

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA.

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA.

V 622

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS FACTORES
DE, TENSION Y FLEXION DE PLACAS OSE_
AS ELABORADAS A PARTIR DE HUESOS DE
BOVINO, EQUINO, SUINO Y CANINO QUE SE
PRETENDEN DESTINAR A LA OSTEOSINTE_
SIS.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A

CARLOS MARTIN BARON DE LA MORA.

ASESOR: MVZ. ENRIQUE LOPEZ PAZARON.

GUADALAJARA, JALISCO. MEXICO 1987.

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS FACTORES _
DE TENSION Y FLEXION DE PLACAS OSEAS
ELABORADAS A PARTIR DE HUESOS DE BO _
VINO, EQUINO, SUINO Y CANINO, QUE SE _
PRETENDEN DESTINAR A LA OSTEOSINTE _
SIS.

C O N T E N I D O .

	PAGINA
I.- INTRODUCCION.....	1-4.
II-.OBJETIVO.....	5-6.
III-.MATERIALES.....	7-8.
IV-.METODO.....	10-25.
V_.RESULTADOS.....	26-38.
VI-.DISCUSION.....	39-41.
VII-.CONCLUSIONES.....	42-43.
VIII-.RESUMEN.....	44-46.
IX-.BIBLIOGRAFIA.....	47-49.

I N T R O D U C C I O N

INTRODUCCION:

ANTECEDENTES CIENTIFICOS:

PALACIOS Y CARBAJAL et al en su libro "IMPLANTES OSEOS Y ARTICULARES", 1980; reporta que los primeros trabajos experimentales sobre las propiedades mecánicas del hueso se remonta a 1792 en que MUSCHENBROEK investiga la resistencia de los huesos completos. WERTHEIM en 1847 fabrica las primeras probetas de hueso para probar su resistencia. En 1867 se registran los trabajos de MEYER y CULMANN sobre la teoría trayectorial del cuello del femur. La elasticidad del hueso y su resistencia fue publicada por RAUBER en 1876, siendo este el trabajo más sobresaliente sobre este tema antes del siglo XX. Durante el siglo XIX son reportados numerosos trabajos sobre este tema; ROUX 1885; WOLFF, 1892- y más recientemente los trabajos de CAREY, HANSEN y AMPRINO, 1937.

DE manera general podemos decir que existen 2 grandes corrientes en el estudio mecánico de los huesos, uno que estudia los huesos enteros buscando la estructura del aparato locomotor y por otro lado los ensayos realizados sobre probetas extraídas de hueso buscando las propiedades mecánicas del material óseo.

Se piensa que estas corrientes no son incompatible entre sí como dicen algunos Autores, ya que los valores a la resistencia en un hueso entero suelen ser diferentes a los encontrados en una porción de hueso, y es que integradas las características mecánicas del hueso en su conjunto, sus propiedades adquieren una dimensión distinta, el hueso no es un material homogéneo; se dice de él que es ANISOTROPICO (figura # 1), es decir que sus propiedades no son las mismas en todas las direcciones, además sus propiedades de tejido vivo con su capacidad de remodelación, crecimiento y envejecimiento no lo hacen susceptible de fijar sus características mecánicas precisas. Sus variaciones topográficas, temporales, de especie, sexo, son tan marcadas que nunca se llegaron a tipificar sus propiedades mecánicas.

El primer problema que nos encontramos a analizar las propiedades mecánicas del hueso es el de su conservación ya sea seco, fresco o embalsamado. FREEMAN ha demostrado que un hueso fresco a menos 18 grados centígrados conserva sus propiedades mecánicas cuando se le ensaya con una solución de Ringer, sin embargo los resultados de SEDLIN, reportan para el hueso seco una mayor resistencia a la elasticidad, reportando así mismo que el hueso seco rehidratado --

con una solución de Ringer restituye parte de sus propiedades mecánicas. Comparando el hueso muerto con el vivo, se encuentra que el primero es más resistente (-- EVANS y FRONST) sin embargo recientemente BURSTEIN y CURREY (1971) han demostrado que esta diferencia está relacionada con las condiciones experimentales.

La obtención de muestras es otro aspecto importante en este estudio, ya que como se dijo hay una corriente de investigadores que está orientada al estudio de -- hueso completo empleando especímenes enteros más ó menos adaptados al tipo de ensayo, porque piensan que es la única manera de obtener resultados sobre los esfuerzos globales y que la extrapolación de la cifra obtenida a través de pequeñas probetas puede dar lugar a resultados insuficientes.

Sin embargo la otra corriente de investigadores se dirige hacia la extracción de pequeñas muestras que adoptando una forma determinada son sometidas a ensayos. Tales muestras se obtienen generalmente de hueso cortical y su tamaño variará de acuerdo a su localización topográfica.

La mayoría de los autores han elegido para sus investigaciones el hueso cortical de las diáfisis femoral o tibial por ser la zona más representativa de hueso compacto y la que está sometida a mayores esfuerzos.

En el presente trabajo se orientan los estudios mecánicos hacia el análisis de -- pequeñas muestras de hueso cortical, ya que estos huesos ofrecen por sus características topográficas las mayores posibilidades de fabricación de las placas óseas.

A diferencia de los autores citados en este trabajo, no solo se pretendió analizar las características mecánicas del hueso que en muchos casos son ampliamente conocidas, sino llevar a cabo un estudio que completará la investigación realizada en la FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA de la UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA por los Doctores ENRIQUE LOPEZ PAZARON y JESUS DE LA TORRE A.; tratando de buscar placas que ofrezcan mayor resistencia en la osteosíntesis de perros con un peso mayor a los 15 kilogramos. Quedando por demostrar el comportamiento biomecánico dentro de los organismos receptores, de ser este positivo se podía pensar en la sustitución de las tradicionales placas metálicas, que en la actualidad alcanzan un alto costo.

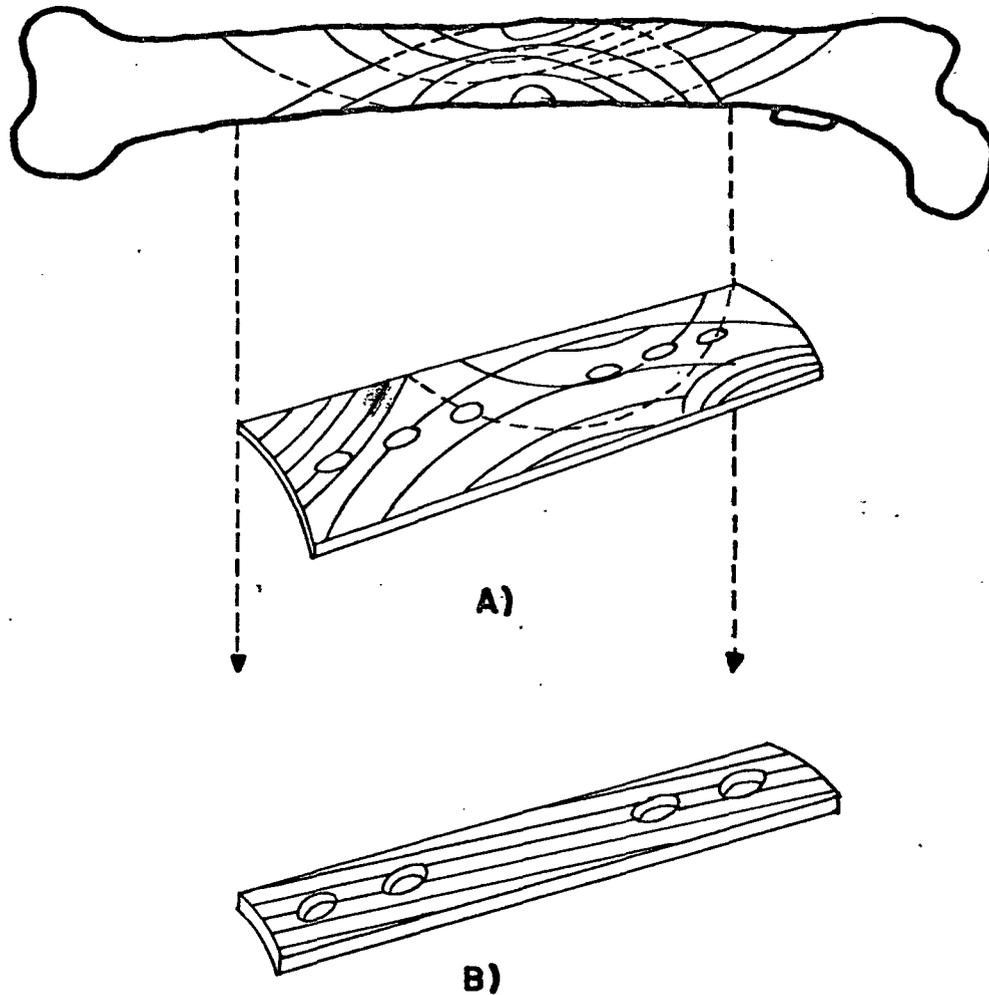


FIGURA No.1

DIFERENCIAS EXISTENTES ENTRE LA PLACA
OSEA Y DE ACERO INOXIDABLE.
COMPARECE LA ANISTROPIA DE UNA A) Y LA
IGUALDAD DE LAS FIBRAS DE LA OTRA B)

O B J E T I V O.

OBJETIVO :

a)-El objetivo del presente trabajo es establecer los parametros que nos reporten los datos sobre TENSION y FLEXION de las placas óseas elaboradas a partir de huesos de EQUINO, SUINO, BOVINO Y CANINO, para determinar cual de ellas es factible que reemplace a las tradicionales placas metálicas, abatiendo su costo y suplir las placas de hueso de canino en aquellos casos en los que el paciente tenga un peso superior a los 15 kgs.

M A T E R I A L E S.

M A T E R I A L E S :a)-MATERIAL OSEO:

1-.Fémur,tibia,metatarso de las especies;

I-.Equina.

II-.Bovina.

2-.Fémur,tibia y húmero de las especies;

I-.Canina.

II-.Suina.

b)-MATERIAL MECANICO:

1-.Máquina electrohidráulica para ensaye de materiales.

2-.Taladro eléctrico.

3-.Esmeril.

4-.Calibrador Bernier.

5-.Brocas de 9/64.

6-.Micrómetro.

7-.Cronómetro.

8-.Sierra eléctrica vertical.

9-.Anteojos.

10-.Limatón redondo.

11-.Tornillos de 9/64.

12-.Solera metálica de 20 cm de largo por 3 cm de ancho y .4 cm de grosor.

13-.Guantes.

14-.Cubrebocas.

15-.Compás.

16-.Marcador.

17-.Olla.

18-.Lijas.

19-.Jabón, sosa y agua.

M E T O D O .

M E T O D O :a)-OBTENCION DE HUESOS FRESCOS:

Los huesos de Equino se obtuvieron en el rastro para equinos en la localidad de Santa Cruz de las Flores, municipio de Tlajomulco, Jal., escogiendo equinos aparentemente normales con una media de 8-10 años. Los huesos de bovino se obtuvieron en el rastro de Huentitán, Jal., siendo de animales -- cebuinos, con una edad media de 3-4 años. Los huesos de suinos se obtuvieron de animales para abasto, sacrificados en el rastro de Huentitán. Los huesos de Caninos proceden de animales sanos con una edad de 3-5 años. Una vez obtenidos los huesos se les dió la preparación siguiente; Lavado, - desgrasado y desecado al sol.

Los huesos fueron seccionados en sus epífisis proximal y distal y posteriormente fueron seccionados (figura # 2) a través de todo su eje longitudinal, procediéndose a quitar toda la médula ósea, así como las aponeurosis e inserciones tendinosas y musculares de las diáfisis, se lavaron con detergente y sometidos a ebullición durante tres horas en una mezcla de 20 lts. de agua con 20 gramos de sosa y 200 grs de detergente, estos ingredientes favorecen el desengrasado mayor y la desintegración del material orgánico posteriormente la ebullición inicial se cambia el agua y se procede a --- otras tres horas de ebullición con agua simple.

Para eliminar la humedad acumulada durante la ebullición y obtener el blanqueado de las piezas óseas se exponen a la luz solar durante un período - de 48 horas.

b)-. PREPARACION DE PLACAS OSEAS:

La preparación de las placas óseas (figura # 2), se efectuó con los huesos desengrasados, deshidratados y seccionados longitudinalmente. Se formaron lotes por especie identificando cada pieza con una letra clave para evitar confusiones.

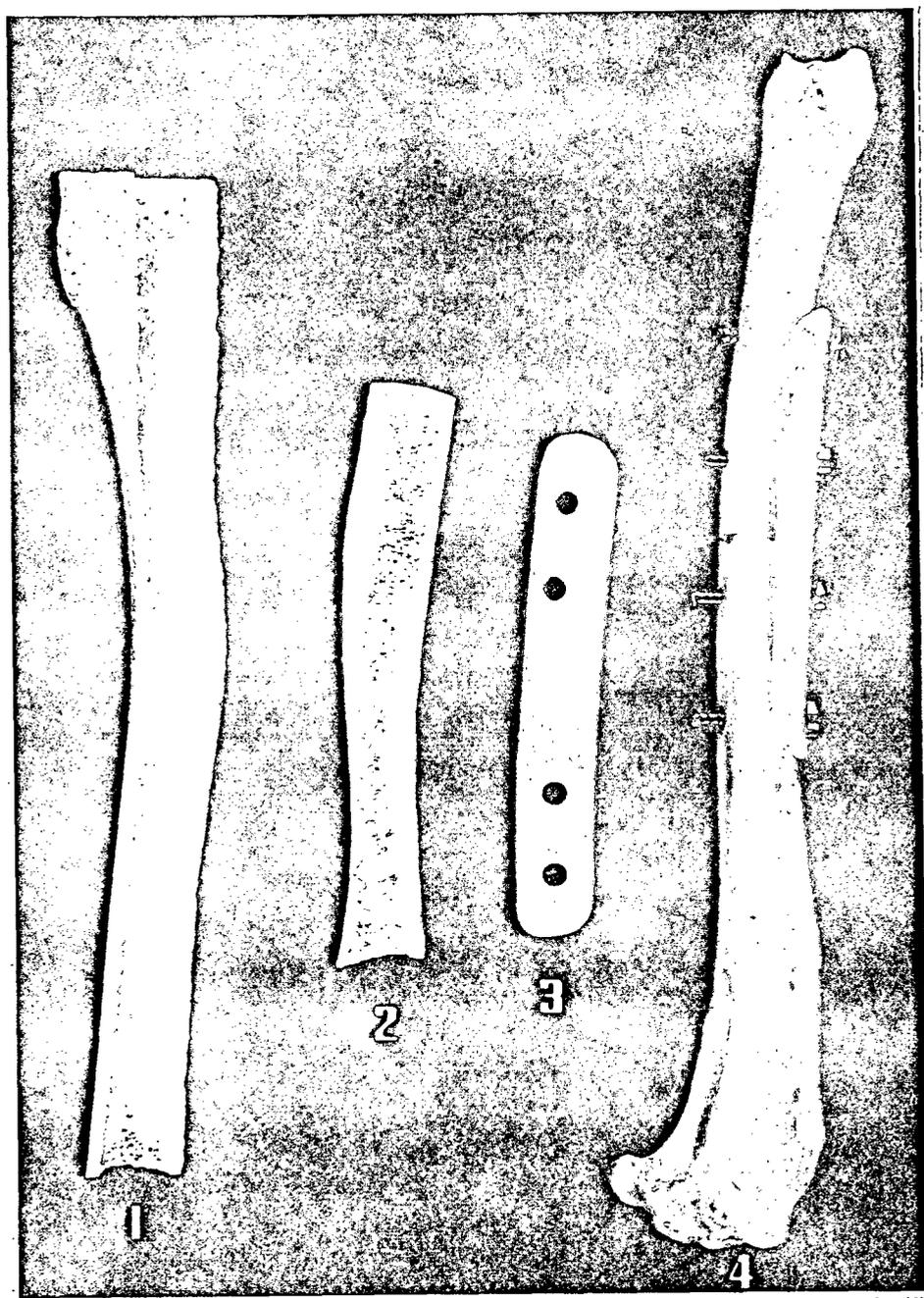
Una vez clasificados los huesos por especie y por región anatómica se procedió a la medición de los segmentos óseos para uniformar el tamaño de las placas de cada especie, siendo estos de 10 cm. de largo por 2-3 cm de ancho.

Al proceder a seccionar los huesos en la medida mencionada se dejó una pequeña tolerancia de .5 cm con el fin de que al hacer el esmerilado de la placa en sus extremos, nos quede con una medida exacta de 10 cm.

Una vez obtenida la medida exacta de cada placa se procedió a su esmerilado con una finalidad de darle la forma de media caña, redondear sus bordes y dar el grosor de 3-4 mm (figura # 3).

El esmerilado del hueso (placa) se hizo repetidas veces tomando las medidas con un calibrador Bernier, hasta obtener las medidas deseadas.

FIGURA No. 2:



Secuencia de la elaboración de las placas óseas hasta su aplicación

PROBETA OSEA

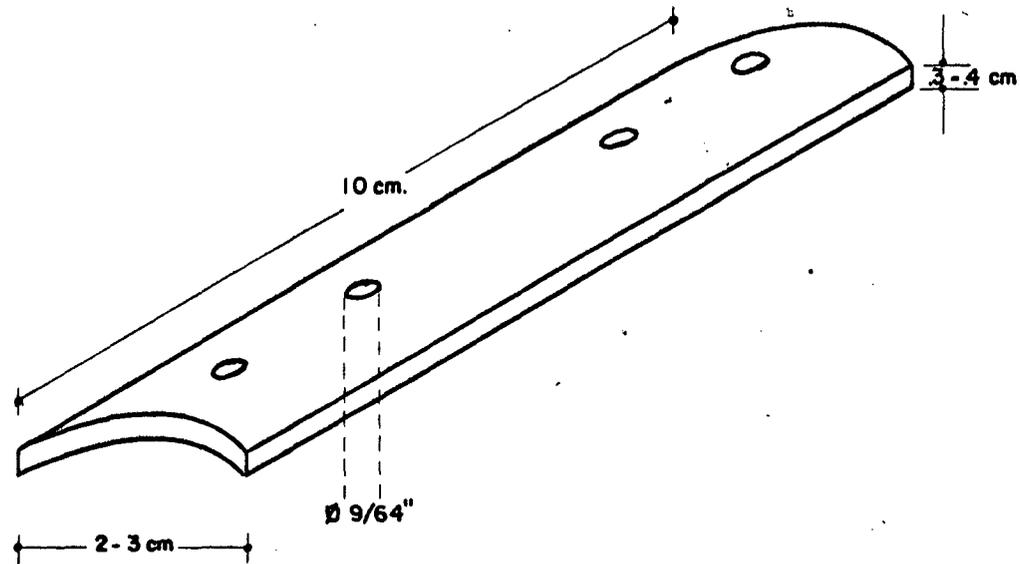


FIGURA No.3 : MODELO DE LAS PROBETAS OSEAS-
PARA LAS PRUEBAS DE TENSION Y
FLEXION.

Como se menciona en la introducción, el hueso no es un material homogéneo, sino que es ANISOTROPICO, por lo que sus propiedades no son las mismas en todas las direcciones y por esta cualidad encontramos que hay casos que por su forma nos proporcionan una curvatura mayor (peralte) que otras y hubo la necesidad de darle un acabado diferente de acuerdo a la morfología de cada hueso.

El terminado de las placas se efectuó con lija delgada, para asentarlas y en su parte interna se trabajó con el limatón redondo para dar el terminado a la curvatura o peralte, todas las placas fueron trabajadas con el mismo método. Una vez terminadas las placas se formaron lotes de la siguiente forma;

a) - Un lote de placas de BOVINO para realizar las pruebas mecánicas de FLEXION y TENSION, en el que se trabajaran los siguientes huesos; Fémur, Tibia, y metatarso.

En cada hueso se trabajó con 2 placas de 4 perforaciones (dos a cada extremo) de 9/64 de diámetro y dos placas con 6 perforaciones (tres a cada extremo) del mismo diámetro..

4 placas se utilizarán para las pruebas de TENSION y 24 para la prueba de FLEXION de cada hueso.

b) - Se formaron lotes con las mismas características para los huesos de EQUINO, SUINO y CANINO.

Identificadas las placas por especie y región anatómica se procedió a la medición de las distancias para la perforación de los orificios.

Una vez determinado el centro del eje longitudinal de la placa, se trazó mediante un compás la posición de los orificios para que quedaran equidistantes uno del otro, dejando una sección más amplia hacia el centro de la placa y los orificios fueran situados en los extremos de la misma para tratar de simular en lo mas posible la forma de las placas metálicas convenciona-

les.

Ya calculados los puntos donde van hacer efectuadas las perforaciones, estas se efectuaron con un taladro eléctrico y con una broca de 9/64 de diametro.

La distancia del borde extremo de la placa ósea y el primer orificio es de 1 cm. y la distancia entre cada orificio es de 1 cm. para placas con 6 orificios (3 en cada extremo) y para placas que llevan 4 orificios es de 1 cm. -- del borde externo al primer orificio y 2 cm. entre orificio y orificio.

PRUEBAS MECANICAS DE ENSAYE:

Las pruebas de ensaye (tensión, flexión) se efectuaron en el laboratorio de ensaye de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Guadalajara, se realizaron en una maquina electrohidráulica (figura # 4), previa toma de las medidas de las placas (ancho promedio, longitud entre apoyos, peralte, espesor, etc) (tabla 1,3).

a) PRUEBAS DE FLEXION:

Para este ensayo se empleo una muestra (placa ósea) dispuesta en dos apoyos fijos de tal manera que la carga se aplica como una fuerza concentrada en medio de la distancia entre los puntos de apoyo (6.5 cm. de longitud entre un centro de apoyo y otro). En esta muestra sometida a flexión se crea un estado de tension heterogéneo, la parte inferior de la muestra se encuentra traccionada y la parte superior de la muestra se encuentra comprimida. (figura # 5).

Esta prueba se realiza colocando la muestra en la plancha de apoyo (barras) de la agarradera inferior y deformandola mediante un pistón cilindrico en la parte superior, ejerciendo una presión sobre una segunda barra de 6 mm. de diametro que va sobrepuesta en la cara anterior de la placa osea (figura # 6). La flexion se consigue por un ascenso de la agarradera inferior o un descenso de la superior, teniendo una lectura en grafica como sigue;

$p = \text{Carga.}$

$f = \text{Flecha de flexion.}$

El valor de las magnitudes de la carga, permite determinar los limites de proporcionalidad de la resistencia durante la flexión, siendo la lectura en grafica de la siguiente manera; (figura # 7, B) ;

p=Punto característico en el diagrama.

e=Carga que calcula el límite de elasticidad convencional.

s=Punto de fluencia (deformación plástica).

b=Debilitamiento y rotura de la muestra.

Las tensiones en la etapa de diferenciación elástica se calculan por las ---
fórmulas corrientes de resistencia de materiales.

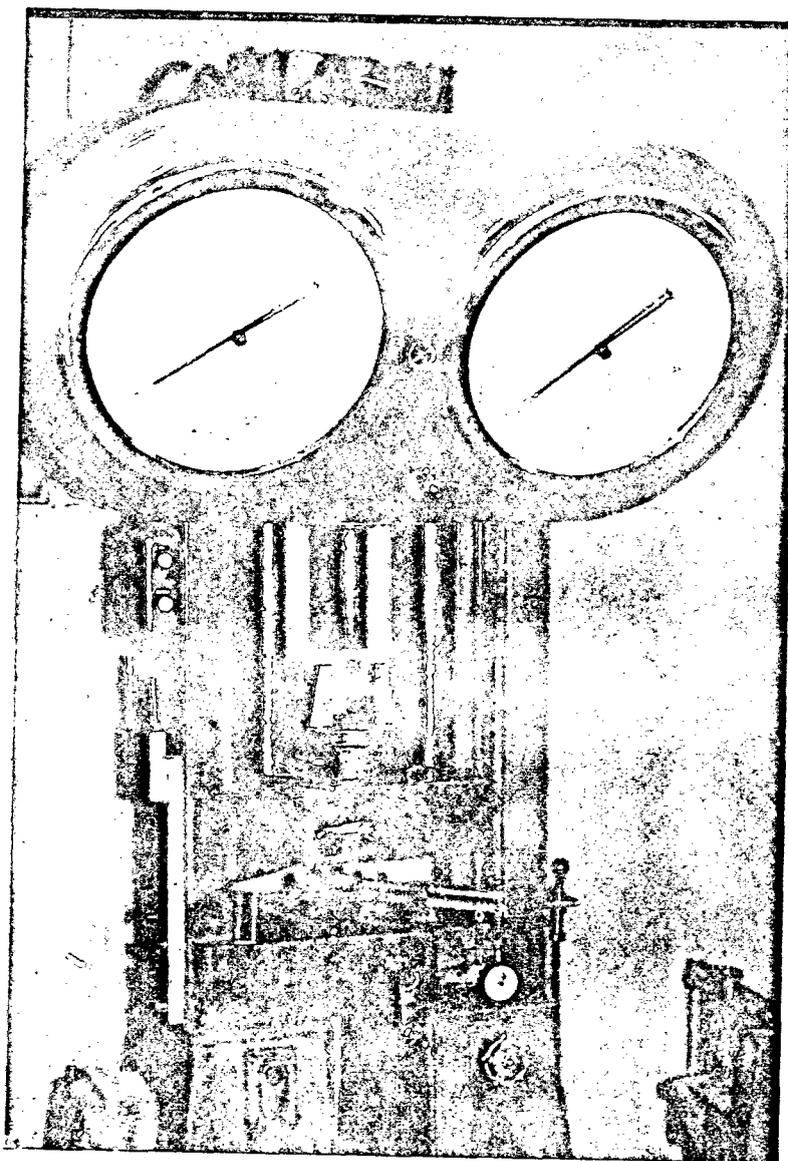
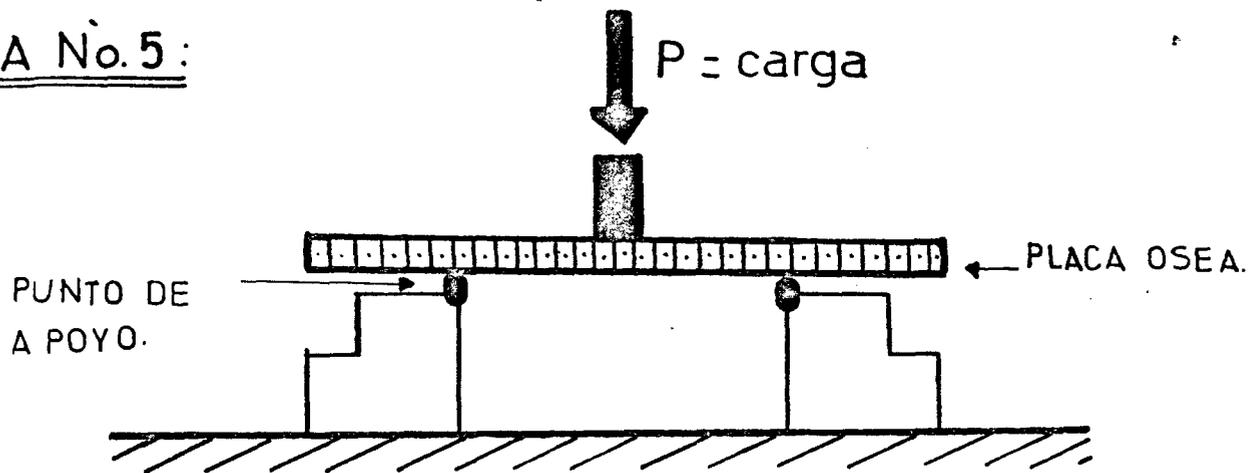
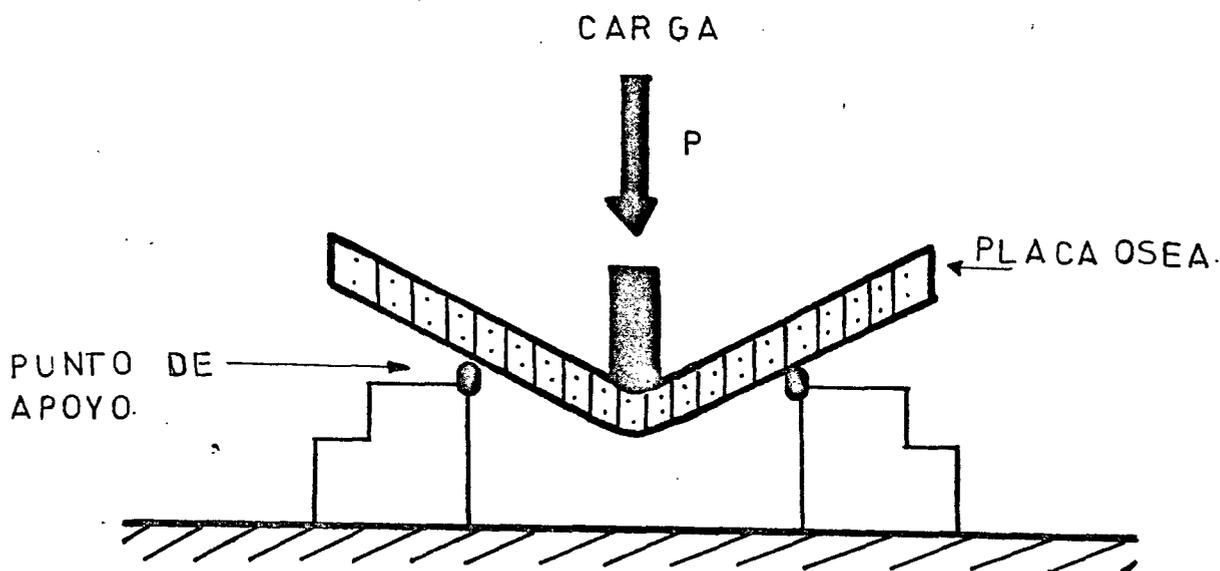


FIGURA No.4: Maquina Electrohidraulica.

FIGURA N.º 5:

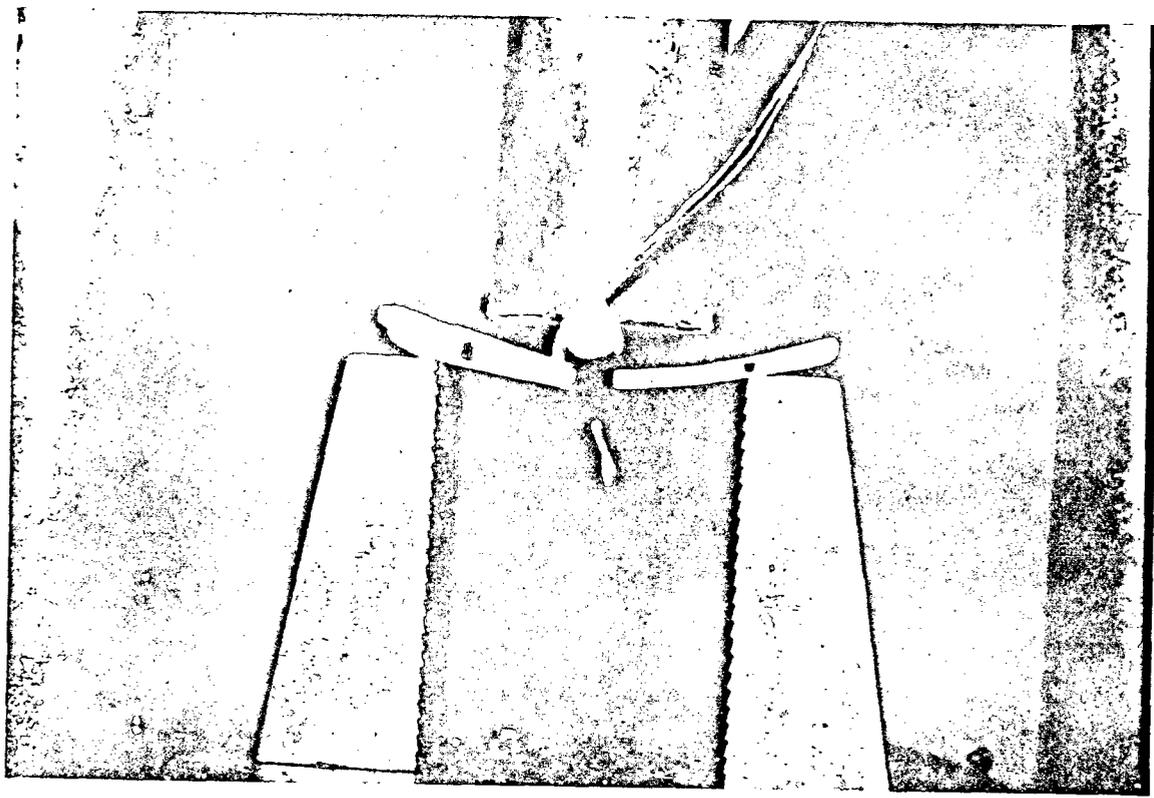


A) ANTES DE CARGA.



B) DURANTE LA APLICACION DE LA CARGA.

FIGURA No. 6:



PLACA SOMETIDA A FLEXION.

b)- PRUEBA DE TENSION:

El tipo más empleado es el de tensión uniaxial, de tal manera que la tensión lineal de tracción sea aplicado en el centro de gravedad de la muestra y dirigidos estrictamente a lo largo de su eje longitudinal (figura # 8).

La metodología de los ensayos de tracción requiere ser muy preciso en los pasos sucesivos de la prueba, desde la medición exacta de la muestra, centrado en la máquina, elección de la velocidad de aplicación de la CARGA (20 kgs. cada 18 segundos en esta prueba).

El diagrama (figura 7,A) para medir o entender la prueba de tensión es el siguiente;

p=Punto característico en el diagrama.

Ppr=Determina la magnitud del límite de proporcionalidad (tensión que el material de la muestra resiste sin apartarse de la Ley de Hooke).

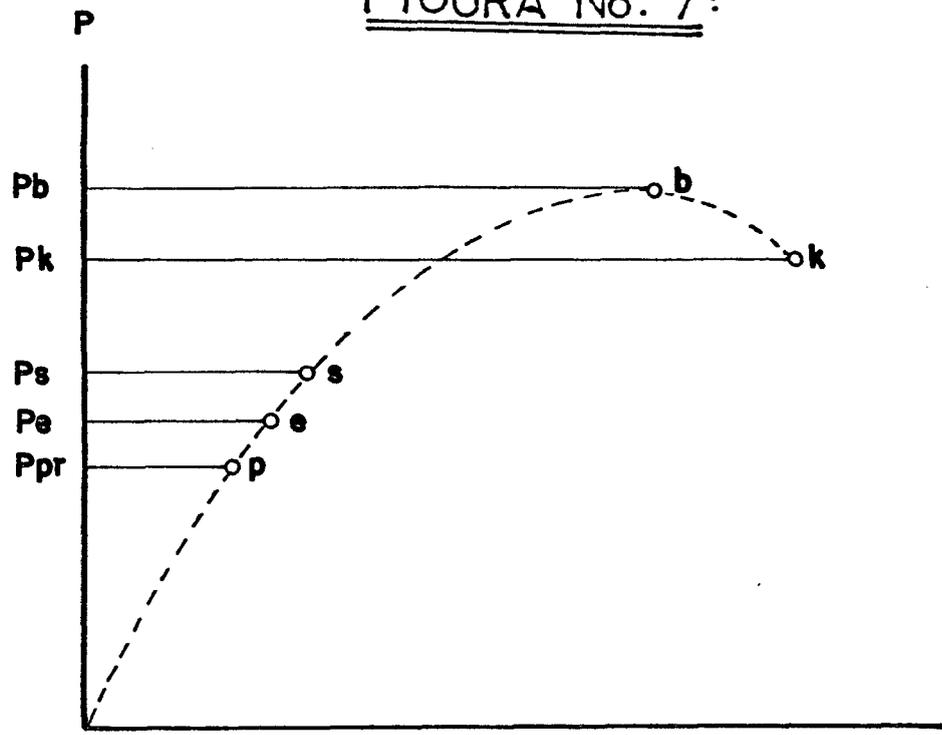
e=Carga que calcula el límite de elasticidad convencional (deformación macroplástica).

s=Punto de fluencia (deformación plástica).

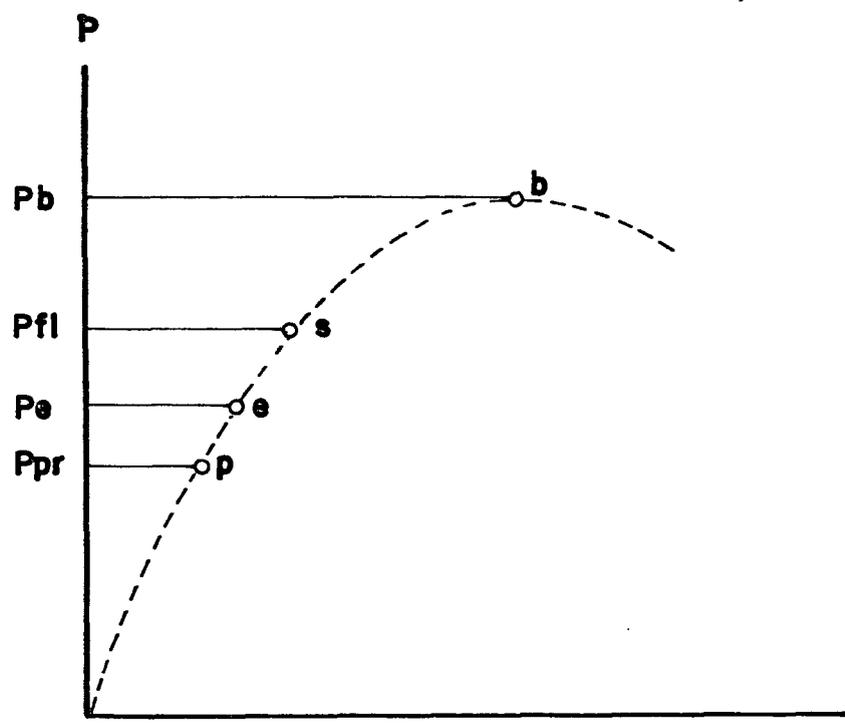
b=Aparece un debilitamiento de la muestra.

k=Rotura de la muestra.

FIGURA No. 7:

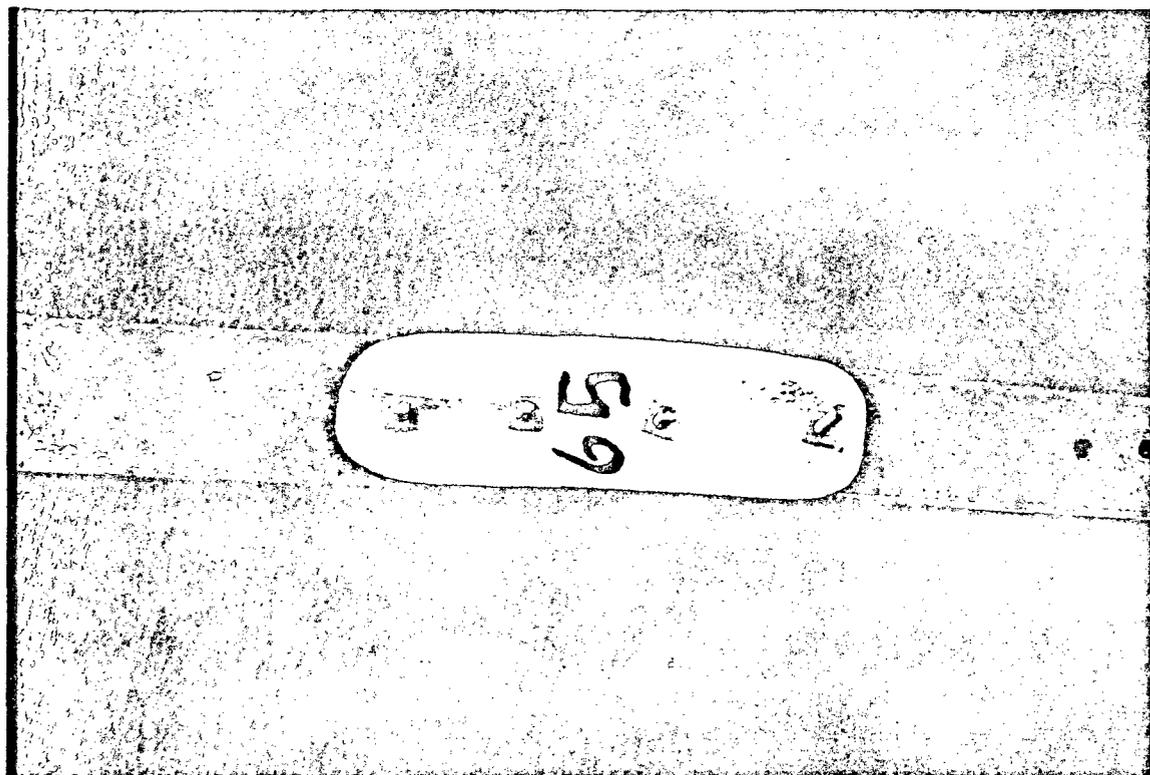


A) - DIAGRAMA DE TRACCION



B) - DIAGRAMA DE FLEXION

FIGURA No. 8 :



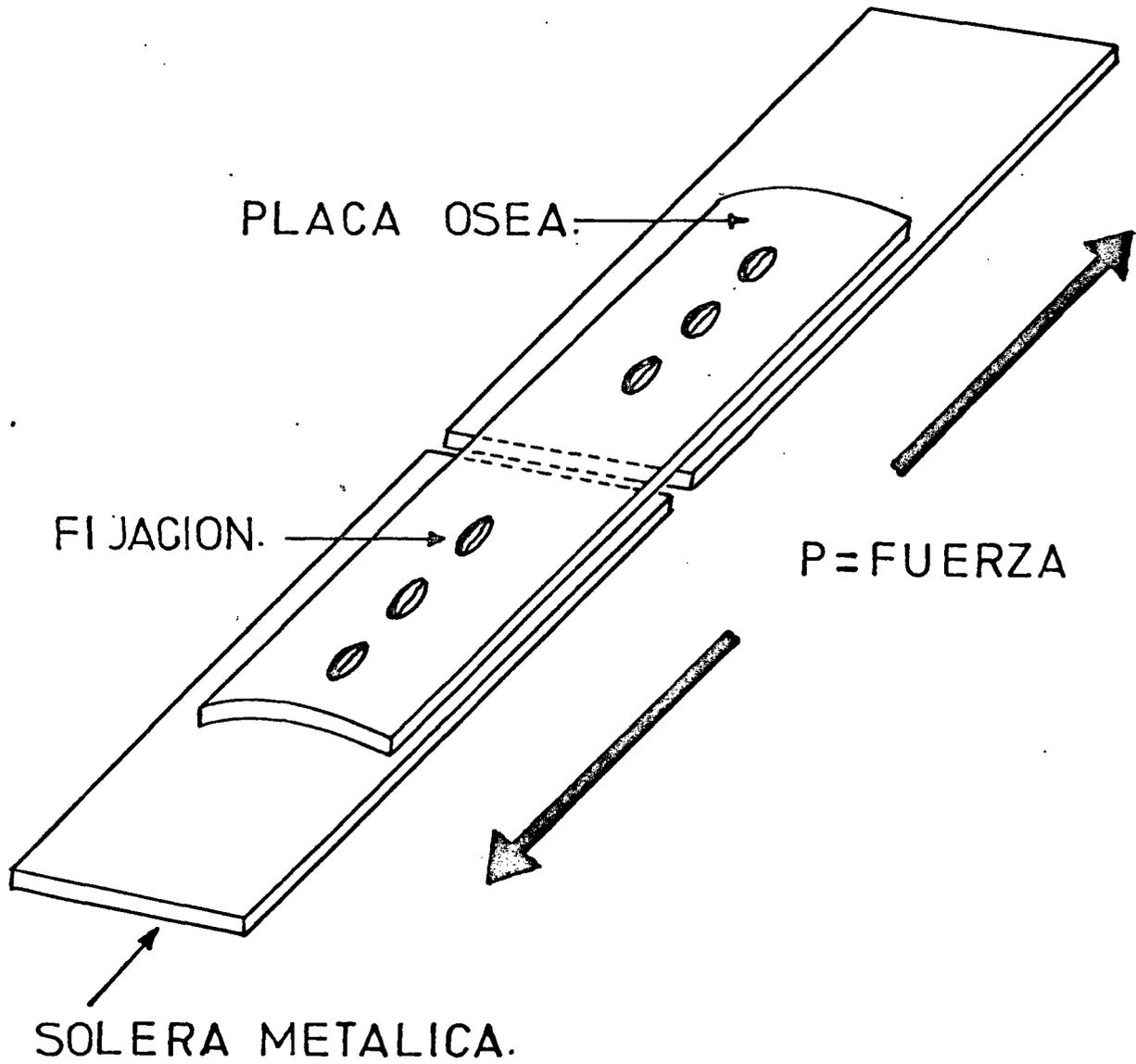
Las placas óseas a ensayar a tensión fueron sujetas a secciones de solera de 20 cm. de largo por 3 cm. de ancho y .4 cm de grosor y 9/64 de diámetro las perforaciones que llevan con sus respectivos tornillos de las mismas dimensiones, con el fin de simular las características que favorezcan la realización de la prueba de tensión, de tal manera que al colocarlas sobre la máquina electrohidráulica, la parte inferior y superior son amordazadas por la máquina; pero con la diferencia que la parte superior es la que va a tener el movimiento de deslizamiento longitudinal hacia arriba creando en la muestra una tracción lineal vertical (figura # 9); hasta que la muestra ceda o se formen grietas o se seccione por completo y obtener un resultado por cada placa estudiada en esta forma. Todas las placas de las especies estudiadas fueron expuestas a esta prueba, interviniendo una serie de factores (de formación) que son importantes en la obtención de los resultados.

NOTA;

En la máquina electrohidráulica se lee la resistencia de la fuerza aplicada a cada placa en una gráfica la cual está tabulada de 10 en 10 kgs., de tal forma que al hacer funcionar la máquina, esta ejerce la presión sobre las muestras y la máquina va marcando por medio de dos agujas, una aguja de arrastre (negra) y otra indicadora (roja) que marcan a la par pero que al sufrir una rotura o grieta en la placa, las agujas se detienen automáticamente y queda marcado por la aguja indicadora los kgs. que haya resistido la muestra.

Esta forma de lectura es tanto para las pruebas de FLEXION y TENSION.

FIGURA No. 9:



MODULO DE TENSION APLICADO A PLACAS OSEAS.

R E S U L T A D O S .

RESULTADOS :

Habiendo analizado los factores de FLEXION y TENSION en las placas óseas (probetas) correspondientes a las especies BOVINA, EQUINA, SUINA y CANINA, en la tabla 1 y 2 parte superior se aprecia las medidas generales de las placas óseas, medidas fundamentales para poder determinar la resistencia de las placas óseas mediante las formulas tradicionales que se utilizan en las pruebas de ensaye de materiales comunes; se obtuvieron los siguientes valores;

I)-En la prueba de FLEXION (TABLA No.1);

LOTE No.1; de placas elaboradas con TIBIA a las cuales se les practicaron --

6 orificios, se obtuvieron los siguientes valores;

1-.BOVINO; 418.06 kgs/cm².

2-.SUINO; 327.07 " " .

3-.EQUINO; 213.90 " " .

4-.CANINO; 138.55 " " .

Del mismo lote pero placas con 4 orificios el resultado fue;

1-.EQUINO; 323.49 kgs/cm².

2-.SUINO; 223.57 " " .

3-.BOVINO; 204.84 " " .

4-.CANINO; 121.87 " " .

LOTE No.2; formado por placas elaboradas con el hueso FEMUR (TABLA No.2) a --

las que se les practicaron 6 orificios, se obtuvieron los siguientes valores;

1-.EQUINO; 368.70 kgs/cm².

2-.BOVINO; 315.57 " " .

3-.SUINO; 251.82 " " .

4-.CANINO: 156.47 kgs/cm².

Las placas con 4 orificios de este mismo lote arrojaron los siguientes valores;

1-.EQUINO: 251.30 kgs/cm².

2-.BOVINO: 208.05 " " .

3-.CANINO: 151.96 " " .

4-.SUINO: 127.08 " " .

LOTE No.3; placas de METATARSO con 6 orificios de BOVINO y EQUINO y HUMERO DE CANINO y SUINO, se obtuvieron los siguientes valores (TABLA No.2);

1-.SUINO; 251.82 kgs/cm².

2-.EQUINO; 225.50 " " .

3-.BOVINO; 204.29 " " .

4-.CANINO; 178.21 " " .

Se hace la aclaracion que por dimensiones del METATARSO de SUINO y CANINO - no fue posible elaborar las placas con este hueso, de manera que fue sustituido por el HUMERO DE DICHAS ESPECIES.

Y los valores obtenidos en placas con 4 orificios en este mismo lote fueron;

1-.EQUINO; 330.70 kgs/cm².

2-.BOVINO: 298.88 " " .

3-.CANINO; 131.83 " " .

4-.SUINO: 127.08 " " .

FLEXION

TABLA 1

No.	CARACTERISTICA (ESPECIE)	ANCHO PROMEDIO	LONGITUD ENTRE APOYOS (cm)	PERALTE (cm)	CARGA DE RUPTURA	DEFORMACION EN mm.	Kg/cm	\bar{x}	\bar{x}_{Def}
1	METATARSO EQUINO	2.5 cm	6.5	1.2	220kg	1.27	297.91		
2	" "	2.8	6.5	1.35	160	1.39	153.09	225.5	1.33
3	" "	2.4	6.5	1.35	290	1.52	335.01		
4	" "	2.2	6.5	1.38	280	1.37	326.55	330.71	1.44
5	FEMUR EQUINO	2.1	6.5	.63	80	3	478.32		
6	" "	2.3	6.5	.95	110	1.65	259.05	368.7	2.32
7	" "	2.4	6.5	.95	110	1.29	248.26		
8	" "	2.3	6.5	.87	90	1.72	254.34	251.3	1.5
9	TIBIA EQUINO	2.8	6.5	.95	120	1.77	213.14		
10	" "	2.9	6.5	.97	120	1.52	214.67	213.9	1.64
11	" "	2.7	6.5	.95	120	1.65	240.74		
12	" "	2.8	6.5	.55	70	2.28	406.25	323.49	1.9
13	METATARSO BOVINO	2.9	6.5	1.12	120	.72	161.37		
14	" "	2.8	6.5	1.22	210	1.22	247.22	204.29	.97
15	" "	2.6	6.5	1.18	230	1.27	310.59		
16	" "	2.6	6.5	1.16	205	1.12	287.17	298.88	1.19
17	FEMUR BOVINO	3	6.5	.68	120	1.77	423.91		
18	" "	2.9	6.5	.56	130	3.20	207.44	315.67	2.48
19	" "	2.7	6.5	.63	50	2.16	232.14		
20	" "	2.7	6.5	.72	70	1.98	183.96	208.05	2.07
21	TIBIA BOVINO	2.5	6.5	.57	90	1.72	548.43		
22	" "	2.4	6.5	.97	130	1.01	287.69	418.06	1.36
23	" "	2.2	6.5	.52	25	3.04	206.56		
24	" "	2.1	6.5	.48	20	3.81	203.12	204.84	3.42
25	TIBIA SUINO	2.2	6.5	.67	80	1.52	404.14		
26	" "	2.6	6.5	.87	100	1.27	250	327.07	1.39
27	" "	2.4	6.5	1.22	130	2.16	182.74		
28	" "	2.5	6.5	.77	70	2.79	264.40	223.57	2.47

= TABLA QUE MUESTRA LOS FACTORES QUE SE TOMARON EN CUENTA PARA LA EVALUACION DE RESULTADOS.

FLEXION

TABLA 1. CONTINUACION.

No.	CARACTERISTICA (ESPECIE)	ANCHO PROMEDIO cm	LONGITUD ENTRE APOYOS cm	PERALTE cm	CARGA DE RUPTURA kg	DEFORMACION EN mm	Kg/cm ²	\bar{x}	\bar{x}_{Def}
29	FEMUR SUINO	2.2	6.5	.86	70	2	212.61		
30	" "	2.3	6.5	.86	100	1.27	291.04	251.82	1.63
31	" "	2.3	6.5	1.28	70	.89	91.12		
32	" "	2.2	6.5	1.17	100	1.47	163.04	127.08	1.18
33	HUMERO "	2.6	6.5	.87	100	1.27	250		
34	" "	2.5	6.5	.90	90	1.14	216.6	233.3	1.20
35	" "	2.4	6.5	1.22	130	2.16	188.61		
36	" "	2.5	6.5	.77	80	2.79	264.40	226.5	2.47
37	FEMUR CANINO	1.2	5.08	.6	50	2.28	157.60		
38	" "	1.5	5.08	.6	60	1.65	155.35	156.47	1.96
39	" "	1	5.08	.5	50	1.67	193.33		
40	" "	1.1	5.08	.4	30	1.27	110.59	151.96	1.47
41	TIBIA "	1.2	5.08	.3	30	1.52	170.58		
42	" "	1.1	5.08	.5	30	1.67	106.53	138.55	1.59
43	" "	1.1	5.08	.4	30	1.37	110.59		
44	" "	.9	5.08	.4	30	1.45	133.16	121.87	1.41
45	HUMERO "	1.5	5.08	.8	70	.89	167.30		
46	" "	1.3	5.08	.4	60	.92	189.73	178.21	.90
47	" "	1.3	5.08	.3	50	1.50	161.71		
48	" "	1.2	5.08	.4	30	1.35	101.95	131.83	1.42

RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS PLACAS OSEAS A FLEXION.

LOTE 1

TABLA 2

ESPECIE	PLACA / HUESO	No. ORIFICIOS	RESISTENCIA kg/cm ²
BOVINO*	TIBIA	6	418.06
SUINO	"	6	327.07
EQUINO	"	6	213.90
CANINO	"	6	138.55
EQUINO*	"	4	323.49
SUINO	"	4	223.57
BOVINO*	"	4	204.84
CANINO	"	4	121.87

LOTE 2

ESPECIE	PLACA / HUESO	No. ORIFICIOS	RESISTENCIA kg/cm ²
EQUINO	FEMUR	6	368.70
BOVINO	"	6	315.67
SUINO	"	6	281.52
CANINO	"	6	156.47
EQUINO	"	4	251.30
BOVINO	"	4	208.05
CANINO	"	4	151.96
SUINO	"	4	127.08

LOTE 3

ESPECIE	PLACA / HUESO	No. ORIFICIOS	RESISTENCIA kg/cm ²
SUINO	HUMERO	6	251.82
EQUINO	METATARSO	6	225.50
BOVINO	"	6	204.29
CANINO	HUMERO	6	178.21
EQUINO	METATARSO	4	330.70
BOVINO	"	4	298.88
CANINO	HUMERO	4	131.83
SUINO	"	4	127.07

*ESTADISTICAMENTE SIGNIFICATIVOS (P: < 0.05)

II)-RESULTADOS EN LA PRUEBA DE TENSION(TABLA # 3);

Para esta prueba se trabajo con el mismo numero de placas que en la prueba de FLEXION.

LOTE No.1; formado por placas de TIBIA(tabla No.4);con 6 orificios,reportando los siguientes resultados;

1-.CANINO: 284.08 kgs/Cm².

2-.SUINO; 239.90 " " .

3-.BOVINO; 226.90 " " .

4-.EQUINO: 161.50 " " .

Y para el mismo lote de placas con 4 orificios el resultado fue;

1-.BOVINO: 263.15 kgs/cm² .

2-.CANINO: 263.10 " " .

3-.SUINO: 152.30 " " .

4-.EQUINO; 134.56 " " .

LOTE No.2;trabajado con placas elaboradas con huesos de FEMUR (tabla No.4)con 6 orificios,el resultado fue;

1-.BOVINO: 199.23 kgs/cm² .

2-.CANINO: 188.18 " " .

3-.EQUINO; 160.88 " " .

4-.SUINO: 159.85 " " .

Los resultados del mismo lote con placas de 4 orificios fue;

1-.BOVINO: 285.71 kgs/cm² .

2-.CANINO: 282.96 " " .

3-.EQUINO: 168.88 " " .

4-.SUINO" 116.20 " " .

LOTE No.3; formado por placas elaboradas con METATARSO de BOVINO y EQUINO Y HUMERO DE CANINO Y SUINO(tabla No.4) con 6 orificios,se obtuvieron los siguientes resultados;

1-.CANINO: 333.78 kgs/cm².

2-.BOVINO; 221.69 " " .

3-.EQUINO: 110.40 " " .

4-.SUINO: 82.42 " " .

Y para las placas del mismo lote con 4 orificios incluyendo las elaboradas con HUMERO de CANINO y SUINO,el resultado fue;

1-.CANINO: 287.17 kgs/cm² .

2-. EQUINO;280.17 " " .

3-.SUINO: 182.50 " " .

4-.BOVINO: 119.72 " " .

TENSION

TABLA 3

No.	CARACTERISTICA (ESPECIE)	MEDIDAS	AREA EN cm ²	CARGA EN Kg/RUPTURA	RESISTENCIA A TENSION Kg/cm ²	x̄
1	METATARSO BOV.	2.6 - .39	1.01	80	78.89	
2		2.4 - .40	.96	350	364.5	221.69
3		3.3 - .40	1.32	185	140.15	
4		3.0 - .47	1.41	140	99.29	119.72
5	FEMUR BOVINO	2.6 - .50	1.30	440	107.69	
6		3.0 - .47	1.41	410	290.78	199.23
7		3.3 - .30	.99	330	333.33	
8		2.8 - .30	.84	200	238.09	285.71
9	TIBIA BOVINO	3.0 - .30	.90	270	300	
10		2.5 - .39	.97	150	153.80	226.90
11		2.6 - .39	.78	240	307.6	
12		2.4 - .40	.96	210	218.7	263.15
13	TIBIA CERDO	3.0 - .30	.90	200	222.22	
14		2.6 - .30	.78	200	256.4	239.3
15		3.0 - .30	.90	160	177.7	
16		2.8 - .45	1.26	160	126.9	152.3
17	FEMUR	3.3 - .40	1.32	230	174.2	
18		3.3 - .37	1.22	190	145.5	159.85
19		3.2 - .30	.96	140	73.71	
20		2.7 - .35	.94	150	158.70	116.2
21	HUMERO	2.9 - .30	.87	80	91.95	
22		3.2 - .30	.96	70	72.90	82.42
23		3.2 - .30	.96	180	187.5	
24		3.0 - .30	.90	160	177.7	182.5
25	METATARSO EQUINO	3.6 - 0.4	1.44	90	62.5	
26		3.0 - .40	1.20	190	158.3	110.4
27		3.0 - .40	1.20	300	250	
28		2.9 - .30	.87	270	310.34	280.17

TABLA QUE MUESTRA LOS FACTORES QUE SE TOMARON EN CUENTA PARA LA EVALUACION DE RESULTADOS.

TENSION

TABLA 3 CONTINUACION

No.	CARACTERISTICA (ESPECIE)	MEDIDAS	AREA cm ²	CARGA Kg/RUPTURA	RESISTENCIA Kg/cm ²	\bar{x}
29	FEMUR EQUINO	3.3 - .30	1.25	180	144	
30		3.0 - .30	.90	160	177.77	160.88
31		2.6 - .40	1.04	170	163.46	
32		2.3 - .40	.92	160	173.91	168.9
33	TIBIA EQUINO	3 - .30	.90	130	144.44	
34		2.8 - .30	.84	150	178.57	161.5
35		2.5 - .30	.75	140	186.66	
36		2.5 - .39	.97	80	82.47	134.56
37	FEMUR CANINO	1.4 - .20	.28	30	107.14	
38		1.3 - .20	.26	70	269.25	188.18
39		1.4 - .20	.28	40	142.85	
40		1.3 - .20	.26	110	423.07	282.96
41	TIBIA CANINO	1.1 - .20	.22	60	272.72	
42		1.1 - .20	.22	65	295.45	284.08
43		1.3 - .20	.26	60	230.76	
44		1.1 - .20	.22	65	295.45	263.10
45	HUMERO CANINO	1.4 - .20	.28	90	321.42	
46		1.3 - .20	.26	90	346.15	333.78
47		1.5 - .30	.45	120	266.66	
48		1.3 - .20	.26	80	307.69	287.17

RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS PLACAS OSEAS A TENSION.

LOTE 1
TABLA 4

ESPECIE	PLACA / HUESO	No. ORIFICIOS	RESISTENCIA kg/cm ²
CANINO	TIBIA	6	284.08
SUINO	"	6	239.90
BOVINO	"	6	226.90
EQUINO*	"	6	161.50
BOVINO	"	4	263.15
CANINO	"	4	263.10
SUINO	"	4	152.30
EQUINO	"	4	134.56

LOTE 2

ESPECIE	PLACA / HUESO	No. ORIFICIOS	RESISTENCIA kg/cm ²
BOVINO	FEMUR	6	199.23
EQUINO	"	6	160.88
SUINO	"	6	159.85
CANINO	"	6	188.18
BOVINO	"	4	285.71
CANINO	"	4	282.96
EQUINO	"	4	168.68
SUINO	"	4	116.20

LOTE 3

ESPECIE	PLACA / HUESO	No. ORIFICIOS	RESISTENCIA kg/cm ²
CANINO	HUMERO	6	333.78
BOVINO	METATARSO	6	221.69
EQUINO	"	6	110.90
SUINO*	HUMERO	6	82.42
CANINO	"	4	287.17
EQUINO	METATARSO	4	280.17
SUINO*	HUMERO	4	182.50
BOVINO*	METATARSO	4	119.72

RESULTADO GLOBAL:

Para las pruebas de FLEXION las placas más resistentes fueron en orden descendente;

a)-PLACAS CON 6 ORIFICIOS:1-.BOVINO(TIBIA): 418.06 kgs/cm².

2-.EQUINO(FEMUR): 368.70 " " .

3-.SUINO(TIBIA): 327.07 " " .

b)-PLACAS CON 4 ORIFICIOS:1-.EQUINO(METATARSO): 330.70 kgs/cm².

2-.EQUINO(TIBIA): 323.49 " " .

3-.BOVINO(METATARSO): 298.88 " " .

Para la prueba de TENSION las placas más resistentes fueron en orden descendente;

a)-PLACAS CON 6 ORIFICIOS:1-.CANINO(HUMERO): 333.78 kgs/cm² .

2-.CANINO(TIBIA): 284.08 " " .

3-.SUINO(TIBIA): 239.90 " " .

b)-PLACAS CON 4 ORIFICIOS:1-.CANINO(HUMERO): 287.17 kgs/cm² .

2-.BOVINO(FEMUR): 285.71 " " .

3-.CANINO(FEMUR): 282.96 " " .

La prueba de FLEXION mediante analisis estadistico de T de - STUDENT ($P < 0.05$) se demostro que existe una significancia entre las placas con 6 orificios, elaboradas con huesos de BOVINO (TIBIA) y EQUINO (TIBIA) (tabla No.2).

Al igual que la prueba anterior, la prueba de TENSION, mediante T de STUDENT ($P < 0.05$), se demostro que hubo una diferencia significativa entre las --- placas con 6 orificios elaboradas con huesos de EQUINO (TIBIA), EQUINO (METATARSO) y SUINO (HUMERO) (tabla No.4).

NOTA:

En la prueba de ensaye a FLEXION se tomo un dato extra en la maquina electrohidráulica; este dato es la deformación en milímetros, la cual consiste en medir el grado de elasticidad que presenta la placa ósea hasta el momento de ruptura o formación de grietas.

La deformación en mm. se consigue mediante un micrometro que hace contacto a la placa osea al momento de practicar la prueba de flexión a base de -- una laminilla que contiene este micrómetro.

D I S C U S S I O N .

DISCUSION:

De los resultados globales obtenidos para la prueba de ----- FLEXION, se observó que las placas elaboradas con TIBIA y FEMUR con 6 orificios de BOVINO y EQUINO respectivamente, demostraron tener una mayor resistencia que las placas elaboradas con los mismos huesos pero con 4 orificios. Y para la prueba de TENSION sucedía el mismo fenómeno siendo más resistentes las placas con 6 orificios elaboradas con huesos HUMERO y TIBIA de CANINO que las placas con 4 orificios elaboradas con HUMERO y FEMUR de CANINO y FEMUR de BOVINO. Apareciendo como una incoherencia, ya que se podía pensar que las placas con menos orificios en teoría son más resistentes, ya que el flujo de tensiones a lo largo de una placa sometida a una tracción uniaxial en la que se observa una trayectoria uniforme en una sección cualquiera de la placa, se altera al llegar a un orificio produciéndose una gran concentración a los bordes del mismo y que va disminuyendo hacia la periferia (palacios y Carbajal).

La colocación de los agujeros con respecto al eje de la placa no altera en principio su resistencia, esto es válido para las placas metálicas, las cuales ofrecen líneas de tensión paralelas a la línea de los bordes y suponemos que la alineación de sus moléculas siguen una línea uniaxial. En cambio las placas óseas como se ha mencionado al principio del presente trabajo, son de un carácter ANISOTROPICO, es decir que en su composición arquitectónica, las líneas de tensión no son paralelas a los bordes de la misma, sino que siguen distintos patrones de distribución molecular en cada hueso.

Suponiendo que las placas óseas más resistentes obedecieran tanto a factores de tipo FISIOLÓGICO, NUTRICIONAL, como podrían ser los mayores acumulos de cal

cio y fósforo así como la diversidad de líneas diferentes que se integran en los diferentes tipos de huesos.

La significancia estadística con $P < 0.05$ demuestra que las placas elaboradas con TIBIA de BOVINO con 6 orificios y TIBIA de EQUINO con 6 orificios son las más resistentes a la FLEXION comparadas con las placas elaboradas con -- huesos de CANINO.

En las pruebas de TENSION las placas elaboradas con HUMERO DE CANINO con -- 6 orificios tuvieron un significado estadístico de mayor resistencia comparadas contra las placas elaboradas con METATARSO de BOVINO y EQUINO.

El comportamiento de las placas estudiadas en el factor de FLEXION resultaron acordes a lo planteado en la hipótesis de este trabajo en cuanto que se pensaba que las placas elaboradas con huesos de EQUINO y BOVINO serían más resistentes que las del CANINO.

Sin embargo en las pruebas de TENSION se encontró que las placas de canino fueron más resistentes que las demás especies estudiadas, atribuyéndose esto a factores de ANISOTROPIA OSEA.

C O N C L U S I O N E S .

C O N C L U S I O N E S ;

- 1-.De los resultados obtenidos en la prueba de FLEXION, las placas elaboradas con huesos de TIBIA(BOVINO)y FEMUR(EQUINO),demostraron tener una mayor resistencia que las demas especies y huesos.
- 2-.En la prueba de TENSION los resultados fueron favorables para las placas elaboradas con HUMERO y TIBIA de CANINO.
- 3-.Podemos concluir que teoricamente las placas con 6 orificios de BOVINO y EQUINO(TIBIA y FEMUR respectivamente)son las mas idoneas para realizar la osteosíntesis de las fracturas en perros mayores de los 15 kgs,aun cuando las placas de CANINO hayan arrojado valores superiores en la prueba de TENSION, ya que biologicamente se demostro que al ser aplicadas estas ultimas en fracturas de perros de tallas grandes a los 15 kilogramos,estas no resistieron (LOPEZ PAZARON)y presentaban rompimiento antes de haberse consolidado el calllo óseo.
- 4-.Quedaría por demostrar su valor biomecánico cuando se apliquen a receptores con problemas traumatológicos y observar su comportamiento en relacion con las placas elaboradas con huesos de canino.

R E S U M E N .

R E S U M E N :

Numerosos trabajos han sido reportados en la literatura medica sobre la propiedad mecánica del hueso, sin embargo solo una referencia se encontro acerca de placas de compresion elaboradas con huesos de BUFALO y ninguna de placas elaboradas con huesos de las especies domesticas; en este trabajo se estudiaron los factores de TENSION y FLEXION de placas oseas elaboradas con huesos secos de TIBIA, FEMUR, METATARSO de EQUINO y BOVINO: y TIBIA, FEMUR y HUMERO de CANINO y SUINO.

El objetivo buscado a traves de estas pruebas fue investigar las propiedades de los materiales oseos en relacion a la funcion que va a realizar y ver si son aptos para soportar aquellos esfuerzos a los que se someteran al utilizarse en la osteosíntesis de las fracturas en el perro.

Se recolectaron huesos frescos de TIBIA, FEMUR y METATARSO de EQUINO y BOVINO; FEMUR, TIBIA y HUMERO de CANINO y SUINO; los huesos fueron seccionados sagitalmente en sus epífisis y longitudinalmente en sus diáfisis, desengrasandolos por ebullición en agua jabonosa para retirar toda la materia orgánica, una vez secos se fabricaron placas de 10 cm de largo, 2-3 cm. de ancho y .3-.4 cm. de grosor.

Se formaron lotes(2) de prueba con placas de cada hueso, un lote con 4 placas de las cuales, tenian 2 perforaciones de 9/64 de diametro en cada extremo y otro lote con 3 perforaciones en cada extremo del mismo diametro. De estas placas en cada lote se utilizaron 2 placas para la prueba de FLEXION y 2 placas para la prueba de TENSION, dichas pruebas se realizaron en una máquina -- electrohídrica, y los resultados fueron calculados por las fórmulas corrientes de resistencia de materiales, con un total de 96 placas en todo el estudio(24 por especie). Se encontro en forma global que las placas elaboradas con TIBIA de BOVINO fueron las más resistentes a la FLEXION, seguido por -- las placas de FEMUR de EQUINO, ambas con 6 perforaciones. En la prueba de TENSION, las placas elaboradas con HUMERO de CANINO fueron las que soportaron -- una mayor tension quedando en segundo lugar las elaboradas con FEMUR de -- BOVINO, ambas con 6 perforaciones.

Concluyendo que las placas elaboradas con TIBIA de BOVINO con 6 perforaciones son las que en teoria representarian el modelo ideal para ser utilizadas en la osteosíntesis de fracturas en perros, aún, cuando las placas elaboradas con huesos de CANINO hayan mostrado una mayor resistencia en una investigacion anterior al presente trabajo demostraron no tener la misma resistencia al ser aplicadas en las fracturas en perros mayores a los 15 kilogramos.

QUedaria por demsostrar el comportamiento biológico de las placas de BOVINO en el organismo del perro al realizarse la osteosíntesis.

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

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

- 1-.BAGBY,G.W.(Compression bone-plating Historical considerations).
J.Bone Jt. Surgery,59-A,625,1977.
- 2-.BARGREN,J.H. y BASSET,C.A.L.:(A single Modulus of elasticity and its relation to electrical polarization in cortical bone subjected to cyclic tension and compression).
J.Bone Jt. Surgery,55-A,3,653,1973.
- 3-.BEMENT,A,L.:Biomaterials.Bioengineering applied to materials for hard and soft tissue replacement.Batelle Seattle Research Center.
University of Washington Press.Seattle,1971.
- 4-.BREKELMANS,W.A.M.y Poort,H.W.:Theoretical and experimental investigation of the stress and strain situation on a femur.2' Symp.
CIBO.Acta Orthop.Bel.,39,3,1972.
- 5-.BURSTEIN,A.H.,CURREY,J.,FRANKEL,V.H.,HEIPLE,K.G.,LUNSETH,P. y VESEELVY,J.C.:(Bone Strength.The effect of screw holes).
J.Bone Jt. Surgery,54-A,6,1143,1972.
- 6-.BURSTEIN,A.H.,CURREY,J.D. y FRANKEL,V.H.(The Effect of pseudo plastic behavior of bone tissue on the strenght of bone structure).
J.Bone Jt. Surgery,53-A,799,1971.
- 7-.EVANS,F.G.:(Structure and strenght of human corticale bone).J.Bone Jt.Surgery,52-A,3,603,1970.
- 8-.LEITZ,S. y Morote,J.L.:(Valor de los factores mecanicos en la os-teosintesis).Rev.Ortop.Traum.,11-18,117,1967.

- 9-.LOPEZ PAZARON E.,DELA TORRE A.J.:Utilizacion de placas oseas para la osteosintesis experimental de la TIBIA en perro;Tiempos de Ciencia # 4,Jul-Sep.:UdeG;39-43,1986.
- 10-.MEYRUEIS,J.P.,BONNET,G.,ZIMMERMANN,R.y de BAZELAIRE,E.:(Osteosyntheses par plaques adherentes.Etude physique experimentale).Rev.Chir.-Orthop.,63,627,1977.
- 11-.PALACIOS Y CARBAJAL J.de et al;:IMPLANTES OSEOS Y ARTICULARES:Norma Madrid;60-96,110,192-197;1980.
- 12-.POPE,M.H. y ORTWATER,J.O.:(Mechanical properties of bone as a function of position and orientation).J.Biomech.1,61,1974.