos de grafito en la función nodular.
El Fundidor 67 (1977), 14 a 29.
- (100) - UNDERWOOD, E.E. - Applications of Quantitative Metallography.
Metals Handbook Eighth Ed. (1973), 37-46.
- (101) - JOUVENE, CH.A. - La Granularité.
L' Industrie Céramique N 595 (1967), 323-332.
- (102) - CAPELETTI, T.L. - HORNADAY, J.R. - Nodular Iron Shape A. New Approach to Quantifying Graphite Morphology. 78th Casting Congress American.
Foundrymen's Society Cleveland Ohio (1974).
- (103) - MARMAI, A.R. - GALLO, O.J. - BRAVINO DE MARMAI. - La Estereología en el desarrollo y control de calidad. Congreso Internacional de Control de calidad. Bs.As. Nov. (1976).
- 

- (104) - MOORE, G.A. - Automatic Methods for Analysis of Microstructures in Stereology and Quantitative Microscopy.
ASTM - Special Technical Publication N 504,
(1972), 59.
- (105) - UNDERWOOD, E.E. - Quantitative Stereology.
Addison - Wesley Publishing Company, Massucha
setts, (1970).
- (106) - CAUCHY, A. - Oeuvres completes d'Agustin Cauchy.
Gauthier - Villards. 167 - Paris (1908). /ci-
tado por (9)/.
- (107) - SALTYKOV, S.A. - Stereometric Metallography Metallur-
gizdat.
3zd. Ed. Moscow (1970).
- (108) - HOWARD, R.T. - COHEN, M. - Quantitative Metallography
by Point-Counting and Lineal Analysis.
Trans. AIME 172 (1947), 413. /citado por
(15)/.
- (109) - THOMSON, E. - Quantitative Microscopic Analysis.
J. Geol. 383 (April-May 1930), 193-222 /cita-
do por (15)/.
- (110) - GLAGOLEV, A.A. - Quantitative Analysis with the Microso
cope by the Point Method.
Eng.Min. J. 135 (1934), 399 /citado por(15)/.
- (111) - HILLIARD, J.E. - CAHN, J.W. - An Evaluation of Proce-
dures in Quantitative Metallography for Volu-
me.
Fraction Analysis Trans. AIME 221 (1961), 344
/citado por (15)/.



- (112) - SALTYKOV, S.A. - Stereometric Metallography. Second Edition, Metallurgizdat.
Moscow (1958) /citado por (105)/.
- (113) - HILLIARD, J.E. - Mesure de la fraction volumique.
V/De HOFF, R.T. - RHINES, F.N. - Microscope Quantitative.
Chapitre III, Masson et Cie Paris (1972).
- (114) - DEHOFF, R.T. - Les bases statistiques de la microscopie quantitative.
Microscope Quantitative Cap. II Masson et Cie (1972).
- (115) - HILLIARD, J.E. - Measurement of Volume in Volume.
V/DEHOFF, R.T. - RHINES, F.N. - Quantitative Microscopy, New York - McGraw - Hill (1968).
- (116) - DEHOFF, R.T. - Quantitative Metallography.
V/Techniques for the Direct Observation of Structure and Imperfections Vol. 2 Part. 1.
Ed. R.F. Bunshah, New York - John Wiley (1968), 221.
- (117) - CHARLOT, G. - Statistique appliquée à l'exploitation des mesures. Tome II.
Ed. Masson - Paris (1978), 349-357.
- (118) - NORMAN - Manual de Instrucciones 711 Catálogo Código N 363110 - pp 28-31.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'H. J. Hilliard', is located in the bottom right corner of the page.