

**PRUEBAS DE RESISTENCIA Y DURABILIDAD DE
MADERAS NACIONALES Y RECOMENDACIONES
PARA SU USO EN CONSTRUCCION DE
EMBARCACIONES MENORES**

Autor: Marco Velarde Toscano

Director de Tesis: Ing. Hugo Tobar Vega

T E S I S

SOMETIDA COMO REQUERIMIENTO PARCIAL PARA
OBTAR EL TITULO DE

INGENIERO Y ARQUITECTO NAVAL

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

-1974-

PRUEBAS DE RESISTENCIA Y DURABILIDAD DE
MADERAS NACIONALES Y RECOMENDACIONES
PARA SU USO EN CONSTRUCCION DE
EMBARCACIONES MENORES

T E S I S

APROBADA POR EL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
MARITIMA Y CIENCIAS DEL MAR DE LA
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Firma del Autor:



Certificado:


Ing. Hugo Tobar V.

Aprobado:

La Responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas, expuestas en ésta Tesis, corresponden exclusivamente al Autor

(Artículo Sexto del Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la Escuela Superior Politécnica del Litoral

Marco Velarde Toscano

Guayaquil, Diciembre 1974

La propiedad intelectual
de ésta Tesis correspon-
de a la ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL

(Artículo Vigésimo Primer
ro del Reglamento de Exám
enes y Títulos Profesion
ales de la Escuela Super
rior Politécnica del Lit
Toral.

A mis padres:

GALO y AMERICA

Verdaderos gestores de
mi profesión con su a
poyo, amor y sacrifi-
cio

A mis tíos

LUIS y EMMA

C O N T E N I D O

	Pag.
<u>INTRODUCCION</u>	1
1) Finalidad	1
2) Resúmen del Trabajo	4
<u>CAPITULO I</u>	9
ANTECEDENTES DEL USO DE MADERA EN CONSTRUCCION NAVAL	9
1 - Construcción Naval en el Ecuador	9
2 - Características de las Principales Especies de Maderas usadas en Construcción Naval	14
<u>CAPITULO II</u>	24
PRUEBAS MECANICAS DE LAS MADERAS	24
1 - Introducción y Metodología	24
a) Métodos standar ASTM-D143-52 para probar pequeñas muestras de madera	24
b) Descripción de la máquina universal para ensayos de madera Amsler 4DBZF 120	41
2 - Procedimientos y Pruebas	48
a) Medición de los resultados	65
b) Corrección de la Resistencia	67

c) Peso específico	72
d) Humedad	76
e) Esfuerzo de Trabajo	83
f) Probetas empleadas	85
g) - Flexión	86
i) Módulo de Elasticidad	86
ii) Cálculo de Esfuerzos	88
iii) Curvas y Resultados	89
h) - Compresión -	117
i) Módulo de Elasticidad	117
ii) Cálculo de Esfuerzos	119
iii) Curvas y Resultados	120
<u>CAPITULO III</u>	148
PRUEBAS DE DURABILIDAD DE LAS MADERAS Y RESISTENCIA A LA PUDRICION	148
1 - Introducción y Metodología	148
a) Horadores marinos	148
2 - Procedimientos	149
a) Como preparar la madera para el tratamiento de preservación	150
b) Procesos de Tratamiento de Madera para su protección y uso en construcción naval	156

c) Método tentativo para evaluar la preservación de maderas en pruebas de campo.	161
d) Productos químicos para preservación	164
3.- Requerimientos para el tratamiento preservativo de cascos de embarcaciones de madera.	168
4.- Efectos del Tratamiento sobre la resistencia de la madera.	172
<u>CAPITULO IV</u>	174
CONCLUSIONES Y RESULTADOS	174
1 - Flexión Perpendicular a la Fibra	175
2.- Compresión Paralela a la Fibra	177
3.- Resistencia a la Pudrición: Durabilidad	179
4.- Escantillones	184
a) Determinación de escantillones (SMITH)	185
b) Reglas de escantillones (NEVINS)	195
5.- Usos recomendables para maderas nacionales en Construcción Naval.	200
<u>Bibliografía.-</u>	202

LISTA DE FIGURAS Y CUADROS

	Pag.
C1 MADERAS NACIONALES	4
F1 TIPOS DE FALLAS EN FLEXION ESTATICA	36
F2 TIPOS DE FALLAS EN COMPRESION	39
F3 MAQUINA UNIVERSAL AMSLER 4DBZF	42
F4 PRUEBA DE FLEXION ESTATICA	53
F5 PRUEBA DE COMPRESION	54
F6 PRUEBA DE TENSION PERPENDICULAR AL GRANO	55
F7 PRUEBA DE HENDIDURA	57
F8 DIMENSIONES DE LAS PROBETAS PARA PRUEBAS DE TENSION Y HENDIDURA	58
F9 PRUEBA DE DUREZA	60
F10 METODO JANKA (Penetración)	61
F11 PRUEBA DE IMPACTO	63
F12 MEDIDOR DE DEFLEXIONES	66
F13 VARIACIONES ENTRE LAS TENSIONES DE UNA SECCION TRANSVERSAL EN TRES INSTANTES DEL ENSAYO	69
F14 DISTRIBUCION DE TENSIONES SEGUN BACH Y BAUMANN	71
C2 CLASIFICACION PESO ESPECIFICO	74

F15	EQUILIBRIO IDEAL DE CONTENIDO DE HUMEDAD EN MADERA	79
C3	PESO ESPECIFICO Y HUMEDAD	81
F16	CURVAS Y RESULTADOS FLEXION	89-116
F17	CURVAS Y RESULTADOS COMPRESION	120-147
C4	ESFUERZOS ADMISIBLES EN MADERAS ECUATO- RIANAS - FLEXION	175
C5	ESFUERZOS ADMISIBLES EN MADERAS ECUATO- RIANAS - COMPRESION	177
C6	RESISTENCIA A LA PUDRICION: DURABILIDAD	179
C7	DURABILIDAD DE ESTRUCTURALES DE BARCOS, ESTIMADA EN AÑOS	182
F18	PERDIDA DE LA RESISTENCIA DE UNA MADERA DURA CON SU EDAD	183
C8	TABLA N-1 - ESCANTILLONES	188
F19	MODULO SECCIONAL DE CUADERNAS	190
F20	DIMENSIONES DE CUADERNAS	191
F21	PROFUNDIDAD DE LA CUADERNA EN LA CURVA	192
F22	MANGA MAXIMA	193
F23	DIMENSIONES DE BAOS	194
F24	ESPESOR DEL FORRO EXTERIOR Y AREA DE LA SECCION DE LOS BAOS DE CUBIERTA	198

F25 ESPACIAMIENTO ENTRE CUADERNAS Y AREA DE LA
SECCION DE CUADERNAS

199

INTRODUCCION

1)- FINALIDAD.-

La finalidad de la presente Tesis de Grado, es su aplicación a la resolución de problemas relacionados con la construcción naval, debido a la confusión que origina la carencia de normas técnicas.

El país requiere perfeccionar su tecnología para alcanzar un nivel que concuerde con los requerimientos de la sociedad actual y le haga posible competir ventajosamente con otros países.

El uso de la tecnología más la experiencia requiere de manera indispensable de normas técnicas, cuya ayuda es fundamental para el buen aprovechamiento de los elementos básicos de la productividad.

El Ecuador presenta un mercado potencial para la comercialización de maderas decorativas y estructurales, un buen sistema de clasificación evitaría desperdicios inútiles y permitiría aprovechar al máximo éste tipo de materia prima. Para lograr el objetivo propuesto, la presente Tesis tratará de que:

- El estudio y los resultados sean claros, sencillos y accesibles a todos los interesados: armadores, carpinteros navales, estudiantes, constructores navales, Ingenieros y cualquier persona que tenga interés en el campo de la Arquitectura Naval.

- Que los datos obtenidos sirvan para técnicar la construcción naval y el cabal aprovechamiento de los grandes recursos madereros del país.

- Determinar las áreas de producción de la mayor parte de las especies aptas para la construcción naval y los lugares de depósito y distribución en la ciudad de Guayaquil.

- Abaratar la construcción naval mediante una adecuada utilización de la madera siguiendo las normas, sugerencias y recomendaciones técnicas, como producto de las pruebas experimentales realizadas.

- Incrementar el uso de la madera como material barato y durable en la construcción de embarcaciones pequeñas.

- Todas las metas propuestas son factibles de lograrlas - por cuanto:

- El país posee gran variedad y abundancia de maderas utilizables en construcción naval.
- La madera puede obtenerse en medida apropiadas para barcos de hasta 700 ton. de registro.
- Las especies utilizadas son fuertes, durables y resistentes al ataque de toda clase de insectos y microbios.
- Las especies usadas en construcción naval generalmente no se rajan ni agrietan. Se pueden usar grandes miembros estructurales sin necesidad de un procesamiento. Las tablas para cubiertas y forros pueden usarse sin peligro, después de pocos meses de ser secadas por aire en el medio ambiente.
- La explotación de la madera se está modernizando mediante el uso de tractores y máquinas herramientas que facilitan la extracción de troncos sin limitación de medidas.

2).- RESUMEN DEL TRABAJOSelección de especies.-

Para realizar la presente tesis fué necesario seleccionar del sin número de especies que posee el país, las que son más conocidas y que tengan aplicación en construcción naval. Para poder llegar a ésta clasificación fué necesario consultar escritos y estudios referentes a nuestra madera que han sido realizados por investigadores extranjeros, los cuales han identificado cada especie con procedimientos de laboratorio muy costosos. Por otro lado he aprovechado la gran experiencia y familiaridad de nuestra gente, que ha tenido contactos directos en la explotación y utilización de la madera, que los convierte en verdaderas autoridades sobre la materia pudiéndoselos considerar casi infalibles en cuanto a identificación de especies, sus usos y propiedades.

Quadro Nº 1
MADERAS NACIONALES

Nº	NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTIFICO	SIMBOLO CONVENCIONAL
1	Amarillo Tainde (Alcanfor)	Cryptocarya SP.	AMA
2	Amarillo lagarto (Amarillo)		AMAL

3	Balsa		BAS
4	Bálsamo	Myroxylon Balsamun	BAL
5	Bantano		BAN
6	Calade		CAL
7	Caoba	Playmiscium Pinnatum	CAO
8	Cedro	Cedrela Fissilis	CED
9	Dormilón		DOR
10	Chalviande	Virola SP	CHL
11	Chanul	Humiria SP	CHA
12	Colorado	Pouteria SP.	COL
13	Cuangare	Dialyanthera Gordon- niaefolia	CUA
14	Cuisba (Cuiba)		CUI
15	Fernan Sánchez (Muchin)	Tripalaris SP.	FES
16	Figueroa	Carapa Guianensis	FIG
17	Guachapalí		GCH
18	Guayacán	Tabebuia Chrysantha	GA
19	Jelé		JEL
20	Jigua		JIG
21	Laurel (L.negro, prierto, macho)	Cordia Alliodora	LAU
22	Madera negra		MNE
23	Machare		MAC
24	Mangle	Rizophora Mangle	MA

25	Manglillo (M. colorado)	Sickingia SP	MAN
26	Marañón	Anacardium Excelsum	MRA
27	Moral (M. fino)	Chlorophora Tinc_toria	MOF
28	Moral (M. bobo, sota, co_mida de mono)	Clarisia Racemosa	MOB
29	María		MAR
30	Pechiche (Guayacán Pechiche)	Vitex Gigantea	PEC
31	Palo de Vaca		PAV
32	Palealta		PAL
33	Roble	Terminalia Amazonia	ROB
34	Sándalo		SAN
35	Tangare		TAN
36	Tillo		TIL
37	Uva	Pourouma Chococ <u>na</u>	UVA

Propiedades Mecánicas de la madera.-

Estas pruebas se realizaron utilizando la MAQUINA DE EN SAYO DE MADERA UNIVERSAL, TIPO 4 DBZF 120, propiedad del laboratorio "Ing. Arnaldo Ruffilli" de la Universidad de Guayaquil.

Se consideró que los esfuerzos más comunes a los que está sometida una embarcación son: FLEXION y COMPRESION; se realizaron éstas pruebas usando probetas de distintos árboles para obtener como resultados los valores parecidos que se repiten con mayor frecuencia en cada especie.

Además se obtuvieron los Módulos de Rotura y Elasticidad, el Peso específico y contenido de Humedad para cada muestra.

Pruebas de Durabilidad y Resistencia a la Pudrición.-

Se utilizaron los preservativos que existen en el mercado y luego de un período más o menos largo de observación del avance de las pruebas, se obtuvieron los resultados

que sirvieron para clasificar a las maderas como durables y resistentes a la pudrición en base al porcentaje de pérdida de peso que sufrieron durante el experimento.

Estos resultados aunque no dan idea definitiva de resistencia y durabilidad, sirven sobradamente para tener una apreciación bastante aproximada del comportamiento de las distintas especies.

Para completar éstas pruebas, las probetas seguirán en terradas y con los nuevos valores que se obtengan se podrá estar muy seguro del grado de resistencia y durabilidad de las especies. Estos datos serán dados a conocer posteriormente.

Los gráficos y cuadros de resultados encierran en resú men todos los datos obtenidos de las pruebas experimentales, e intentan dar en forma directa la información técnica que referente a maderas, necesitamos los que formamos parte del campo de la Ingeniería y Arquitectura Naval.

C A P I T U L O IANTECEDENTES DEL USO DE MADERA EN CONSTRUCCION NAVAL1. CONSTRUCCION NAVAL EN ECUADOR1.2 BUQUES DE MADERA

(1.2)

La costa Oeste de Sudamérica tiene pocas Bahías naturales y a lo largo de la misma son escasas las áreas madereras, sin embargo, el Río Guayas, forma una excelente Bahía natural y posee una área bien surtida de varias especies de madera las cuales son de óptima calidad para construcción naval. Debido a esta situación el Ecuador viene a convertirse en un centro de construcción y reparación naval después de la ocupación española en 1535. Es así que en 1602 la industria naval estuvo bien establecida, y durante este año fueron botados en Guayaquil dos galeones grandes para el Gobierno Español.

El puerto continuó siendo un importante centro de construcción naval hasta que las embarcaciones de acero desplazaron a las de maderas, pero continuó sirviendo a las demandas locales con la construcción de pequeñas embarcaciones - de cabotaje y fluviales de 70 a 200 toneladas.

Después de algún tiempo, la construcción se trasladó a los lugares más cercanos a las áreas forestales en donde las labores resultaban más baratas que en Guayaquil, estos lugares son: Posorja y Data en la desembocadura del Río Guayas;

Bahía de Caráquez y Esmeraldas. Sin embargo, existen en Guayaquil algunas parrillas de construcción, aparentemente usadas más para reparaciones.

Con pocas excepciones, las especies de maderas mejor adaptadas para varios usos en construcción naval son todavía usadas actualmente para las mismas partes y propósitos, afortunadamente la abundancia de especies ha cubierto los requerimientos comerciales para la construcción naval.

Mucho del material requerido en construcción naval puede ser cortado de grandes árboles en longitudes apreciables, pero existe dificultad para trasladarlas hasta el astillero o hasta la carretera o ríos más cercanos, lo que incrementa grandemente los costos y limita la cantidad requerida que puede ser producida.

En la actualidad se siguen construyendo pesqueros y pequeños yates de madera tal es así que de los 650 buques que conforman la Flota Pesquera Nacional, ^{hasta 1973} el 99% aproximadamente son de madera, el resto son barcos de acero ^{PC13} construídos en el exterior y algunos construídos en el Arsenal Naval, ^{PC13} en donde, ~~se ha empezado a construir pequeños yates de ferroc~~



~~mento con buenos resultados.~~

Resumiendo: los centros actuales de construcción naval en el país se hallan localizadas en los siguientes lugares:

PROVINCIA DE ESMERALDAS.-

Esmeraldas.-

Posee una parrilla de corredera con capacidad para 60 a 70 toneladas, el resto de embarcaciones se construyen en las playas; es el primer centro en construcción de pesqueros de madera en todo el Litoral.

Esta zona tiene la ventaja de poseer grandes extensiones boscosas de madera apta para uso marino, entre los que se encuentran el Guachapilí, Amarillo, Bálsamo, Roble, Laurel, Mangle, Cuiba, Moral y otras.

PROVINCIA DEL GUAYAS.-

Guayaquil.-

Existen más de 50 parrillas de correderas destacándose las instalaciones del Arsenal Naval, que cuenta con un varadero completo de gran capacidad.

Data de Playas.-

Situado a orillas de un estero, no posee instalaciones de parrillas ni talleres y las embarcaciones son lanzadas sin superestructura ni maquinaria las cuales son instaladas cuando la nave está a flote.

Data de Posorja.-

No posee instalaciones, pero su ubicación geográfica es ventajosa.

Posorja.-

Existen dos o tres parrillas de corredera, unas de las cuales es de cemento y posee todas las instalaciones requeridas. Aquí se construyen camaroneros de hasta 80' de eslora.

Santa Rosa y Salinas.-

Se construyen en la playa por que no existen ninguna clase de instalaciones, y las embarcaciones son para pesca en general de hasta 50' de eslora.

PROVINCIA DE MANABI.-Manta.-

Es el principal centro de construcción naval, especialmente de atuneros, posee dos varaderos de 500 y 200 ton. de capacidad en donde se construyen barcos de hasta 90 pies de eslora.

Otros lugares de construcción en esta Provincia son: Bahía de Caráquez, Puerto López, Machalilla y Puerto Cayo.

PROVINCIA DE EL ORO.-Puerto Bolívar.-

No posee instalaciones de ninguna clase, los barcos especialmente pesqueros se los construyen en las playas.

A más de los lugares nombrados son innumerables los sitios de construcción a lo largo de nuestra costa en donde se construyen embarcaciones de hasta 90' de eslora.

2.- CARACTERISTICAS DE LAS PRINCIPALES ESPECIES USADAS EN CONSTRUCCION NAVAL EN EL PAIS.-

AMARILLO LAGARTO.-

Esta especie es conocida como AMARILLO en Guayaquil. El peso estimado del amarillo lagarto es alrededor de 40 a 45 Libras/pie³. Esta madera es abundante en el área de la Provincia de Esmeraldas y se la puede obtener en troncos de 4.5 a 5.0 pies de diámetro y más de 60 pies de largo. Está considerada como la mejor especie utilizable para FORRO del caso por su durabilidad y dimensiones en que puede obtenerse, también se la usa para QUILLAS, SOBREQUILLAS y CUBIERTA.

Es altamente resistente a los gusanos marinos, muy durable y no corroee a los metales, se seca fácilmente al ambiente aunque con una ligera tendencia a torcerse y rajarse, es trabajable con herramientas y mantiene su forma en servicio.

AMARILLO TAINIE.-

Llamada ALCANFOR en Esmeraldas. El peso estimado del amarillo tainie es alrededor de 40 libras/pie³. Es moderadamente durable y se la usa a veces para FORRO EXTERIOR, CUBIERTA y CASERTAS. Es abundante y se lo

puede obtener fácilmente en grandes dimensiones.

Seca bien, mantiene su forma en servicio y es trabajable con herramientas. Se lo usa generalmente para ACABADOS INTERIORES y PISOS - en construcción naval. No es resistente al ataque de insectos y por lo mismo es poco durable.

BALSAMO .-

Llamado SANDALO en Esmeraldas. El peso estimado del bálsamo es alrededor de 68 a 70 libras/pie³, pero algunas piezas son mucho más pesadas. Es muy durable y razonablemente resistente al ataque de los gusanos marinos, no corroe a los metales.

Se lo puede obtener en trozos de 12 x 12 pulgadas de sección y en longitudes mayores de 60 pies, y en secciones de 20 x 20 pulgadas y longitudes mayores de 30 pies.

Se lo usa para RODAS, CODANTES, CUADERNAS, QUILLAS, SOBREQUILLAS, GRUMENIOS, BAOS, PARTES ESTRUCTURALES. Es abundante en el área de Esmeraldas y también en la Provincia de El Oro. Posee un buen acabado y es bien trabajable con herramientas; secado adecuadamente se lo utiliza para muebles.

CAOBA.-

El peso estimado de la caoba es de 45 a 50 libras/pie³. No es abundante en el mercado y por lo mismo no es comúnmente usado en construcción naval, sin embargo, se lo usa para QUILLAS, CUADERNAS, FORROS y CUBIERTAS. Está clasificada como muy durable, es trabajable tiene a cabado y mantiene la forma en servicio, es fácil de secar y tiene gran resistencia mecánica.

CUISBA.-

Conocida también como CUIBA. El peso estimado de la cuiba es alrededor de 75 a 80 libras/ pie³. Es muy durable y altamente resistente a los gusanos marinos; abunda en la zona de Limones, Esmeraldas. No era muy usado en construcción naval pero actualmente su uso se está generalizando para QUILLAS, SOBREQUILLAS. Se la puede obtener en dimensiones mayores de 80 pies de largo y 16 pulgadas de sección y también en secciones mayores pero en menor longitud. Se la considera de mejor calidad que el quayacán.

GUACHAPELI.-

El peso estimado del quachapelí es alrededor de 40 libras/ pie³. Generalmente se lo encuentra en árboles de gran diámetro con pequeñas cur-

vas por lo que es posible obtenerlo en tablas de hasta 24 pies de largo. Abunda a lo largo del Río Guayas y de sus tributarios pero es algo escaso en el área de Esmeraldas. Es altamente durable, resistente a los gusanos marinos y corroe ligeramente los metales. Es uno de las especies preferidas para CUADERNAS, LIGAZONES, PIEZAS, ANGULARES, para partes donde se necesitan curvas naturales, CODASTES, CONTRACODASTES, RUDONES, FORRO DEL CASCO debajo de la línea de flotación y para CUBIERTAS.

Seca bien con un mínimo de torceduras y rajaduras, es bien trabajable con herramientas y mantiene su forma en servicio. Puede obtenerse en secciones mayores de 14" x 14" toda madera formada, pero no en longitudes como para quillas.

GUAYACAN.-

El peso estimado del guayacán es de alrededor de 70 a 75 libras/pie³. Abunda en las tierras altas a lo largo de la costa y de los ríos. No se lo puede obtener en piezas muy grandes de formas rectas, posee pequeñas curvas naturales; es muy durable y resistente a los gusanos marinos y no corroe a los metales. Al igual que el guachapalí, se lo prefiere para CUADERNAS, LIGAZONES, CODASTES, CONTRACODASTES, PIEZAS CURVADAS. Trabaja bien con pequeñas rajaduras durante el secado. Se pueden obtener curvas naturales en una sección mayor de 12 x 12 pulgadas, toda madera dura formada, a pesar de que posee un anillo ancho de madera en formación. Los car-

pinteros navales no siempre remueven toda la madera en formación (Sapwood) al darle forma cuando se la usa en cuadernas y como consecuencia sufre ciertos deterioros.

GUAYACAN PECHICHE.-

Usualmente se lo conoce como PECHICHE. El peso estimado de esta especie es alrededor de 68 a 72 libras/pié. Es usada muchas veces para entablados pero en construcción naval se lo usa poco debido a que es algo quebradiza. Es muy durable, resistente al ataque de los gusanos marinos, se mantiene alternativamente seca o húmeda con un mínimo de manchas, marcas y rajaduras. Es abundante en la Provincia de Esmeraldas. Se lo usa para QUILLAS y se considera que corre ligeramente al acero. Se lo encuentra en áreas húmedas y secas pero se sabe que las condiciones ambientales del área de crecimiento afectan las propiedades de la madera, encontrándose que los que crecen en áreas secas son consideradas de superior calidad.

JELE.-

Es moderadamente pesado y duro, no es fácilmente traba-

jable pero da un buen acabado después de cepillarlo.

Posee curvas naturales y se lo usa para CUADERNAS y PIEZAS ANGULARES en embarcaciones pesqueras de hasta 100 toneladas. Se lo considera muy durable y se lo encuentra en los manglares a lo largo de la costa.

LAUREL.-

Llamado también Laurel de MONTAÑA o Laurel NEGRO. Su peso estimado es alrededor de 45 a 50 libras/pie³. Se lo encuentra a lo largo de las zonas costeras secas de la Provincia de Manabí y del sur de la Provincia de Esmeraldas en árboles de gran tamaño. Es utilizado satisfactoriamente en CUBIERTAS, FORROS EXTERIORES e INTERIORES. Es muy durable y razonablemente resistente al ataque de gusano marinos. Seca bien y conserva su forma en servicio aunque no se iguala a la calidad del AMARILLO. Abunda en la zona de Bahía de Caráquez y una variedad de ésta especie, el Laurel CORRIENTE, posee propiedades análogas que el Laurel de MONTAÑA. Existe la creencia de que el Laurel encoge sus fibras en mayor grado que el Roble y Amarillo pero esto no es verdad.

MADERA NEGRA.-

El peso estimado de la Madera Negra es alrededor de 70 a

75 libras/pie'. Esta madera no es abundante pero es muy durable, pesada y dura. Se caracteriza por poseer aceites y grasas en buena cantidad por lo que se la utiliza en DESCAN-SOS de botes a motor y en LINEAS DEL EJE. No se encoge ni -
raja apreciablemente durante el secado.

MARIA.-

El peso estimado de la María es alrededor de 30 libras/
pie'. Se lo usa para MASTILES debido a que es fuerte, liviana y se la puede obtener en piezas grandes.

Esta madera se caracteriza por tener sus fibras en forma de espiral es dura para trabajarla con herramientas y se-
raja un poco cuando se la corta.

Puede obtenerse en longitudes arriba de los 60 pies y 12 pulgadas de diámetro, desafortunadamente no es abundante -
en el mercado.

MANGLE.-

Llamado también Mangle COLORADO. Su peso estimado es de 75 a 80

libras/pie³, existe en los esteros a lo largo de la costa y de los deltas de los ríos, es abundante y relativamente barata, y se lo puede obtener en dimensiones grandes, por lo que se la considera como una importante especie comercial. Se lo usa para QUILLAS, algunas veces para SOBREVILLAS, FORROS, BAOS de CUBIERTA, DURMIENTES, IMBORNALES y también como ESTRUCTURALES en los lugares donde se requieren piezas grandes en sección y longitud.

Se la considera moderadamente durable y presta muy buen servicio cuando se la protege contra el ataque de los gusanos marinos e insectos.

Al secarlo tiende a rajarse pero no seriamente como para afectar su uso en QUILLAS o donde se necesitan maderas pesadas. Si se lo corta y se lo sumerge en agua durante unos seis meses antes de usarlo, adquiere una durabilidad mayor. El Mangle que ha crecido en pantanos y esteros salados es de superior calidad que el hallado en arroyos de agua dulce. Con respecto a los metales que la sujetan es más o menos corrosiva. Se la usa comúnmente para MASTILES, aunque es pesada, debido a su longitud utilizable.

MORAL.-

También se lo llama Moral FINO y Moral BOBO. El peso estimado del Moral es de 70 a 75 libras/pie³. Es una especie muy durable y altamen-

te resistente a los gusanos marinos, abunda en la Provincia de Esmeraldas y se la puede utilizar en pedazos de más de 60 pies de largo y en secciones de 16 a 20 pulgadas. Se lo utiliza para QUILLAS y FORROS y se lo considera superior al Mangle en algunos casos.

El Moral no corroe a los metales que lo sujetan, seca bien con un mínimo de rajadura y es trabajable con herramientas.

MORAL COMIDO DE MONO.-

Esta especie es similar al anterior, sólo varía en su peso que es alrededor de 65 a 70 libras/pie³.

PALEALTA.-

El peso estimado de la palealta es alrededor de 28 a 33 libras/pie³. Es moderadamente durable y se la puede usar para FORRO y CUBIERTA de pequeñas embarcaciones costeras donde su resistencia no es muy importante.

Es abundante en San Lorenzo, Provincia de Esmeraldas y se lo puede obtener en grandes dimensiones. Su uso en construcción naval no está generalizado.

ROBLE.-

El peso estimado del Roble es de 40 a 50 libras/pie³ ; abunda en diferentes lugares y se lo puede obtener en longitudes mayores de ¹⁵ 50 pies y sobre los 5 pies de diámetro. El anillo de madera en formación (sapwood) es angosto. Los árboles originarios de Esmeraldas se usan en construcción naval para FORROS EXTERIORES, porque se curvan en frío. Es durable y resistente a los gusanos marinos, seca ocasionando un mínimo de marcas y rajaduras. Es bien trabajable con herramientas y conserva su forma en uso. Se lo usa para CUBIERTAS y su uso se ha generalizado en embarcaciones costeras y botes fluviales. Se encoge muy poco y se lo utiliza también para CASETAS, FORROS INTERIORES y en mayor escala para construcción de PUERTAS, PISOS, y PANELES.

C A P I T U L O I I

PRUEBAS MECANICAS DE LA MADERA

1.- INTRODUCCION Y METODOLOGIA

a).- METODOS ESTANDAR PARA PROBAR PEQUEÑAS MUESTRAS DE MADE- RAS.-

(A.S.T.M. D 143-52)

Debido a la facilidad de poder realizar las pruebas mecánicas de resistencia en la máquina AMSLER Tipo 4 DBSF 120 es necesario que las dimensiones de las probetas sigan las especificaciones de las normas francesas NFB 51-007-013.

Para éste tipo de pruebas la AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM), identificada sus normas técnicas bajo la designación A.S.T.M. D 143-52.

Los resultados que se obtengan con las especificaciones francesas no difieren mayormente con los obtenidos usando las especificaciones de la A.S.T.M., D.I.N. (Alemania), o I. R.A.M. (Argentina).

Introducción.-

Estos metodos representan todo el procedimiento desde la selección de los árboles hasta llevar a cabo las pruebas, controlando así factores como el tamaño y proporción de las muestras y el porcentaje de carga que pueda influenciar en los resultados. No se ha intentado cubrir métodos de computación y de análisis por cuanto estos asuntos pueden considerarse independientemente en cualquier momento. Sin embargo, se ha incluido información y datos de computación que se consideraron útiles para el investigador en la confección de records sistematizados.

Propósitos de las pruebas.-

Se efectuan pruebas con pequeñas muestras de madera para proporcionar:

- 1.- Información para comparar las propiedades mecánicas de diferentes variedades.
- 2.- Información para establecer las funciones correctas de resistencia, las cuales junto con resultados de pruebas de maderas en tamaño estructurales, proporcionan la base para fijar la fatiga permisible, y

- 3.- Información para determinar la influencia de las propiedades mecánicas de factores tales como densidad, lugar de crecimiento, etc., y medio ambiente en general.

Tipo de pruebas.-

- a.- Las principales pruebas mecánicas son de flexión estática, de compresión paralela con la veta, flexión por impacto, dureza, compresión perpendicular a la veta, fisura y tensión paralela a la veta. La tensión perpendicular a la veta y sacada de clavo son pruebas opcionales. Estas pruebas se hacen sobre material verde y material secado al aire según lo especifican estos métodos. Además, se presentan métodos para evaluar propiedades físicas como gravedad específica, disminución de volumen, disminución radial y disminución tangencial.
- b.- Los procedimientos para seleccionar y preparar el material de prueba y para las diferentes pruebas se dan en el orden y en las secciones siguientes:

El material.-

El material deberá provenir de árboles seleccionados en los bosques por personas expertas en la identificación de las especies y en la selección de los árboles. Donde sea necesario se debe recoger muestras de herbario incluyendo hojas, frutos, ramas y corteza para asegurarse de la identificación correcta.

Para cada especie que se va a probar, se deben seleccionar por lo menos cinco árboles representativos de la especie.

Selección de troncos.-

- a.- El material de cada especie seleccionada para la prueba será representativo de la longitud utilizable del tronco.
- b.- Para los árboles requeridos, tome la sección inmediatamente superior al extremo del tronco.

Para especies importantes ampliamente distribuidas geo-

gráficamente, se seleccionará material de prueba en uno ó más lugares ó localidades.

Almacenamiento.-

El material no debe permanecer en forma de troncos mucho tiempo afin de no permitir daños debido a grietas, descomposición, ó ataque de insectos. Los troncos no deben estar en contacto con el suelo y no deben almacenarse donde están sujetos a calor artificial. Además es preferible que sean protegidos del sol y en caso necesario rociados con agua para evitar que se sequen. Como alternativa en lugar de colocar los troncos sobre vigas de asiento pueden almacenarse en agua antes de efectuar la prueba.

Disposición de los palos.-

Material Verde.-

Los palos que se van a probar verdes se mantendrán sin secar mientras esperan ser preparados para la prueba y se al-

macenarán en una fosa enmarcada u otro envase apropiado donde serán amontonados y cubiertos con aserrín húmedo, o de otra manera apropiada.

Los palos que deben probarse verdes usualmente no deben aserrarse del tronco en cantidad mayor a la que se requiere para las pruebas de unos días y no para más de dos semanas - según las condiciones que prevalezcan.

Material secado al aire.-

- a.- Las extremidades de los palos que se secarán al aire, - se hundirán en parafina deretida o alguna otra sustancia apropiada para retardar el fisuramiento. Se amontonará el material de tal manera que haya un espacio de por lo menos 1/2 pulgada de cada lado de cada palo para permitir la circulación del aire. El material estará almacenado en un lugar que permita el libre acceso del aire - pero protegido del sol, de la lluvia, de la nieve y de la humedad del suelo.

- b.- Todos los palos de un tronco que se van a secar al aire deben pesarse al ser almacenados y luego a intervalos -

lo suficientemente frecuentes como para obtener información exacta sobre el progreso del proceso de cura. No se considerará que ningún material estará completamente curado y listo para ser probado hasta que se obtenga un peso prácticamente constante (la madera absorbe y elimina humedad con las condiciones atmosféricas; por consiguiente nunca llega a un peso absolutamente constante).

- c.- Cuando el material ha llegado a un punto de equilibrio se tomarán secciones de aproximadamente 1 pulgada (2,5 cm.) de aproximadamente un 10% de los palos para determinar el contenido de humedad.

Estas muestras no tendrán menos de 1 pie (30 cm.) desde la punta del palo y serán cortadas de tal manera que no se pierda material. Cuando se ha llegado aproximadamente 12% de contenido de humedad, las muestras estarán listas para las pruebas.

- d.- Cuando existen las facilidades adecuadas, los palos pueden ser secados al horno para así reducir el tiempo de cura. La preparación de los palos y los procedimientos que se deberán seguir serán similares a los que se usan

cuando se secan al aire y se continuará el proceso de cura hasta que los palos tengan un contenido de humedad de 12%. El horno se opera según las mejores prácticas, y temperaturas indicadas para cada variedad sin ocasionar daños a la fuerza y se evitarán defectos debidos al proceso en el horno como por ejemplo endurecimiento, venteadura ó fisuras. Se deberá llevar un record de operación del horno durante todo el proceso el cual incluirá las condiciones de humedad y temperaturas en la parte más caliente del horno. En general, la temperatura máxima no deberá sobrepasar 54°C (130 F), pero los límites exactos permisibles dependen de la especie.

- e.- Los palos curados, sea en el horno sea al aire, deben de preferencia ser almacenados en un cuarto con temperatura y humedad controlada ($20 \pm 3C$), ($68 \pm 6F$) y (65 ± 1) por ciento de humedad relativa antes de la prueba para reducir el gradiente de humedad dentro del material y llevar el material a un equilibrio lo cual para la mayoría de las piezas sería de aproximadamente 12%.

Orden de las pruebas.-

El orden de las pruebas en todos los casos se llevará de tal manera que elimine en lo posible los efectos de cambios en las especies debido a factores como almacenamiento y condiciones climáticas.

En el caso de que el material de cierto tronco sea insuficiente para proporcionar todas las muestras requeridas para las pruebas se pueden seleccionar troncos adicionales. Si no hay material adicional disponible el orden preferencial de las pruebas mecánicas para la selección de muestras será el siguiente: FLEXIÓN ESTÁTICA. COMPRESIÓN PARALELA A LA VETA, FLEXIÓN DE IMPACTO, dureza, COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA VETA, esfuerzo cortante paralelo a la veta, fisuras, tensión paralelo al grano, tensión perpendicular al grano y sacada de clavos.

En algunos casos donde no se tiene suficiente material para todas las pruebas, se pueden tomar ciertas muestras que no han sufrido daños en las pruebas de flexión siempre y cuando se ejerza bastante cuidado en la selección.

Se debe usar solamente material limpio de veta recta, libre de descomposición y otros defectos.

Sin embargo se puede permitir pequeños nudos (corazones) y otros defectos similares en las muestras para flexión estática siempre y cuando estén localizados de manera que no afectarán la rotura ó la fuerza de la muestra.

Flexión Estática.-

De cada par de palos se tomará una muestra para la prueba de flexión estática. En los troncos probados para perm

tir una comparación de la fuerza de un material verde ó de u no secado al aire, el par de palos serán constituidos como a rriba excepto que en este caso los palos provendrán de troncos diferentes.

Compresión paralela a la Veta.-

Una muestra para compresión paralela a la veta se tomará de cada palo. De preferencia se tomarán curvas de compresión de carga de todas las muestras.

Flexión por impacto.-

De cada tronco se tomarán 8 muestras para flexión por im pacto, esta selección se hará de los palos que quedan después de obtener las pruebas de flexión por impacto. Dos de las muestras se tomarán cerca del centro, dos cerca de la periférii ca y cuatro representativos del corte transversal.

Dureza.-

Se tomarán dos muestras para pruebas de dureza de la por-

ción que no ha sufrido daños o la extremidad de cada muestra usada en la prueba de flexión por impacto ó la muestra compañera de flexión estática, llegando a un total para cada tronco de 32 muestras para pruebas de dureza. Una de cada grupo de dos muestras del mismo palo será probada con la carga aplicada en forma tangencial.

Compresión perpendicular a la veta.-

Se tomarán una muestra para compresión perpendicular a la veta de cada 50% de los palos seleccionados para la flexión estática.

Descripción de rotura debido a flexión estática.-

Las roturas por flexión estática se clasificarán de acuerdo a la apariencia de la superficie fracturada y la forma en la cual se desarrolla la fractura. Las superficies fracturadas pueden dividirse en fracturas "abruptas" y fracturas "fibrosas". Ver Fig. 1

Posición de la rotura debido a compresión.-

Para obtener resultados satisfactorios y uniformes es necesario hacer desarrollar las roturas en el cuerpo de la muestra. Con muestras de corte transversal uniforme la mejor forma de obtener este resultado es cuando las extremidades tienen un contenido de humedad un poquito más bajo que la parte



SIMPLE TENSION

(VISTA LATERAL)



TENSION ATRAVES DE LA FIBRA

(VISTA LATERAL)



TENSION ASTILLAMIENTO

(VISTA DE LA SUPERFICIE DE TENSION)



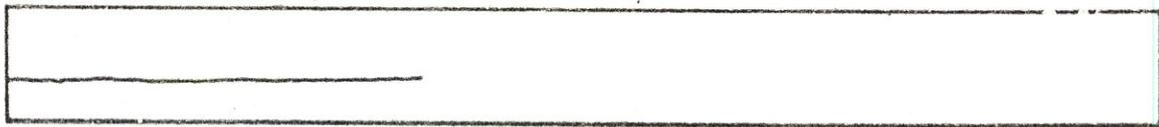
BRACH TENSION

(VISTA DE LA SUPERFICIE DE TENSION)



COMPRESION

(VISTA LATERAL)



CORTE HORIZONTAL

(VISTA LATERAL)

TIPOS DE FALLAS EN FLEXION ESTATICA

FIG. 1

principal. Con material verde será usualmente suficiente a a montonar las muestras, cubrirlas con una tela húmeda o mojada y tener las extremidades expuestas por un corto tiempo. Pa ra material que haya secado al aire puede a veces ser aconsejable amontonar las muestras de modo similar y colocarlas en un secador en caso de que las pruebas de rotura indiquen que se requiere que las extremidades se sequen un poco más.

"Crushing" Este término se usará cuando el plano de - ruptura es aproximadamente horizontal.

"Wedhe split" La dirección de la fisura, es decir si es - radial ó tangencial, se anotará.

"Shearing" Este término se usará cuando la ruptura del plano forma un ángulo de más de 45° con la parte superior de la muestra.

"Splitting" Este tipo de fisura ocurre usualmente en - muestras con defectos internos anteriores a la prueba y entonces ésta muestra se debe de de sechar.

"Compresion an Shearing Parallel to Grain" La fisura se produce usualmente en piezas con vetas cruzadas y estas muestras se deben desechar.

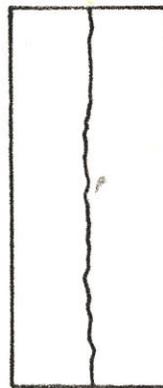
"Brooming or End-Rollong" Este tipo de falla (fisura) se asocia usualmente sea con un exceso en el contenido de humedad en las extremidades de la muestra , un mal corte de la muestra ó ambos. Este tipo de falla no es aceptable y se asocia usualmente con una carga reducida. Cuando se observa este tipo de falla se deben tomar medidas que eviten esto. Ver Fig. 2

Descripción de rotura, Fisura y Fallas por compresión.-

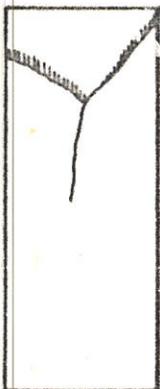
Las fisuras por compresión se clasificarán de acuerdo a la apariencia de la superficie fracturada. Si nos encontramos con dos diferentes tipos de fracturas ó más, se describirán todas en el orden en que ocurrieron. La fractura se dibujará también de acuerdo a la posición que haya tomado.



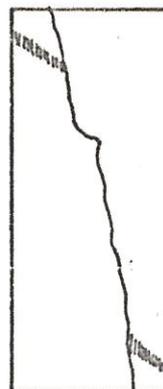
TRITURAMIENTO



RAJADURA



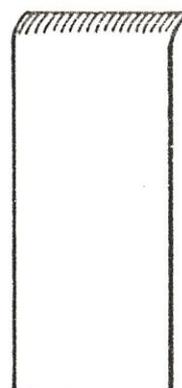
RAJADURA - CUÑA



COMPRESION Y CORTE
PARALELO AL GRANO



C O R T E



BROOMING - ROLADO

TIPOS DE FALLAS EN COMPRESION

FIG. 2

Variación permisibles.-

Pesos.-

El peso de las muestras se determinarán con una exactitud de no menos de 0.2%.

Mediciones.-

Las mediciones se harán con una exactitud de no menos de 0.3%, en ningún caso se harán las mediciones a menos de 0.01" (0.2 mm), excepto las mediciones de las muestras de reducción radial y tangencial que se harán hasta 0.0001" (0.02 mm.)

Velocidad de máquina para las pruebas.-

La velocidad no debe variar más del 25% de la velocidad especificada para cierta prueba. Si no se puede lograr esta velocidad, la velocidad usada se anotará en la hoja de datos.

Calibración.-

Todos los aparatos se calibrarán con la frecuencia suficiente para obtener datos exactos.

D).- DESCRIPCION DE LA MAQUINA UNIVERSAL PARA ENSAYOS DE MADERA TIPO AMSLER 4DBZF 120 DE 4000 KG.-

Esta máquina se usa para las siguientes pruebas sobre pequeños especímen de madera:

- 1.- Flexión estática (prueba de la viga), compresión, tensión perpendicular a las fibras, hendiduras, dureza y prueba a la indentación de Janka.
- 2.- Prueba de flexión dinámica (o prueba del golpe).

El espécimen y los métodos para las pruebas se hacen conforme a las especificaciones francesas NFB 51-007-013

Las mediciones de las cargas ejercidas sobre las muestras en las pruebas arriba mencionadas se efectúan de ordinario en dinámetros de elasticidad. Las cargas se producen debido a un doble efecto del accionamiento a mano de una bomba centrífuga de rodete de hélice.

AMSLER**4000 kg Universal Wood Testing Machine**

Type 4 DBZF '20

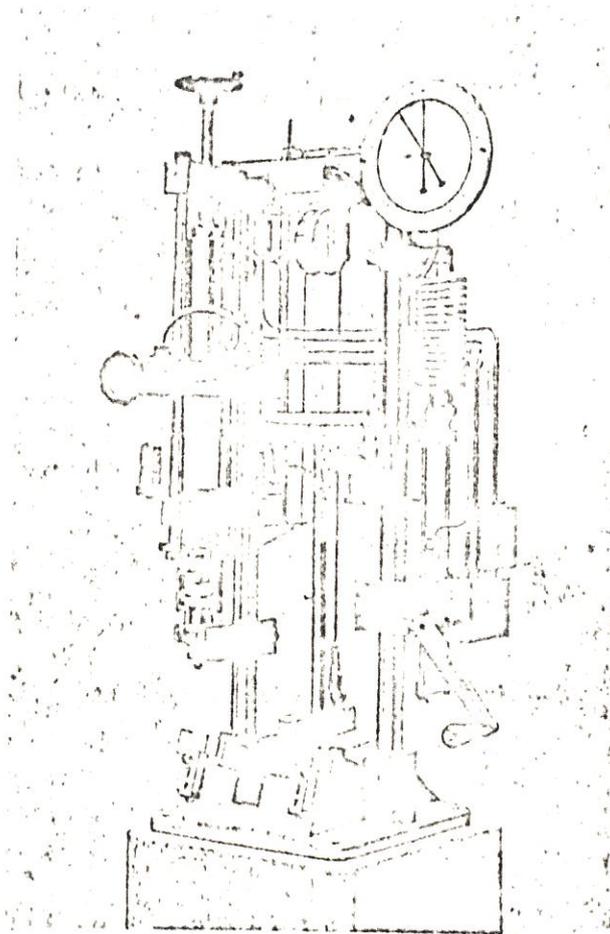


FIG. 3

El armazón de la máquina consiste de un pedestal o base, dos columnas verticales y una cabeza en forma de cruz en la parte superior; la columna de la mano derecha lleva el dinámetro de elasticidad y la bomba; la columna de la mano izquierda lleva los accesorios para los ensayos.

Sobre la cabeza en forma de cruz en la parte superior están arreglados el dial graduado y el esquema del aparejo registrador. Al final de la parte superior de la columna de la mano izquierda está el cilindro de la prensa, los pistones o arietes en la cual se apoya un aparejo de arrastre final, más abajo el cilindro, y una pieza en forma de cruz.

La cara superior de esta pieza en forma de cruz transporta la viga transversal a la cual se aseguran los dos soportes finales para los ensayos de flexión. También sirve como una plataforma para la herramienta de compresión inferior.

Para ensayos de flexión, el apoyo superior central se ajusta en un agujero en la plancha de apoyo del cilindro. Una escala, graduada en milímetros, indica la flecha y está enganchada a una de las varillas del aparejo de arrastre.

Para los ensayos de compresión, la herramienta transversal superior central se reemplaza por una herramienta de compresión, y otra herramienta inferior de compresión se coloca en el centro de la viga flexante.

A la cara inferior del pedazo de cruz del aparejo de arrastre se atan tres agarraderas: la cara central, la cual se usa para ensayos de hendidura, y los dos extremos que se usan para ensayos de tensión. Para prevenir momentos flectores aplicados a la muestra de ensayo, las agarraderas superior se suspenden y pueden graduarse libremente en todas direcciones.

Las tres agarraderas inferiores, similares a las superiores sobre un brazo fijo, cuentan con dos pistones o arietes coaxiales. Estos pistones son plegados cuidadosamente por lo que no se requiere de un envase especial para asegurar la impermeabilidad del aceite.

Si ambos arietes o pistones intervienen en la operación, la máxima carga que la máquina puede ejercer es 4.000 Kgs., pero si el principal ariete es entrelazado o cerrado con llave al cilindro por el pestillo o aldaba de boyaneta, y el único ariete co-axial está en operación, la máxima carga que se puede aplicar es de 400 Kgs.

Dinamómetro y esquema de los aparatos.-

La medida de la deformación en la flexión elástica, que es una exacta proporción de la carga ejercida, se transmite a un índice que se mueve alrededor de un dial de 200 m.m. de diámetro.

Cuando la muestra de ensayo se revienta, el indicador - regresa lentamente a cero en el dial. Un indicador flexible transportado alrededor del dial permanece en el lugar y muestra la máxima carga ejercida. El indicador flexible puede ser regresado a cero con la mano antes de cada ensayo. El dial tiene dos graduaciones reglamentarias, una de 0 a 400 Kgs. y la otra de 0 a 4000 Kgs.

La medida de la elasticidad es así exacta y sujeta a cargas relativamente pequeñas. Sobre la cara izquierda del dial indicador de la carga se coloca el Aparejo Registrador. Consiste en un tambor que recibe de un hilo de la viga flexante un movimiento rotacional proporcional al movimiento - del ariete de trabajo. Sobre la otra cara, una varilla acarreado un lápiz registrador se desplaza de izquierda a derecha por los ejes del índice indicador en una distancia

proporcional a la elongación de la flexión elástica. Una revolución completa del índice corresponde al recorrido del lápiz registrador de 10m.m.; 1 m.m. de altura en el diagrama de este modo corresponde a 40 Kgs. ó 4 Kgs de carga aplicada a la muestra de ensayo, dependiendo si los dos arietes o solamente los pequeños arietes están trabajando. El recorrido del ariete y consecuentemente la deformación de la muestra de ensayo, puede ser graficada del tamaño verdadero en el diagrama o de doble tamaño como se desee.

Equipos Standart.-

Todos los instrumentos para ejecutar la compresión, tensión, hendidura, flexión, ensayos de dureza, de indentación Janka descrito anteriormente.

Un punzón de dureza de Brinell con bolas de 10 m.m. , con 3 bolas de reserva, escala de bujía transparente y una tabla de número de dureza. 10 Barras de aluminio de sección 10 x 10 m.m. y aproximadamente de 300 m.m. de largo.

Una escala de perforación para tensión y especímenes de hendidura. Un modelo de especímenes de compresión, tensión y hendidura.

Accesorios especiales.-

- a.- Un volúmetro.
- b.- Una escala de flexión elástica, con capacidad máxima de 12 gramos.
- c.- Un accesorio especial para ensayos transversales, de acuerdo a las especificaciones FAO 1949, con dos soportes inferiores móviles con una separación de 280 m.m. y un instrumento central superior, teniendo una cara circular de 28 m.m. de radio.
- d.- Un accesorio especial para ensayos de compresión, de acuerdo a las especificaciones de la FAO 1949, con dos instrumentos esféricos asentados de compresión de 40 m.m. de diámetro.

En esta forma, todos los aparatos necesarios para la ejecución de los ensayos mecánicos de la madera y para de terminar la gravedad específica, se combinan en una sola máquina compacta.

Dimensiones de la máquina.-

Máxima altura arriba de la base	125cm (53 pulgadas)
Espacio de base ocupado	43x43cm. (17x17 pulgadas)
Peso Neto	300 Kgs. (660 libras)
Peso Bruto	400 Kgs. (880 libras)
Tamaño del envase	1,25 m ³ (44 pies cúbicos)

2.- PROCEDIMIENTOS Y PRUEBAS

El empleo práctico de las maderas hace necesario conocer no sólo sus características físicas, sino también y en forma fundamental su comportamiento mecánico, el que se obtiene sometiendo a diferentes ensayos.

Los valores obtenidos en los ensayos mecánicos de la madera difieren, aun para una misma especie, por su porcentaje de humedad y por la velocidad de aplicación de la carga, por las formas y dimensiones de las probetas, según la parte del tronco de donde fueron extraídas y si se presentan con o sin defectos.

Es por las últimas consideraciones que debe distinguirse entre el ensayo que se realiza con el objeto de establecer la resistencia de una determinada madera o lote y el que pretende dar a conocer las características de una especie; en el primer caso podrían aceptarse pequeñas imperfecciones; mientras que en el segundo, las probetas deberán presentarse perfectamente sanas y con fibras paralelas.

Para conocer las características de una especie deben realizarse la mayor cantidad posible de cada tipo de ensayo y adaptarse como resistencia característica, en cada caso, no el promedio total sino el de los valores más próximos y repetidos.

La madera en su utilización práctica se encuentra sometida corrientemente a esfuerzos de FLEXION por lo que realizar estos ensayos nos permite conocer su comportamiento mecánico desde el punto de vista real, facilitándonos a la vez el estudio comparativo de las distintas especies.

Para realizar el ensayo debemos partir de las mismas consideraciones vistas para la flexión estática de metales en lo que se refiere a la obtención de flexión pura práctica, admitiendo en estos casos las mismas fórmulas para el cálculo aunque será necesario tener en cuenta distintos factores que obligan a introducir algunas correcciones.

El ensayo se realiza de tal forma que la probeta se comporte como una viga simplemente apoyada con carga concentrada

da central, efectuándose el cálculo de la resistencia a la flexión mediante la ecuación de Navier:

$$F = \frac{Mf}{W} = \frac{3 P \cdot \ell}{2 b \cdot h^2} \quad \text{Donde: } W: \text{módulo de Resistencia.}$$

ℓ , debe elegirse de tal manera que la influencia del esfuerzo de corte sea despreciable frente al de flexión.

Baumann ha demostrado que la resistencia a la flexión alcanza prácticamente su valor máximo, cuando se realizan los ensayos con una luz entre apoyos de 20 veces la altura de la probeta, sin embargo, para evitar la construcción de probetas muy grandes es que se aconseja colocar los soportes a una distancia $\ell = 15H$, para lo cual se estima que el valor del esfuerzo de corte no influye en forma notoria en los resultados.

Una vez determinada la luz entre apoyos, se coloca la probeta de manera que la carga actúa en forma tangencial a las capas anulares de crecimiento, se asegura el instrumento de medida para determinar las flechas y se co-

mienza la aplicación uniforme de la carga, la que se transmitirá de modo tal que su valor máximo se alcance en un tiempo no menor de dos minutos ni mayor de cinco.

La carga se transmite mediante un dispositivo cilíndrico o de extremo redondeado, de modo que presente un radio mínimo de 0.1 la longitud del material, pudiendo ser metálico o de madera dura.

La forma de los accesorios de apoyo y de transmisión de la carga hace que no se obtengan las condiciones teóricas de flexión, no sólo por la penetración que experimentan en el material, sino también por las distintas reacciones de los soportes, debido al desplazamiento de la probeta al flexionarse

FLEXION -

La viga se coloca sobre dos apoyos cuya separación

es de 240 m m y se presiona desde arriba en su parte central contra una herramienta. La carga transversal se indica en el dial.

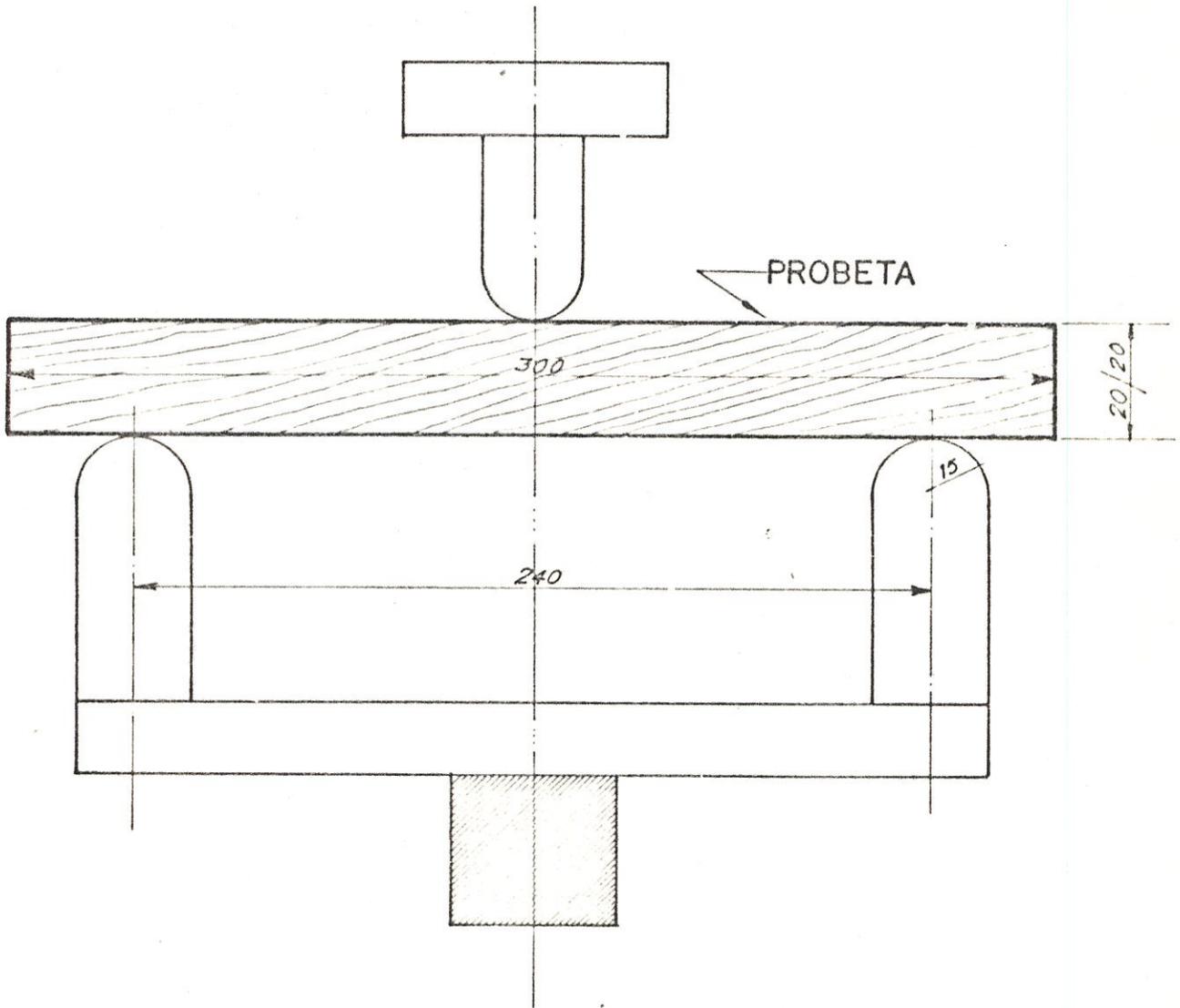
La deflexión (o flecha) se combina con la carga aplicada en un diagrama estirado remolcado automáticamente por la máquina en una lámina de papel enrollado en el tambor. Ver Fig 4

COMPRESION -

El espécimen se coloca entre las herramientas de compresión, la superior que permanece sin movimiento durante la prueba, la inferior se levanta perpendicularmente. La carga máxima es de 4000 Kgs. Fig 5

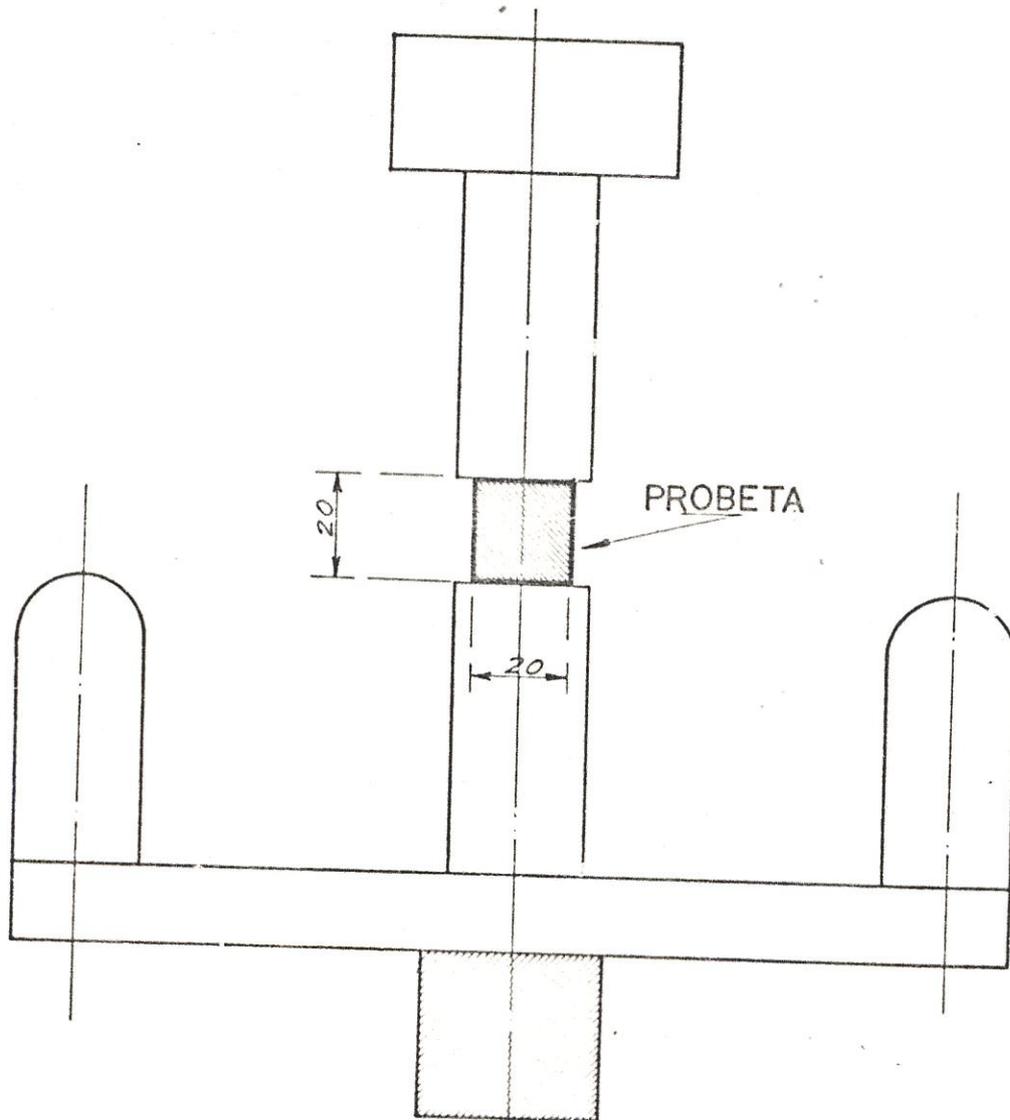
TENSION PERPENDICULAR A LAS FIBRAS -

Un espécimen de acuerdo a la Fig 6 se usa. El área de la sección de resistencia es de 4 cm². La máxima carga a que puede esforzarse es de 400 Kgs.



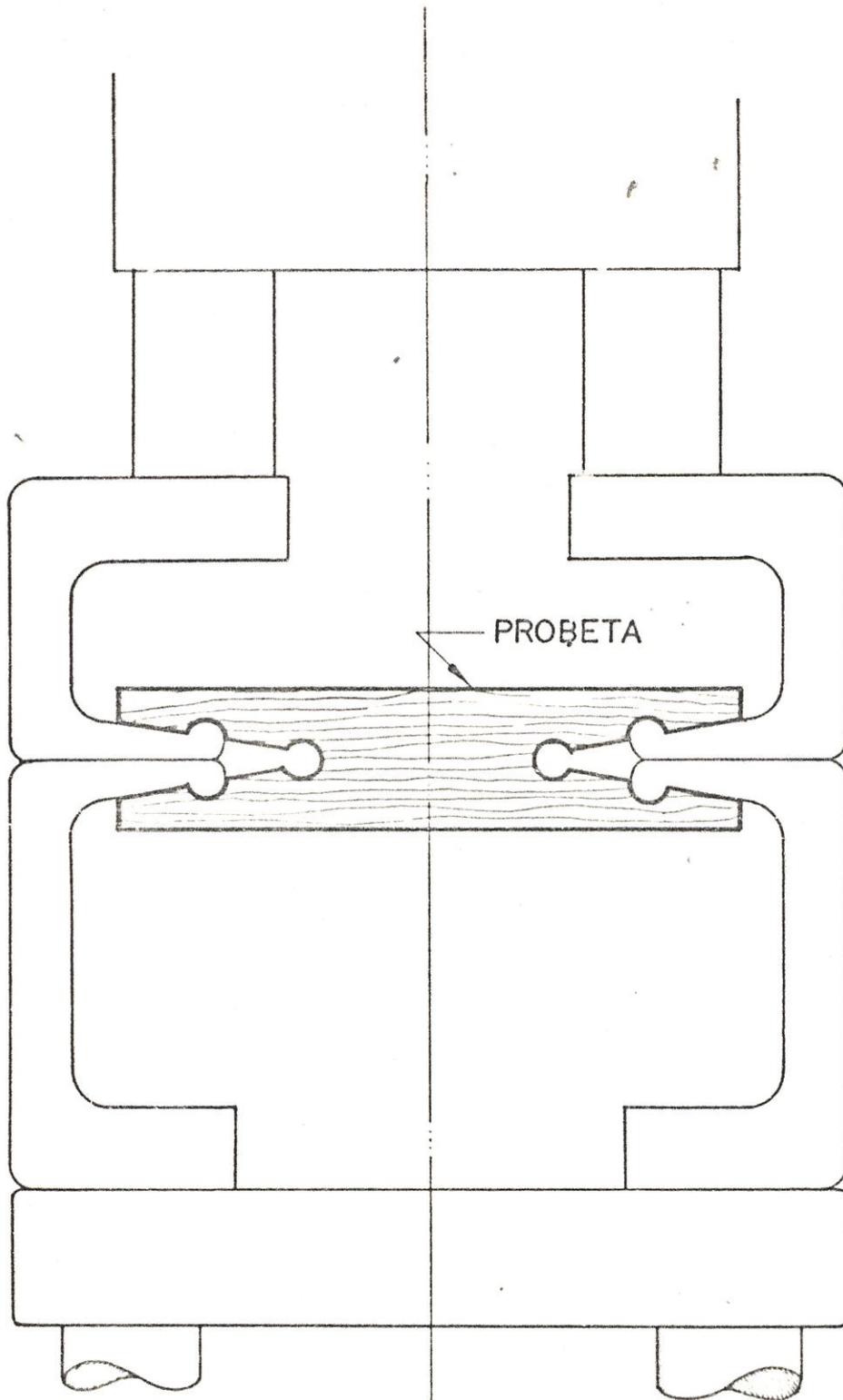
PRUEBA DE FLEXION ESTATICA

FIG. 4



PRUEBA DE COMPRESION

FIG. 5



PRUEBA DE TENSION PERPENDICULAR AL GRANO

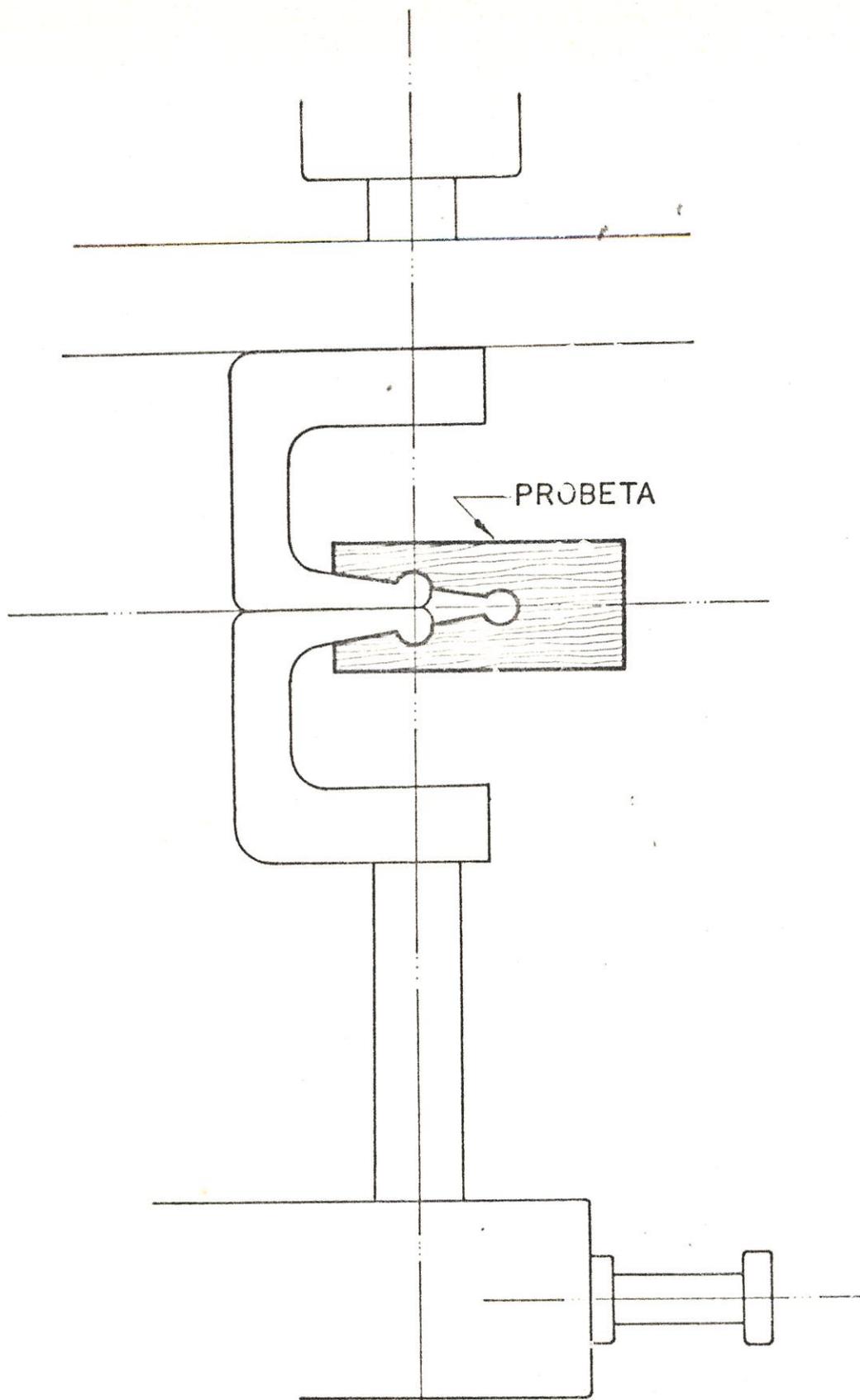
FIG. 6

HENDIDURA -

Se usa en especímen de acuerdo a las Figs 7 y 8 con una carga máxima de 200 kGS Para permitir la preparación de los especímen de tensión y hendidura en forma precisa y fácil un calibrador de brochas es abastecido con la máquina.

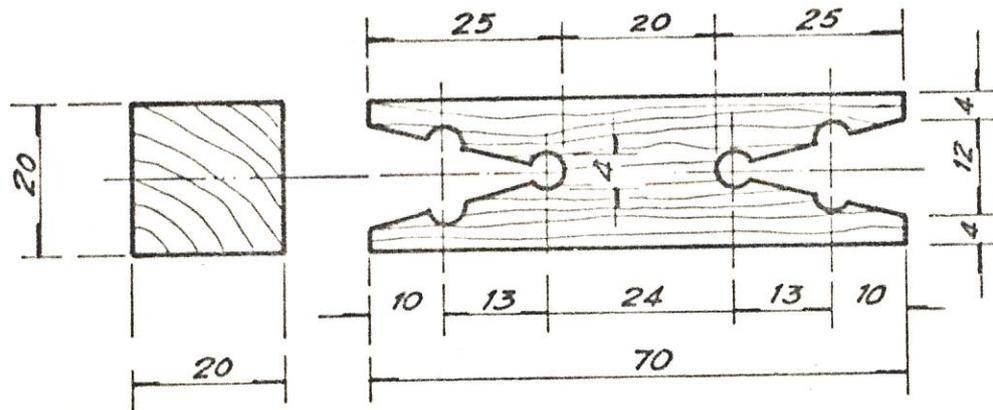
PRUEBA DE LA DUREZA -

Uno de los fragmentos rotos en la prueba transversal se toma (no importa la longitud) y se coloca en la herramienta inferior de compresión Esta pieza o pedazo de madera se presiona contra la herramienta transversal central con una presión de 100 Kgs por centímetro de ancho de la barra. Las fibras de la madera están usualmente colocadas en ángulos rectos al borde de la herramienta, esto produce una huella de sección cilíndrica, que dá la medida de la profundidad de la impresión. La recíproca de ésta profundidad indica la dureza. El ancho de la impresión pue

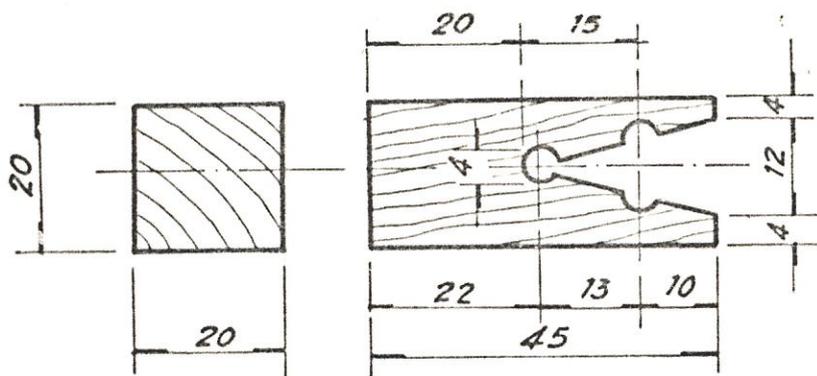


PRUEBA DE HENDIDURA (Partición)

FIG. 7



TENSION



HENDIDURA

DIMENSIONES DE LAS PROBETAS (mm) PARA LAS PRUEBAS DE TENSION Y HENDIDURA

FIG. 8

de ser medido con una regla o con un microscopio de medida. Fig. 9

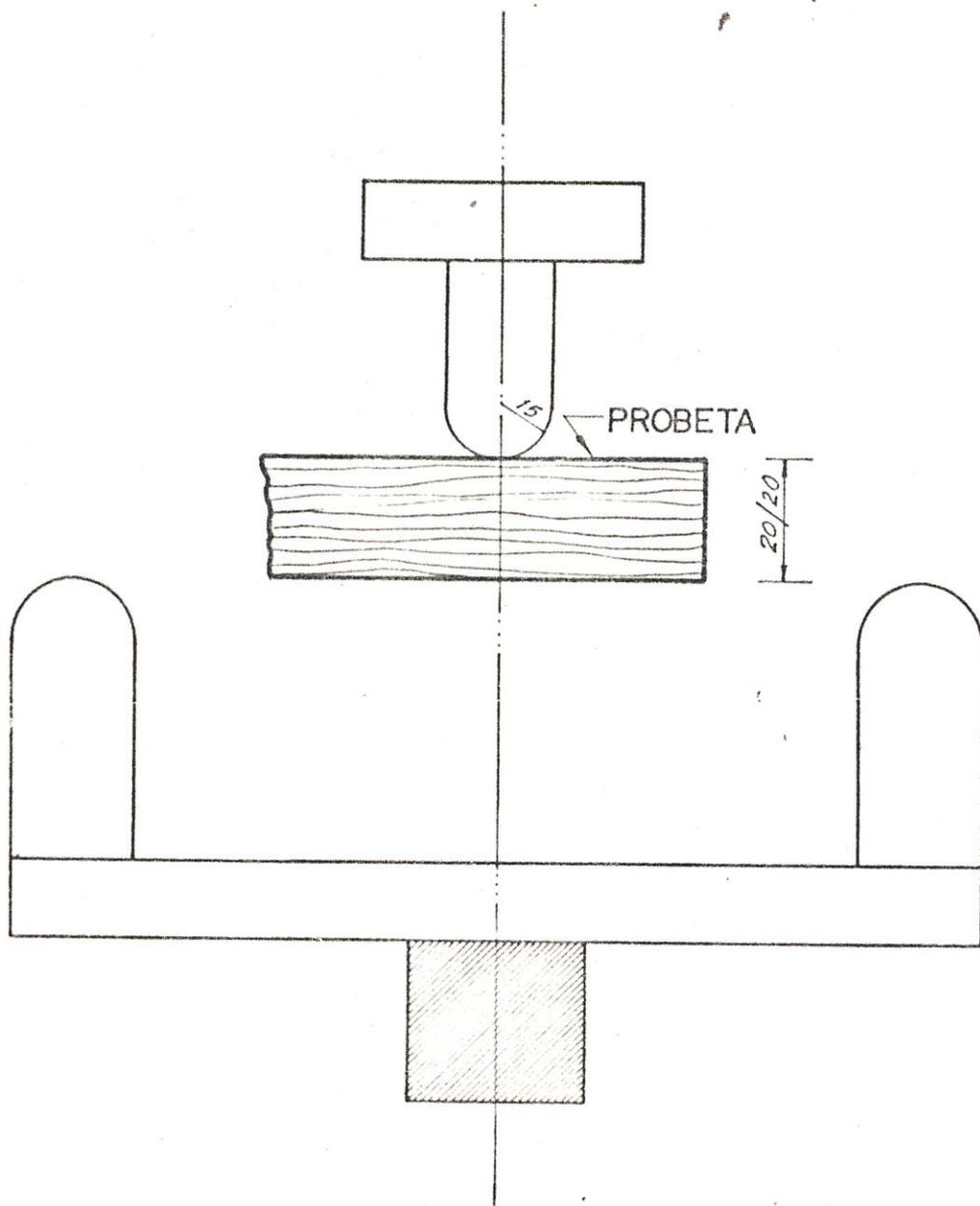
PRUEBA DE IDENTACION JANKA -

Consiste en la medida de la carga necesaria para presionar hacia arriba en la probeta, una bola de acero cuya sección ecuatorial mide un centímetro cuadrado (bola de 11,28 m m de diámetro) Fig. 10

ENSAYOS DINAMICOS -

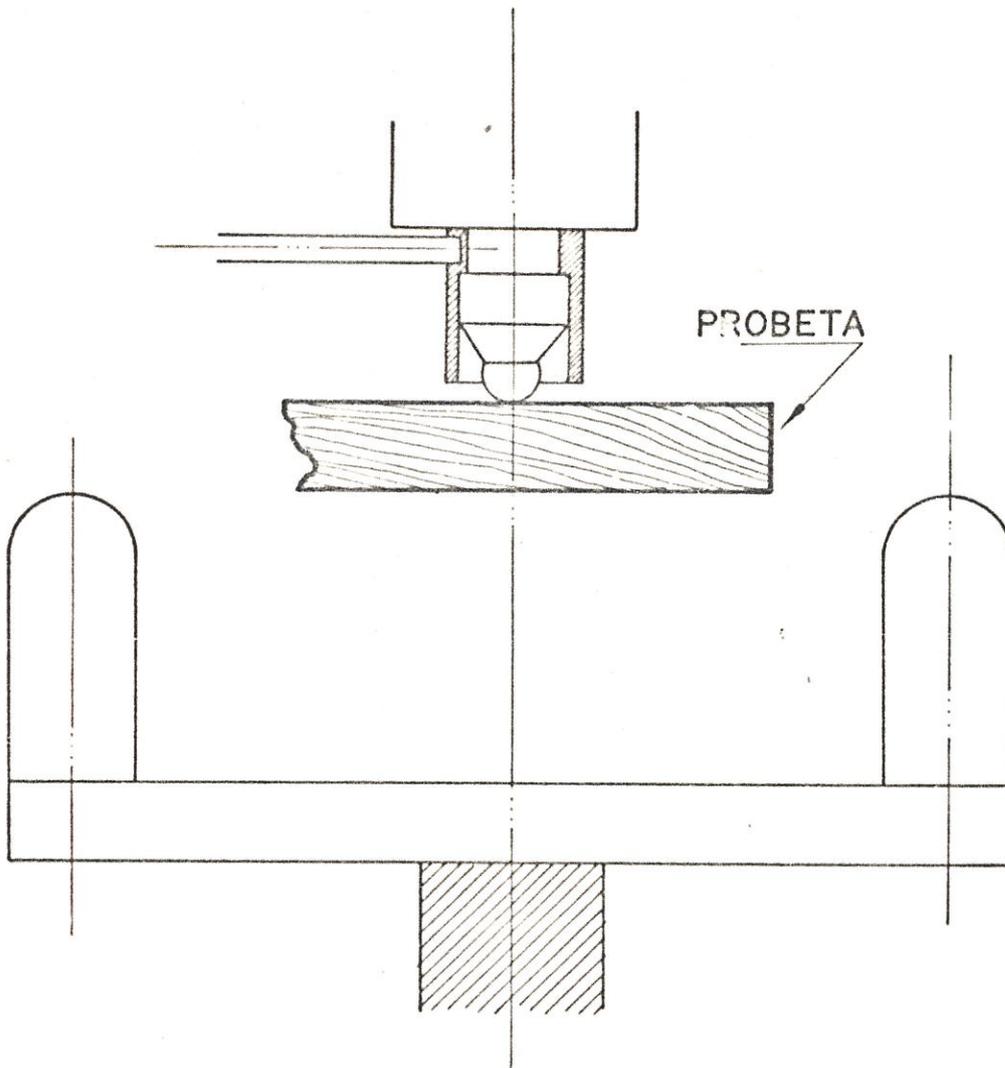
PRUEBAS DEL GOLPE O IMPACTO -

Una viga de 300 m m de largo se coloca sobre 2 apoyos cuya separación es de 240 m m. Un martillo pendular cae golpeando en el centro de la viga la cual se fractura. Las dos características de la resistencia de la madera al impacto son: (1) La energía o trabajo mecánico necesario para romper ésta muestra de prueba, y (2) El máximo peso Withs-tood para la



PRUEBA DE DUREZA

FIG. 9



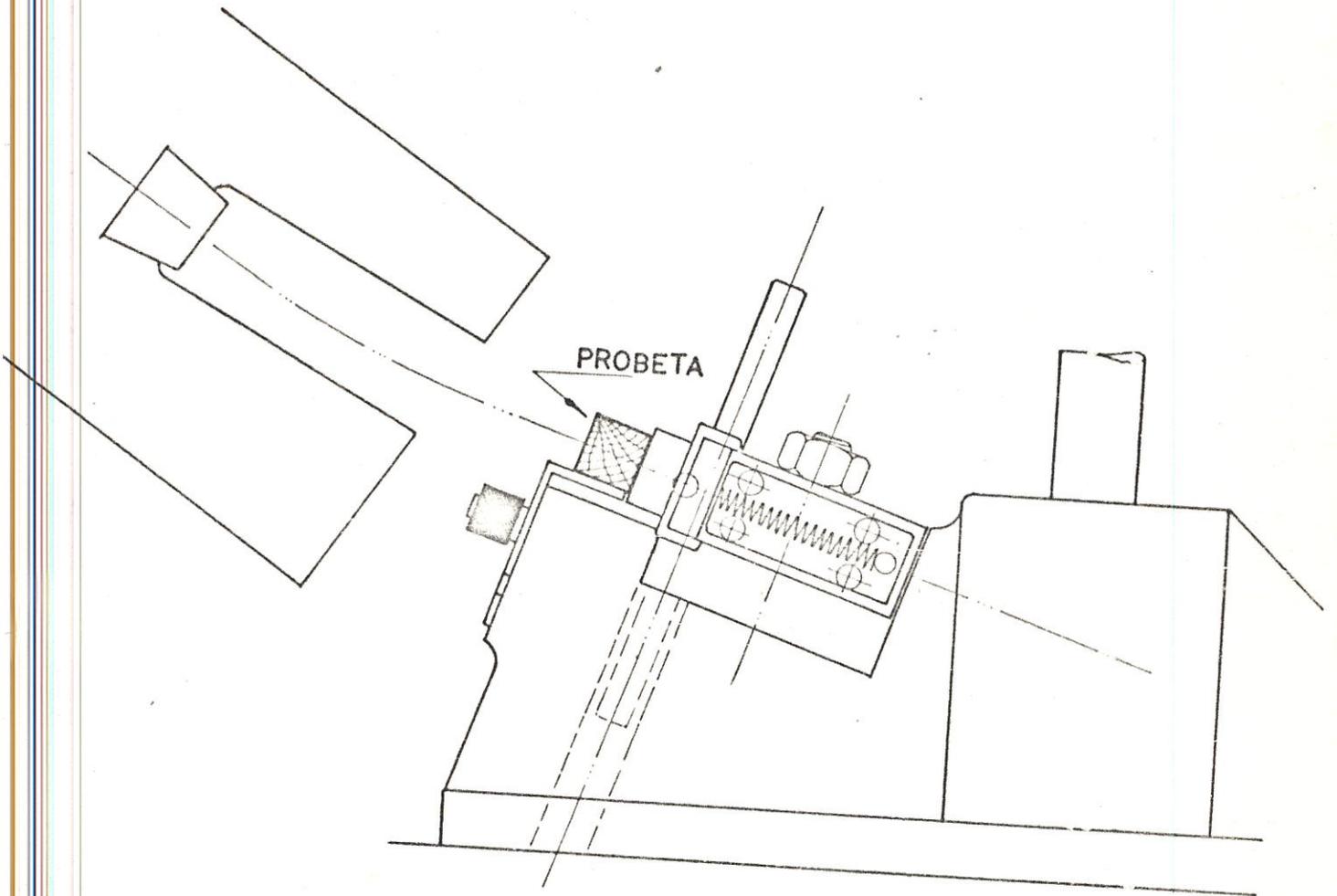
METODO JANKA (Penetración)

FIG. 10

la barra. El peso de la masa del péndulo es de 85 Kgs y la altura de caída alrededor de 1200 m m , de ese modo la energía del martillo pendular es alrededor de 10 Kgm. Fig. 11

ENSAYO DE GOLPE O IMPACTO.-

El operador mueve con la mano el escape y se produce la caída, el martillo rompe la viga de ensayo. Parte de la energía cinética del péndulo es recogida por la ruptura del espécimen. La energía restante causa el balance pendular en la otra cara de la posición vertical. Durante éste movimiento de subida, después de pasar la posición vertical, el péndulo ha empleado un pequeño índice o cursor, y asciende a lo largo de una escala vertical. Este cursor permanece inmóvil en la posición más alta alcanzada por el péndulo durante la subida, y así indica directamente en kilogrametros la energía requerida para romper la viga en ensayo (no se refiere a la energía residual del péndulo).



PRUEBA DE IMPACTO

FIG. 11

La arista de martillo tiene un radio de 15 m.m.

La viga de ensayo descansa sobre dos apoyos cilíndricos de 15 m.m. de radio, uno de los cuales está asegurado, el otro está apto para moverse un poco y apoyado por una bola de 10 m.m. de diámetro contra una barra de aluminio de 10 m.m.² de sección. En el momento de la caída el peso rompe la viga de ensayo. La fuerza en el soporte movable causa que la bola penetre en la barra de aluminio y el diámetro de impresión así obtenido se usa para determinar la máxima carga soportada por la viga rota, tomando la dureza de Brinell de la barra de aluminio como base.

Con cada máquina son suministras 10 barras de aluminio de altura conveniente, cada una marcada con el número de dureza de Brinell. Si el suministro de éstas barra se agota, el número de dureza es determinado de ordinario por la bola de heradar Brinell suministrado con la máquina.

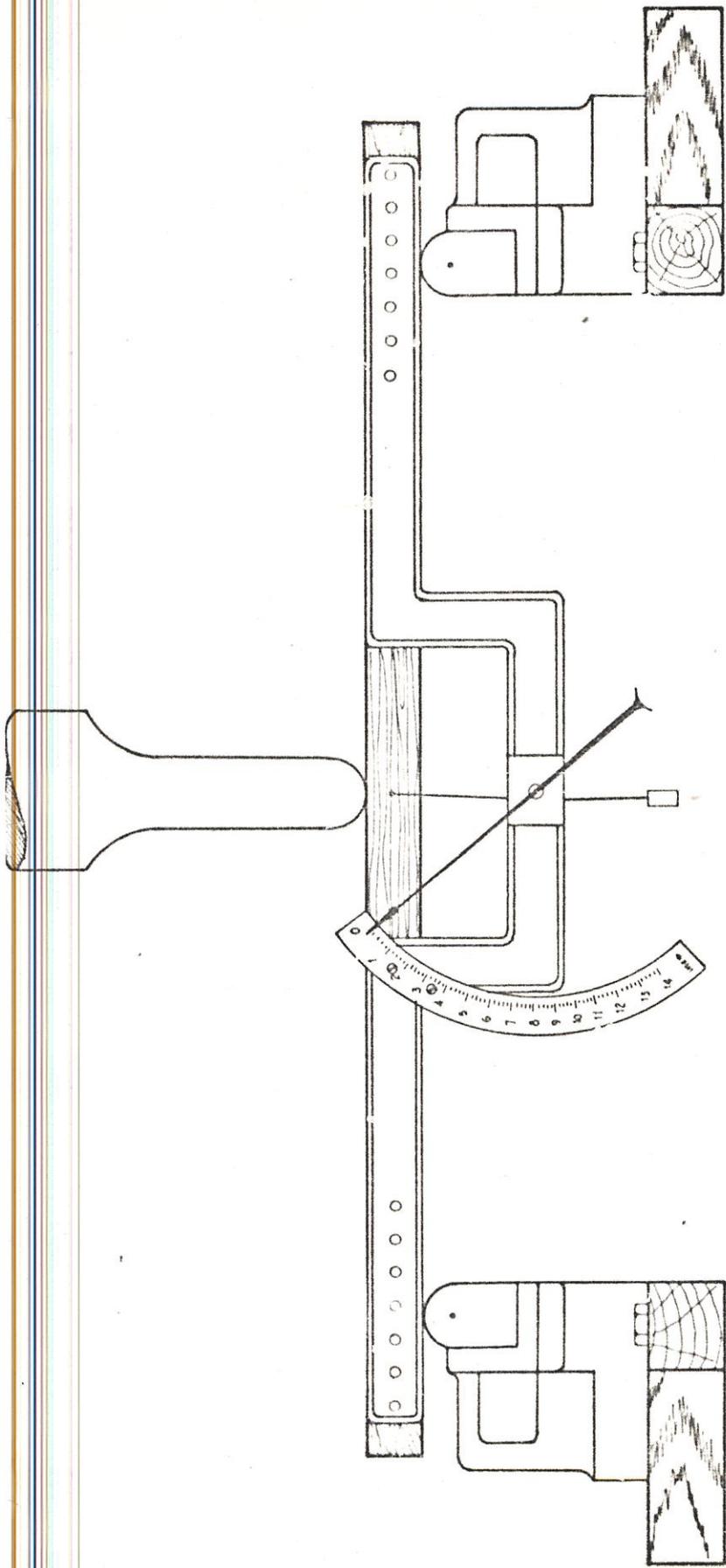
a).- MEDICION DE RESULTADOS.-

La lectura de las flechas que permiten calcular el MODULO DE ELASTICIDAD se realiza con la ayuda de instrumentos apropiados denominados deflectómetros o flexímetros en los cuales es común obtener aproximaciones de hasta 0 01 mm.

En la forma más simple, el indicador de flechas está -
construido, como la indica la Fig. 12 , por un armazón metálico que permite ser apoyado con la probeta en los soportes de la máquina de ensayos.

En la parte central en forma de U se encuentra un pequeño eje que sostiene por su extremo posterior una polea y por el del frente a una aguja, la que al desplazarse so
bre una escala, que se encuentra fija en la armadura, -
permite efectuar las lecturas de las flechas hasta el 0.1 mm.

Sobre la polea se enrolla un hilo que va ligado por un lado a un pequeño tornillo o clavo que se coloca sobre la línea neutra de la probeta, y por el otro lado a una



CABEZAL DE LA
MAQUINA

MEDIDOR DE DEFLEXIONES

FIG. 12

pesa que lo mantiene tensa en forma tal que al flexionarse el material producirá el arrastre del hilo, el que por razonamiento acciona la polea haciendo que la aguja, que le es solidaria, registre en el cuadrante el desplazamiento producido.

Actualmente son utilizados con preferencia indicadores de flechas tipo reloj, que permiten efectuar las lecturas con mayor exactitud que el instrumento anterior.

b) - CORRECCION DE LA RESISTENCIA -

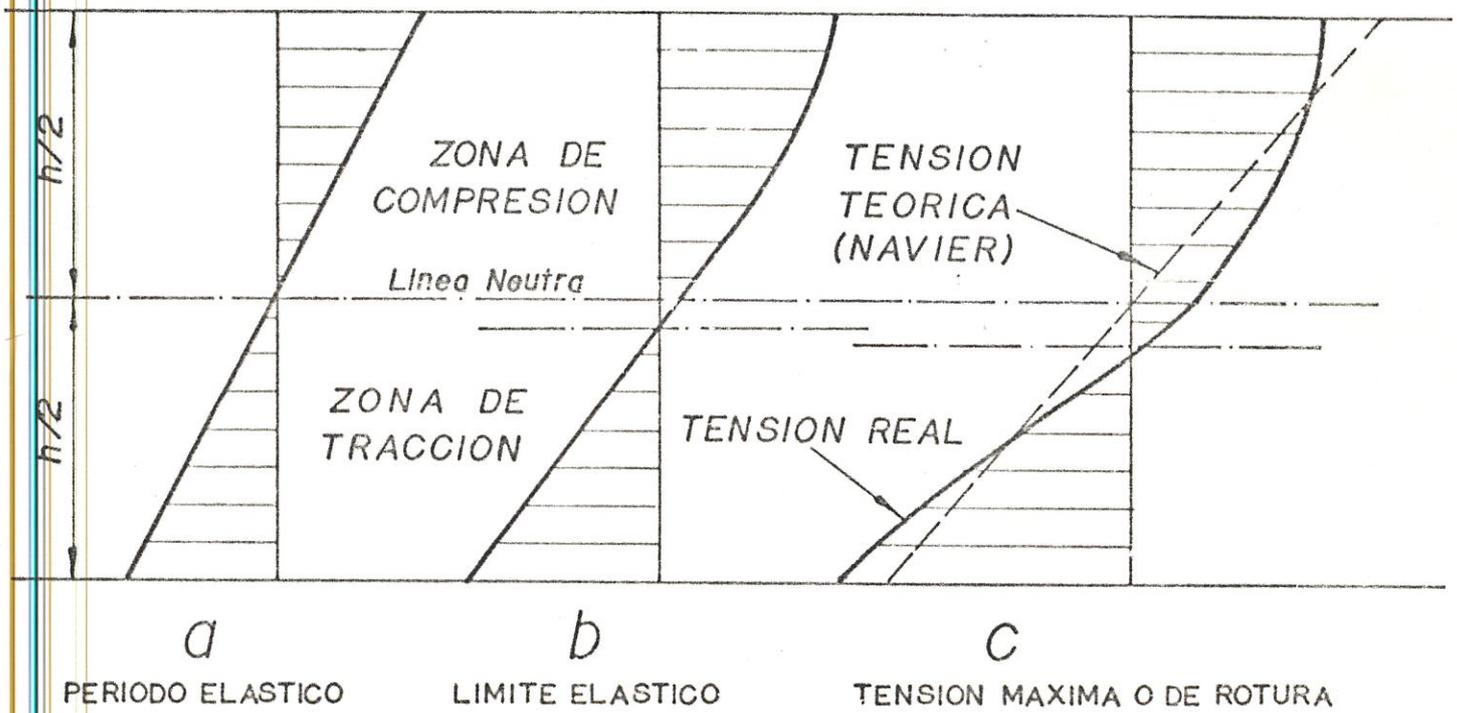
Como la madera se comporta en forma distinta frente a los esfuerzos de tracción y compresión por ser en la generalidad de los casos de menor resistencia a la compresión que a la tracción, en las secciones transversales de las probetas cuando el material es flexionado se genera una diferencia, no sólo en el estado de tensiones a igual distancia del eje neutro, sino que también en las deformaciones que producen, como consecuencia no puede ser considerado como real el valor de los esfuerzos ob-

tenidos con la fórmula de Navier, que toma como base la proporcionalidad de dichas tensiones y deformaciones.

La Fig. 13 , indica las variaciones que tienen lugar entre las tensiones de una sección transversal en tres instantes del ensayo.

El gráfico (a) corresponde al período elástico de las fibras para ambos esfuerzos, las cuales experimentan prácticamente iguales tensiones y deformaciones. El gráfico (b) es el que se obtiene cuando el material se encuentra en el límite elástico por estiramiento, y en donde se puede comprobar que las tensiones de compresión han dejado de cumplir con la ley lineal, tomando valores inferiores a los equidistantes de tracción, por haberse producido en esa zona deformaciones plásticas, lo que origina el desplazamiento del eje neutro hacia el sector más resistente para mantener la igualdad de los resultantes de las fuerzas de tracción y compresión, cuyos momentos equilibran al de las fuerzas exteriores.

El gráfico (c) nos pone de manifiesto las tensiones máximas o de rotura, las que difieren con las calculadas



VARIACIONES ENTRE LAS TENSIONES DE UNA SECCION TRANSVERSAL EN TRES INSTANTES DEL ENSAYO

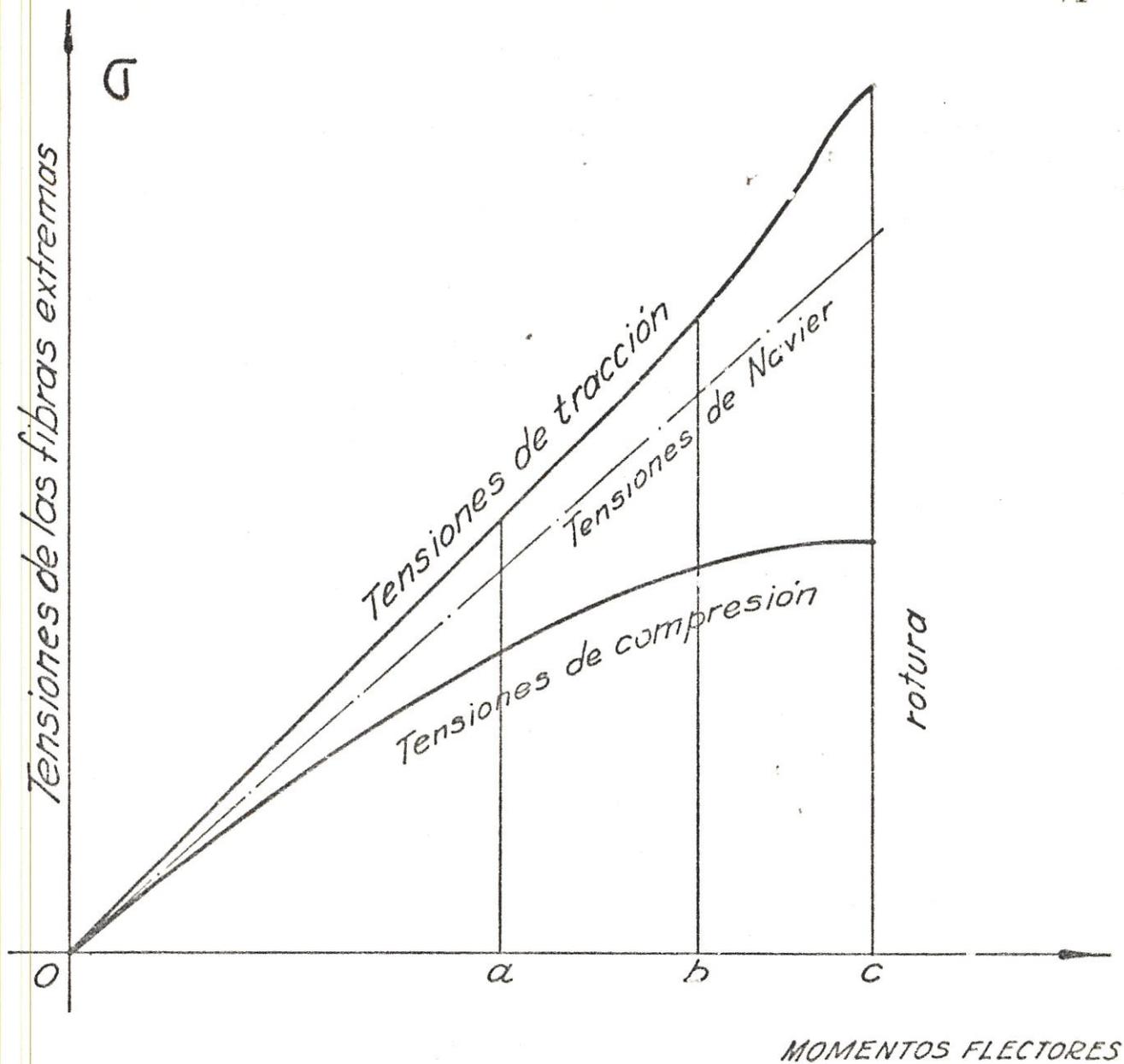
FIG. 13

con la fórmula, que da resultados menores que los reales para la zona más resistente y mayores para la de compresión.

Bach y Baumann explican ésta distribución de tensiones sobre gráficos superpuestos, Fig. 14 . . , que representan los esfuerzos de tracción y compresión de las fibras extremas en la sección de rotura, con respecto a los momentos flectores, obtenidos en un ensayo de flexión de una probeta.

Según el gráfico, la tensión en el límite de proporcionalidad para compresión difiere en parte con la que corresponde a tracción para el mismo momento flector, diferencia que puede ser aún más pequeña para otros tipos de maderas, motivo por el cual hemos indicado como uniforme la distribución de tensiones sobre la sección considerada.

A partir del límite de proporcionalidad mencionada, las fibras de la zona estirada son sometidas a aumentos considerables de las tensiones hasta la rotura sin marcados alargamiento, mientras que las comprimidas sufren deformaciones permanentes para pequeños incrementos de los esfuerzos.



DISTRIBUCION DE TENSIONES SEGUN BACH Y BAUMANN

FIG. 14

c) - PESO ESPECIFICO.-

Peso específico real.-

El peso específico real es el que corresponde a la madera misma y no puede ser considerado como tal al determinado por la relación del peso y volumen de una probeta común de madera, debido a que así se introduce el error de los espacios vacíos, poros y vasos de aquella.

Un procedimiento posible para determinar el peso específico real sería reducir la madera a un polvo muy fino, para después comprimirlo fuertemente y formar una pastilla y en estas condiciones establecer la relación entre peso y volumen. Este peso específico es común a todas las maderas y resulta aproximadamente igual a 1.56 para el 0% de humedad o bien 1.5 a 1.52 según Violette.

Peso específico aparente.-

El peso específico aparente es el que se obtiene directamente de relacionar el peso de un trozo de madera con

su volúmen. En estos casos la humedad influye en forma preponderante debido a que a mayor cantidad de agua, mayor será el peso de un mismo volúmen de material y es por ello que para poder comparar valores, éste peso específico debe tomarse al 0% de humedad o bien reducir el valor obtenido al 12 ó 15% de la misma, lo cual se consigue mediante el empleo de diversas fórmulas entre las que se encuentra la norma A.F.N.O.R.B 51-005, que dice:

$$\gamma_{15} = \gamma_h + \gamma_h \left(0.01 - \frac{i}{100}\right) (15 - h)$$

en donde:

γ_{15} = peso específico al 15% de humedad.

γ_h = peso específico a la humedad h% e igual al peso sobre el volúmen.

i = coeficiente de contracción volumétrica o variación de la contracción volumétrica por cada 1% de humedad.

$$i = \frac{a_v}{h}$$

Para calcular el peso específico al 12% se reemplaza el 15 del segundo paréntesis por 12.

Las probetas que se utilizan generalmente para ésta determinación, son las indicadas por las normas francesas de 20 x 20 x 20 mm., las que permiten además el empleo del voluménometro a mercurio para la determinación rigurosa de su volúmen.

En base al peso específico aparente las maderas se clasifican de acuerdo a la siguiente tabla:

C U A D R O N- 2:

CLASIFICACION PESO ESPECIFICO

CLASIFICACION	PESO ESPECIFICO al 15%
Muy livianas	≤ 0.3
Livianas	0.301 a 0.5
Semipesadas	0.501 a 0.7
Pesadas	0.701 a 1.0
Muy pesadas	> 1.0

La resistencia de las maderas aumentan con su peso espe-

cífico, es por ello que aún dentro de una misma especie o de un mismo árbol pueden encontrarse variaciones de la misma. En el laboratorio pueden presentarse casos - para los cuales no se cumple riguramente la condición - anteriormente mencionada, especialmente para pequeñas - diferencias en el peso de la unidad de volúmen, por lo que se deben realizar los ensayos en idénticas condiciones pues son varios los factores que inciden en los resultados.

d)- HUMEDAD.-Determinación de la humedad.-

Al tratar sobre la humedad de la madera se debe distinguir entre la que es capaz de absorber las fibras o tejidos y la que puede alojarse en los vasos y poros de las mismas, habiéndose determinado que para el primer caso la saturación se alcanza entre el 25% y el 30%, en cambio para el segundo, ésta puede variar entre grandes límites por depender de la porosidad de la especie considerada, es así que en las maderas muy livianas de peso específico aparente entre 0.4 y 0.2 en estado de completa sequedad, se tienen humedades de saturación total de 200% al 500%.

El porcentaje de agua se calcula colocando a las muestras, previamente pesadas en estufas de temperatura variable entre 100°C y 105°C, hasta peso constante, para lo cual se verifica el peso de la madera periódicamente hasta obtener dos ó más pesadas iguales,

Si llamamos:

p_h = peso de la probeta a la humedad $h\%$

p_o = peso constante o de la madera seca

la humedad porcentual será:

$$h\% = \frac{p_h - p_o}{p_o} 100$$

Este valor de la humedad es aceptado para los fines prácticos aunque no es un valor exacto si tenemos en cuenta que en su determinación se incluye a substancias que se eliminan con el vapor de agua.

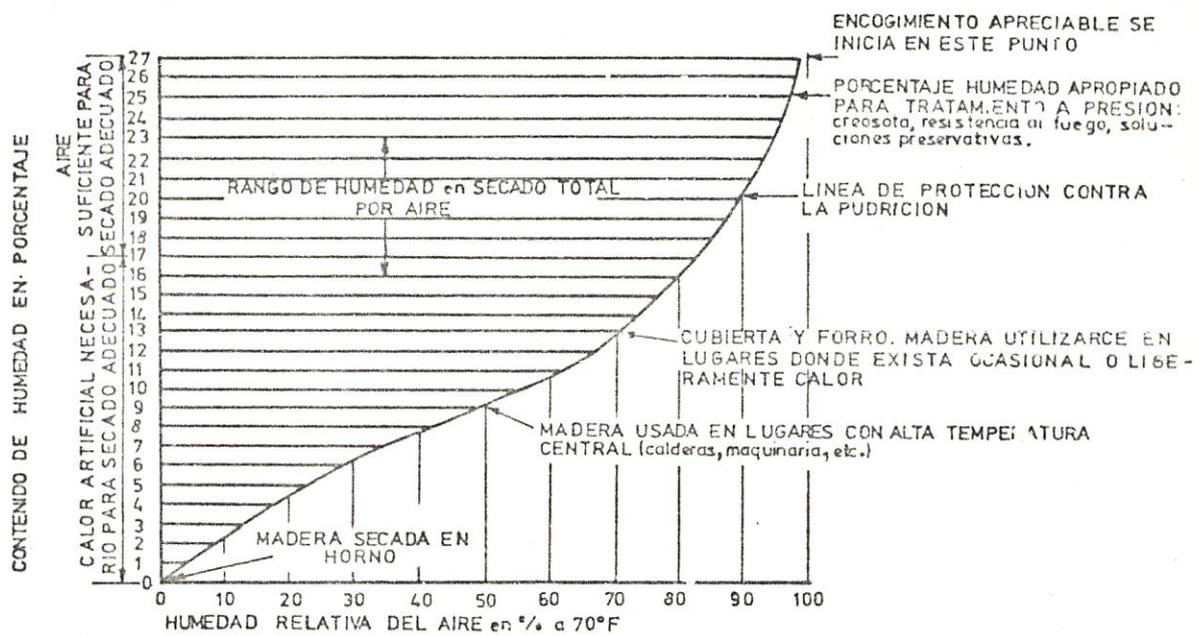
La importancia que tiene ésta determinación de humedad se pone de manifiesto por las comprobaciones prácticas de que la resistencia a la compresión disminuye entre el 4% y 6% por cada 1% de aumento en la humedad, valores aceptados para maderas cuyo porcentaje de agua varía entre el 10% y 25%.

En ensayos de Flexión y Tracción axial realizados sobre probetas con un 40% de humedad, se comprobó que las re-

sistencias disminuían a la mitad y a las dos terceras partes respectivamente, al compararlos con los valores obtenidos en ensayos efectuados sobre maderas de igual especie pero con un 10% de aquella; es por ello que se ha uniformado que la resistencia de las maderas deben expresarse al 15%, o bien al 12% de humedad de acuerdo con lo aconsejado por la F.A.O. en el año de 1948.

Las probetas que se emplean se extraen de las utilizadas en los ensayos de resistencia siguiendo dos criterios distintos según sus tamaños: Si la probeta es pequeña como las empleadas para compresión, según normas francesas e italianas, se utiliza la pieza entera; si la probeta de mayores dimensiones, se corta un pequeño prisma de 2 cm. de altura. Las normas A.F.N.O.P. aconsejan a éste respecto, que la humedad puede determinarse sobre probetas de 20 x 20 x 20 mm. de iguales características que las maderas ensayadas.

Para que el cálculo de la humedad sea correcto, es necesario que el aire ambiente o inyectada en la estufa empleada sea seco y que el peso de la probeta, que debe



EQUILIBRIO IDEAL DE CONTENIDO DE HUMEDAD EN MADERA

FIG. 15

verificarse en una balanza de precisión se realice inmediatamente después de haberse dejado enfriar a la misma temperatura ambiente en un secador, que no es más que un recipiente de cierre hermético que contiene en su interior una sustancia ávida de agua (C₁ C₂) para que absorba la humedad del mismo

C U A D R O N-3

PESO ESPECIFICO Y HUMEDAD

ESPECIES	PESO ESPECIFICO gr/cm ³	HUMEDAD Porcentaje
AMARILLO	0.733	9.04
AMARILLO LAGARTO	0.896	8.86
BANTANO	0.526	10.60
CALADE	0.370	10.99
CAOBA	0.787	9.71
CEDRO	0.551	11.47
CHANUL	0.777	12.25
CHALVIANDE	0.707	10.11
COLORADO	0.831	11.64
CUANGARE	0.506	11.45
DORMILON	0.846	12.04
FERNAN SANCHEZ	0.647	9.74
FIGUEROA	0.403	11.60
GUACHAPELI	0.720	11.27
GUAYACAN	1.067	10.07
JIGUA	0.463	11.78

LAUREL	0.450	10.91
MACHARE	0.782	11.27
MANGLE	1.168	11.16
MANGLILLO	0.893	12.04
MARAÑON	0.481	10.55
MORAL	0.840	10.30
PALO DE VACA	0.946	11.35
PECHICHE	0.963	12.29
SANDALO	1.074	10.94
TANGARE	0.544	11.81
TILLO	0.879	11.30
UVA	0.671	11.45

NOTA:

- Temperatura del horno varía entre 100 y 105^oC
- Tiempo de secado en el medio ambiente varía entre 4 y 6 meses.

e)- ESFUERZO DE TRABAJO.-

Conociendo el límite de proporcionalidad, el punto de fluencia y la fatiga de rotura del material, es posible establecer en cada problema particular de ingeniería la magnitud de la fatiga que puede considerarse como una carga de seguridad; ésta fatiga se llama corrientemente fatiga de trabajo.

Para que la estructura esté siempre en condiciones elásticas y no exista posibilidad de deformación permanentes, se acostumbra a escoger la fatiga de trabajo bastante por debajo del límite de proporcionalidad. En la determinación experimental de éste límite se utilizan aparatos muy sensibles (extensómetros) y la determinación de la posición de dicho límite depende en muy alto grado del cuidado con que se hacen las medidas. Para eliminar la dificultad que esta indeterminación produce, se toma corrientemente el punto de fluencia o la fatiga de rotura del material como base para determinar la fatiga de trabajo.

Representando con G_t , G_f y G_r , respectivamente, la fa

tiga de trabajo, el punto de fluencia y la fatiga de rotura la magnitud de la fatiga de trabajo se determina por una de las dos relaciones siguientes:

$$G_t = \frac{\sigma_f}{n} \quad \text{ó} \quad G_r = \frac{\sigma_r}{n_1}$$

n , n_1 se llaman corrientemente factores de seguridad y determinan la magnitud de la fatiga de trabajo. El coeficiente de seguridad $n=2$ se usa corrientemente cuando las cargas que actúan sobre la estructura la hacen de modo permanente. Cuando las cargas son variables o se aplican de modo súbito es necesario calcular con mayor coeficiente de seguridad. Para materiales tales como la madera, se toma la fatiga de rotura como base para determinar la fatiga de trabajo.

La magnitud del coeficiente de seguridad depende en su mayor grado del cuidado con que en el cálculo se han determinado las fuerzas exteriores que actúan sobre la estructura, las fatigas correspondientes a sus distintas partes y la homogeneidad de los materiales usados.

f)- PROBETAS EMPLEADAS.-

Para todas las pruebas estáticas, las probetas o muestras de ensayo se toman de la misma viga de 300 m.m. de largo y 20 m.m. cuadrados de sección. Para las pruebas dinámicas, se usa una segunda viga con las mismas dimensiones.

Para las pruebas estáticas, se somete primeramente a la viga a la flexión. De los segmentos o fragmentos de otras muestras de ensayo se hacen por ejemplo: prismas de 20 m.m. cuadrados de base y 30 m.m. de largo para la prueba de compresión; para las pruebas de tensión se usan barras de 70 m.m. de largo y 20 m.m. cuadrados de sección. Para los ensayos de hendidura también se usan secciones de 20 m.m. cuadrados de sección y 45 m.m. de largo. La prueba de dureza puede hacerse sobre un fragmento de cualquier longitud.

9).- FLEXION.-i).- Módulo de elasticidad.-

Uno de los objetos principales del ensayo de flexión es el de determinar el módulo de elasticidad longitudinal de la madera que representa su mejor índice de rigidez.

Al emplearse la probeta sometida a una carga concentrada en su punto medio, la determinación de la flecha se realiza mediante la expresión:

$$f = \frac{1}{48} \frac{P \cdot \ell}{E \cdot I} \quad \text{Donde:}$$

f = Deflexión o flecha

I = Momento de Inercia normal

$$\frac{bh^3}{12}$$

E = Módulo de Elasticidad

la cual no tiene en cuenta la acción de los esfuerzos cortantes, lo que obliga a mantener para su correcto empleo la relación ℓ/h entre 10 y 20 por la causa ya indicada.

Admitiendo esta fórmula, para probetas de sección rectangular, el módulo resulta:

$$E = \frac{1}{4} \frac{P \cdot \ell^3}{f \cdot b \cdot h^3}$$

en la que las cargas y las flechas correspondientes, de
ben tomarse dentro del período elástico y a partir de u
na carga inicial que puede ser de 50 Kg para ir luego -
cargando la máquina en valores fijos y obtener así, por
la diferencia entre las flechas totales y permanentes,
el valor de las elásticas que se emplearán en el cálculo.

AGF 1

/ JOB T

OG DRIVE CART SPEC CART AVAIL PHY DRIVE
 0000 000B 000B 0000

2 M10 ACTUAL 8K CONFIG 8K

/ FOR

ONE WORD INTEGERS

EXTENDED PRECISION

IOCS(CARD, 1132 PRINTER)

LIST SOURCE PROGRAM

MARCO VELARDE TOSCANO ING. Y ARQ. NAVAL

PROPIEDADES MECANICAS DE MADERAS ECUATORIANAS

PRUEBAS DE FLEXION PERPENDICULAR A LA FIBRA

P EN KILOGRAMOS, DEFORMACION TOTAL EN MILIMETROS, DEFORMACION UNITARIA EN

MILIMETROS, ESFUERZO EN KILOGRAMOS/CENTIMETRO CUADRADO

CALCULO DE DEFORMACION UNITARIA Y ESFUERZOS

DIMENSIONES DE LAS PROBETAS 2.0X2.0X30.0 CENTIMETROS

80 READ(2,10)NM,IFIN

10 FORMAT(I10,T80,I1)

IF(IFIN)100,15,100

15 WRITE(3,20)NM

20 FORMAT(40X,'MUESTRA NO. ',I5)

WRITE(3,30)

30 FORMAT(1H0,3X,'NO',7X,'CARGA',14X,'DEFORMACION TOTAL',4X,

1'DEFORMACION UNITARIA',6X,'ESFUERZO',6X)

READ(2,70)N

70 FORMAT(I2)

DO 60 J=1,N

READ(2,40)P,DT

40 FORMAT(2F10,3)

H=20.

DU=DT/H

ESF=5.365*P

WRITE(3,50)J,P,DT,DU,ESF

50 FORMAT(1H,I5,5X,F10.2,10X,F10.2,10X,F10.2,10X,F10.0)

60 CONTINUE

GO TO 80

100 CALL EXIT

END

FEATURES SUPPORTED

ONE WORD INTEGERS

EXTENDED PRECISION

IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR

COMMON 0 VARIABLES 20 PROGRAM 186

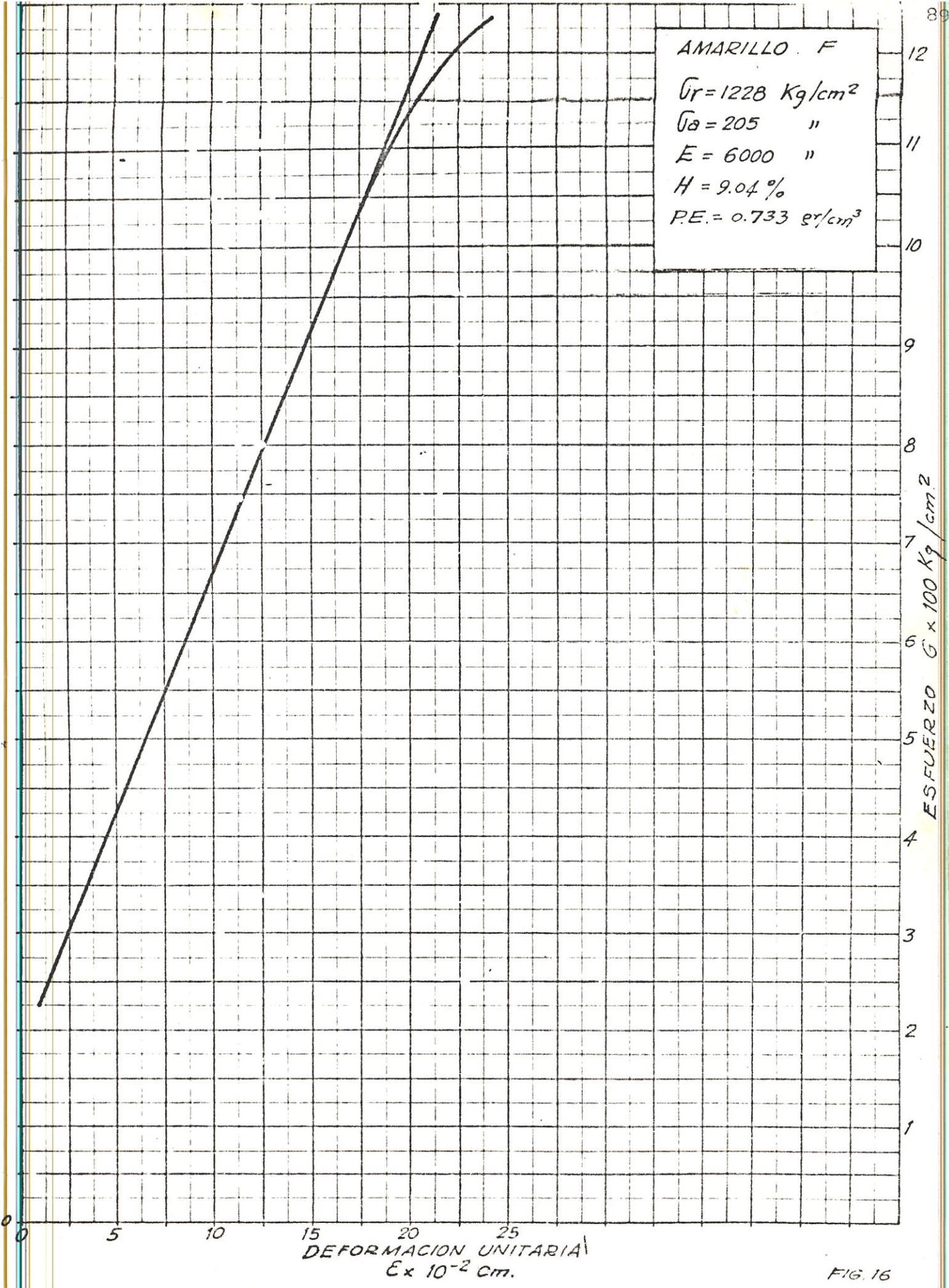
END OF COMPILATION

// XEQ

MUESTRA NO. 0

NO	CARGA	DEFORMACION TOTAL	DEFORMACION UNITARIA

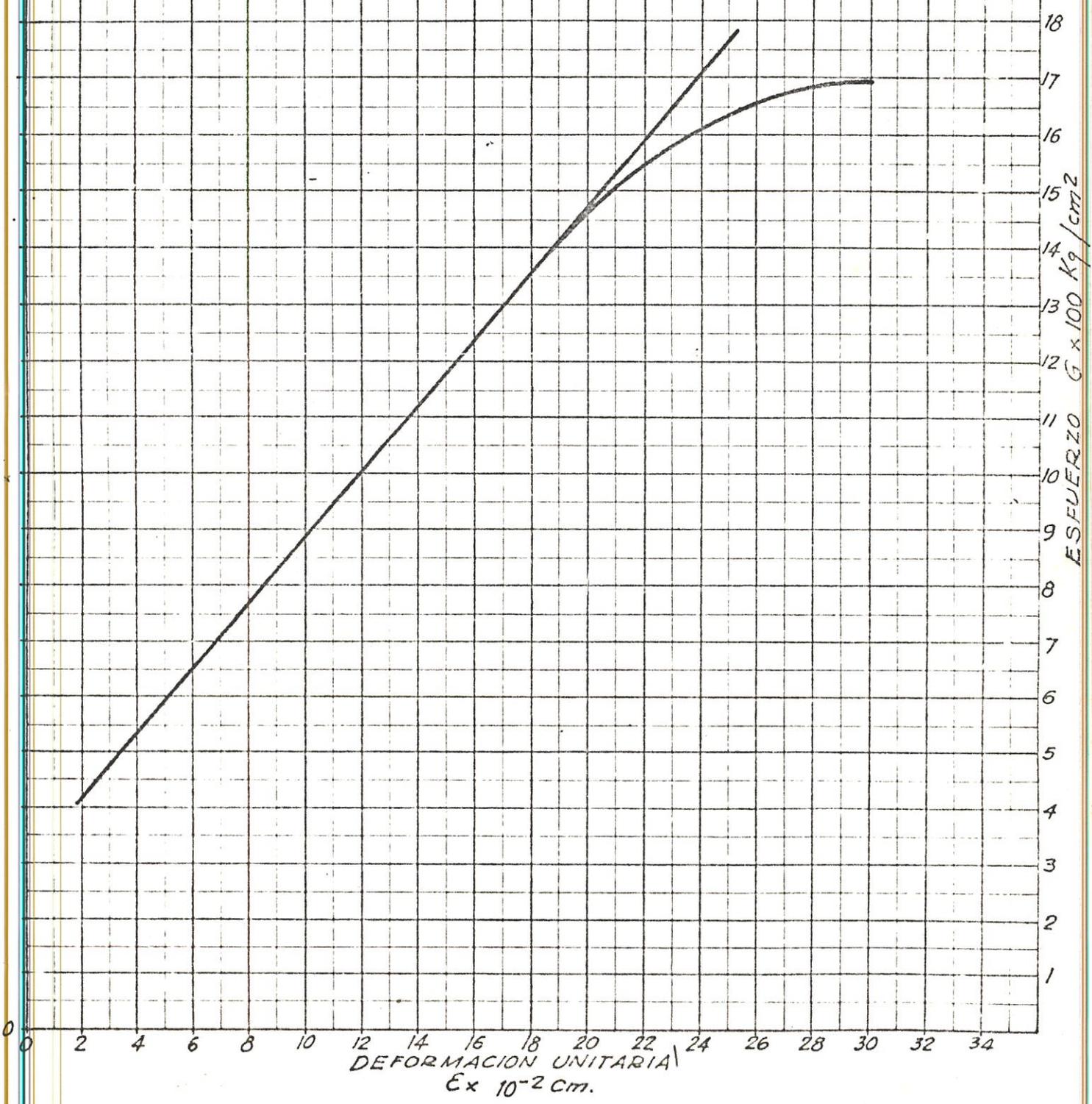
AMARILLO . F
 $\bar{\sigma}_r = 1228 \text{ Kg/cm}^2$
 $\bar{\sigma}_a = 205 \text{ ''}$
 $E = 6000 \text{ ''}$
 $H = 9.04 \%$
 $P.E. = 0.733 \text{ gr/cm}^3$



DEFORMACION UNITARIA
 $\epsilon \times 10^{-2} \text{ cm.}$

FIG. 16

AMARILLO LAGARTO F
 $\sigma_r = 1716 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_a = 286 \text{ ''}$
 $E = 7474 \text{ ''}$
 $H = 8.86 \%$
 $P.E. = 0.896 \text{ gr/cm}^3$



BANTANO F

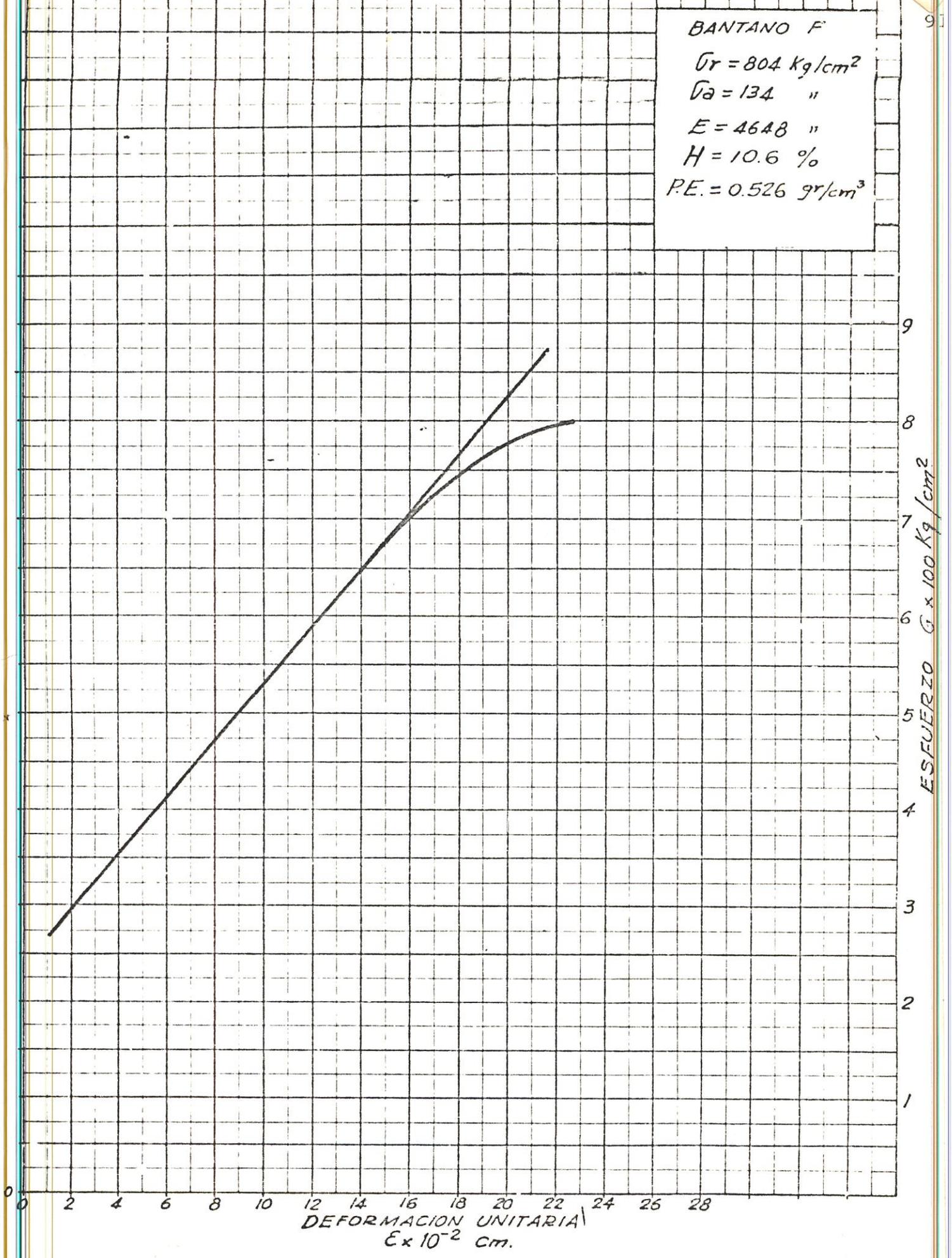
$$\bar{\sigma}_r = 804 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_a = 134 \text{ "}$$

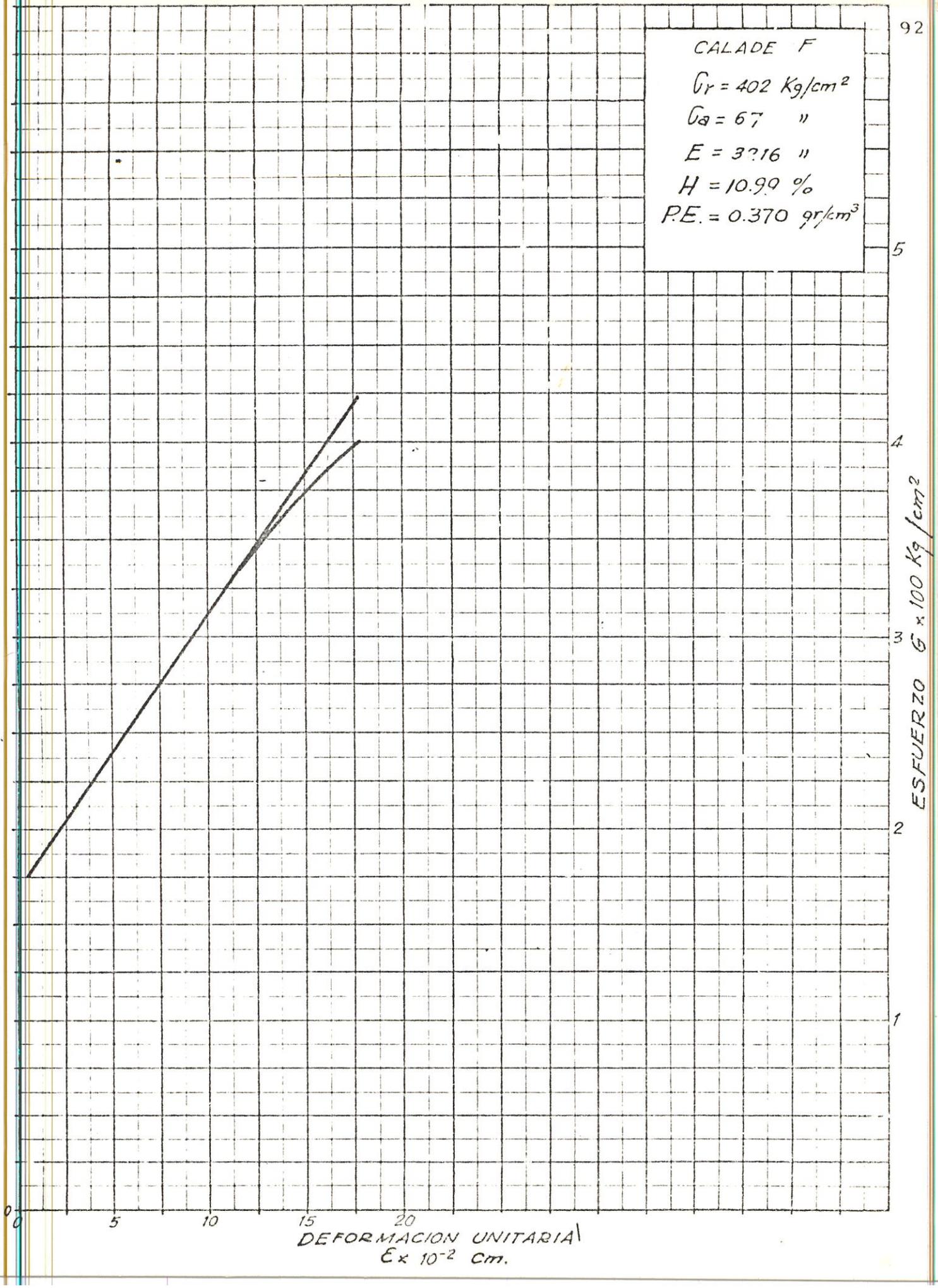
$$E = 4648 \text{ "}$$

$$H = 10.6 \%$$

$$P.E. = 0.526 \text{ gr/cm}^3$$

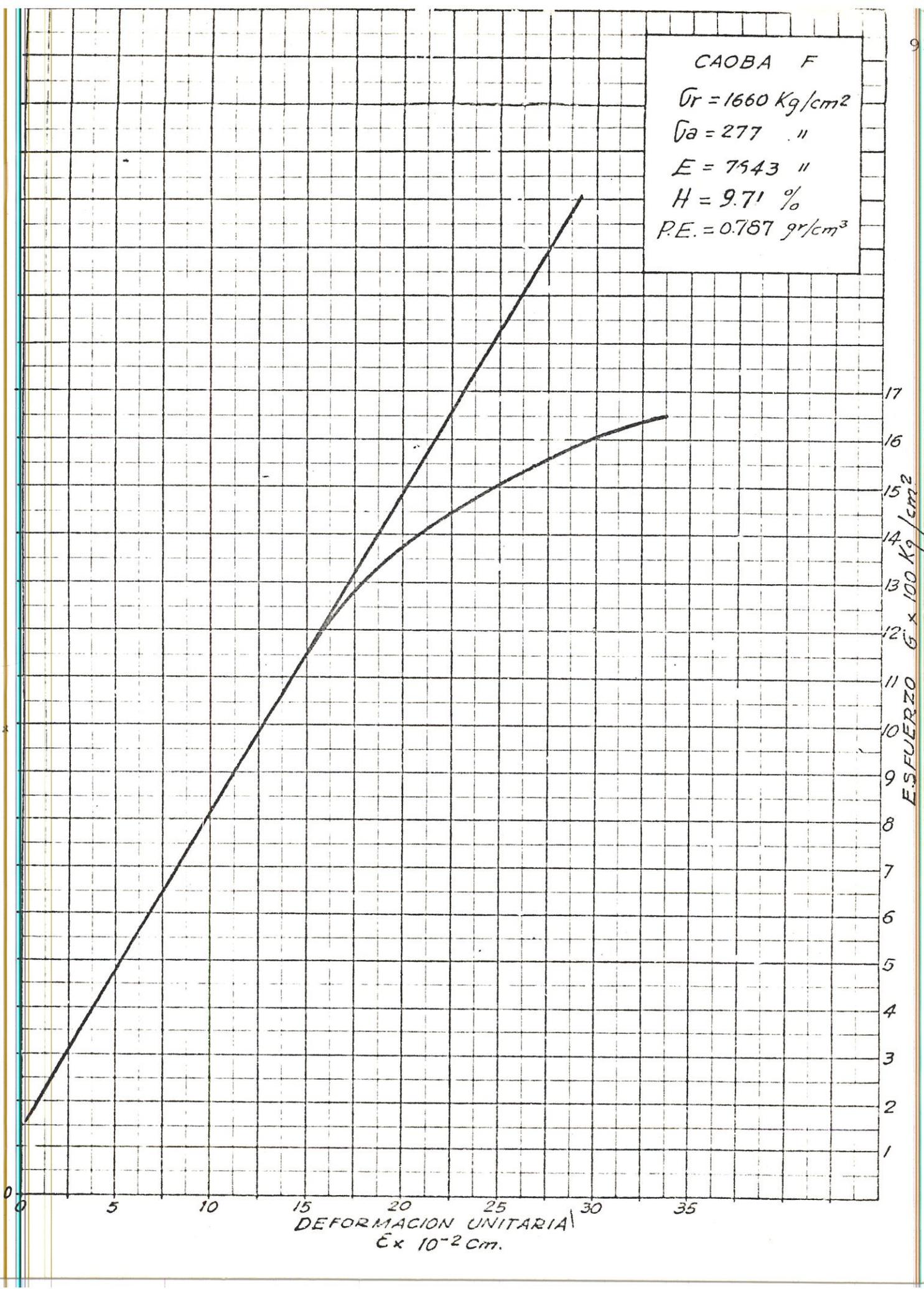


CALADE F
 $G_r = 402 \text{ Kg/cm}^2$
 $G_a = 67 \text{ ''}$
 $E = 3716 \text{ ''}$
 $H = 10.99 \%$
 $P.E. = 0.370 \text{ gr/cm}^3$



DEFORMACION UNITARIA
 $E \times 10^{-2} \text{ cm.}$

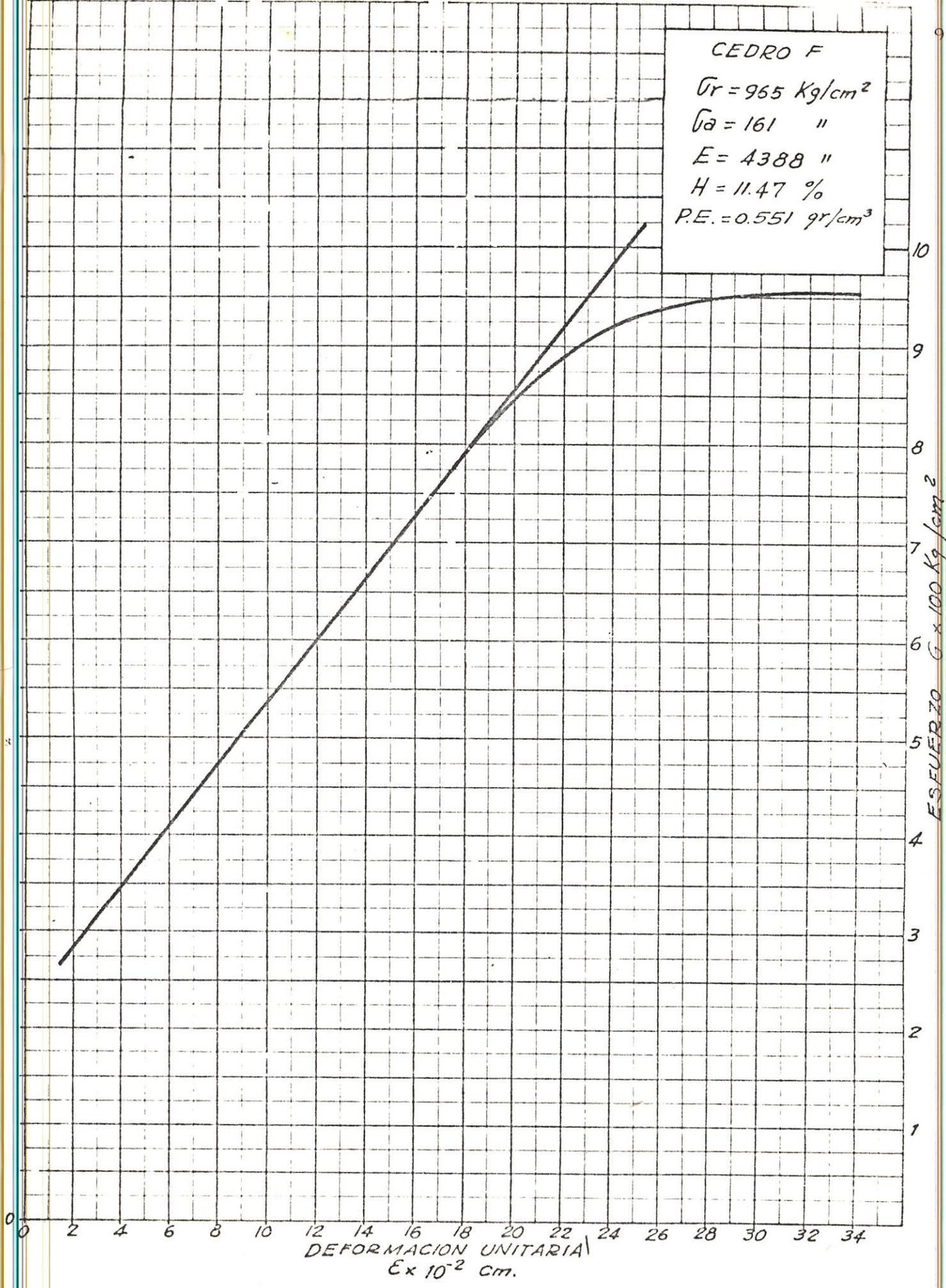
CAOBA F
 $\sigma_r = 1660 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_a = 277 \text{ ''}$
 $E = 7543 \text{ ''}$
 $H = 9.71 \%$
 $P.E. = 0.787 \text{ gr/cm}^3$



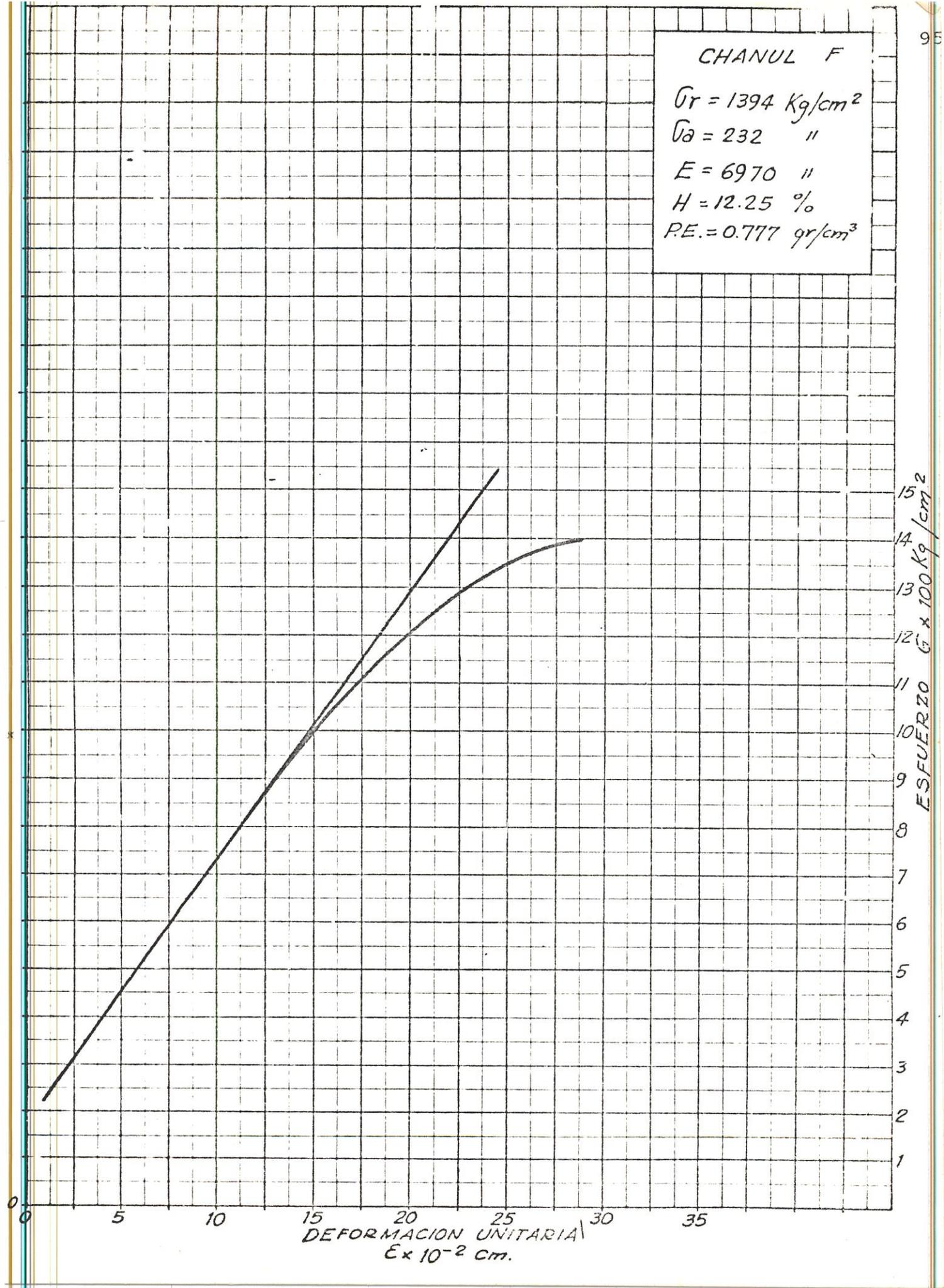
DEFORMACION UNITARIA
 $E \times 10^{-2} \text{ cm.}$

E.SFUERZO $G \times 100 \text{ Kg/cm}^2$

CEDRO F
 $\sigma_r = 965 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_a = 161 \text{ ''}$
 $E = 4388 \text{ ''}$
 $H = 11.47 \%$
 $P.E. = 0.551 \text{ gr/cm}^3$



CHANUL F
 $\sigma_r = 1394 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_a = 232 \text{ ''}$
 $E = 6970 \text{ ''}$
 $H = 12.25 \%$
 $P.E. = 0.777 \text{ gr/cm}^3$



CHALVIANDE F

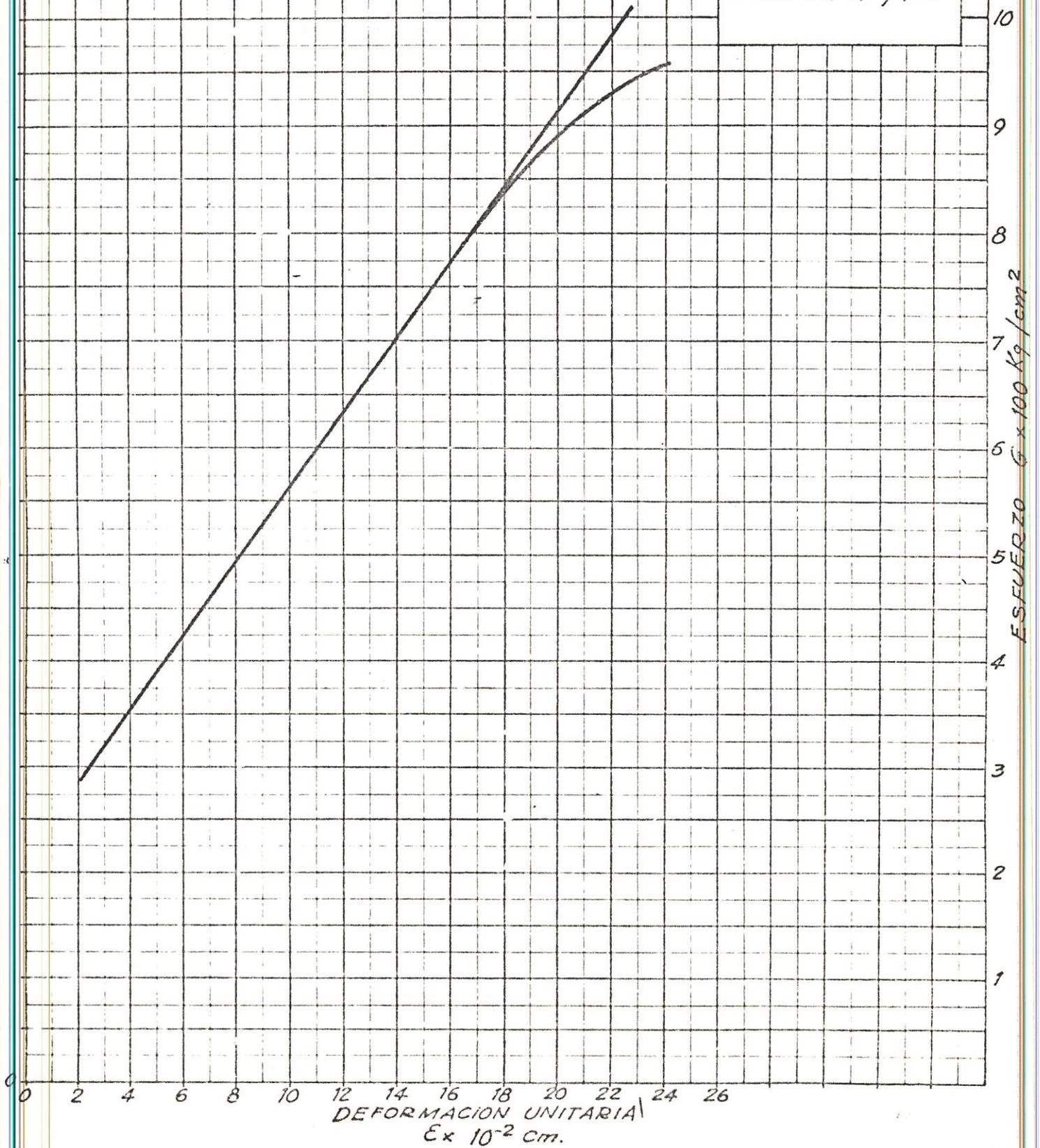
$\bar{\sigma}_r = 965 \text{ Kg/cm}^2$

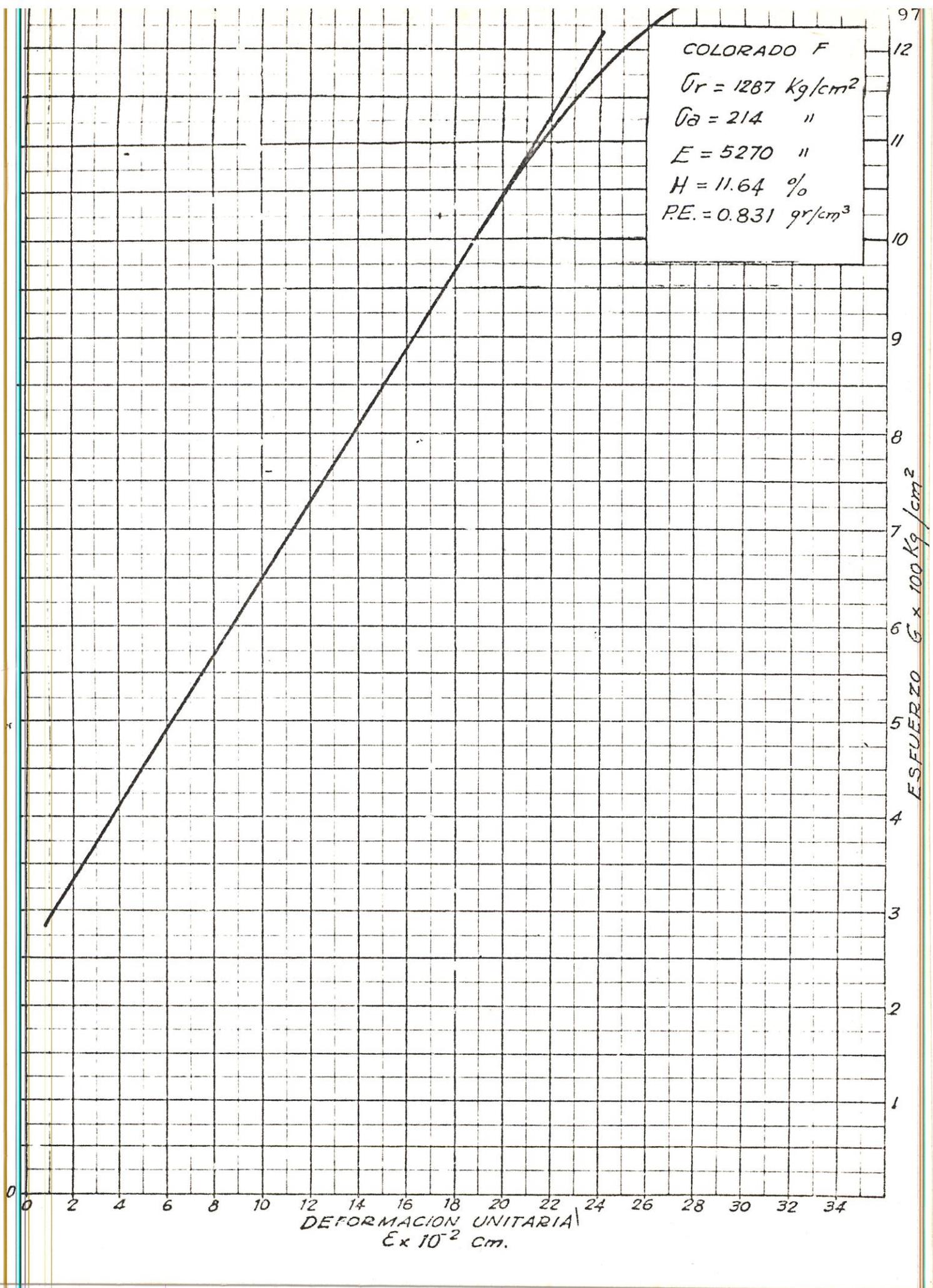
$\bar{\sigma}_a = 161 \text{ ''}$

$E = 4794 \text{ ''}$

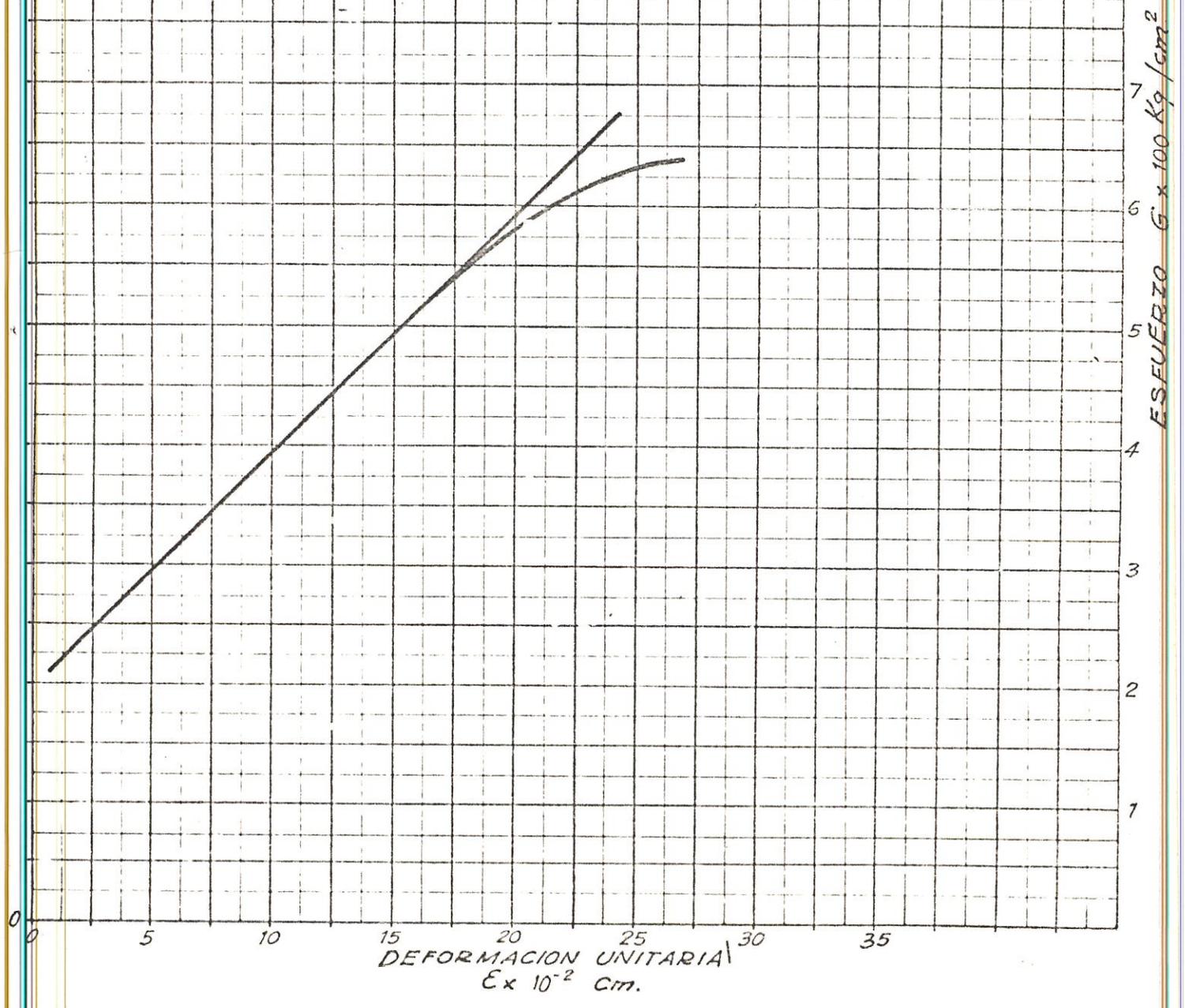
$H = 10.11 \%$

$P.E. = 0.707 \text{ gr/cm}^3$

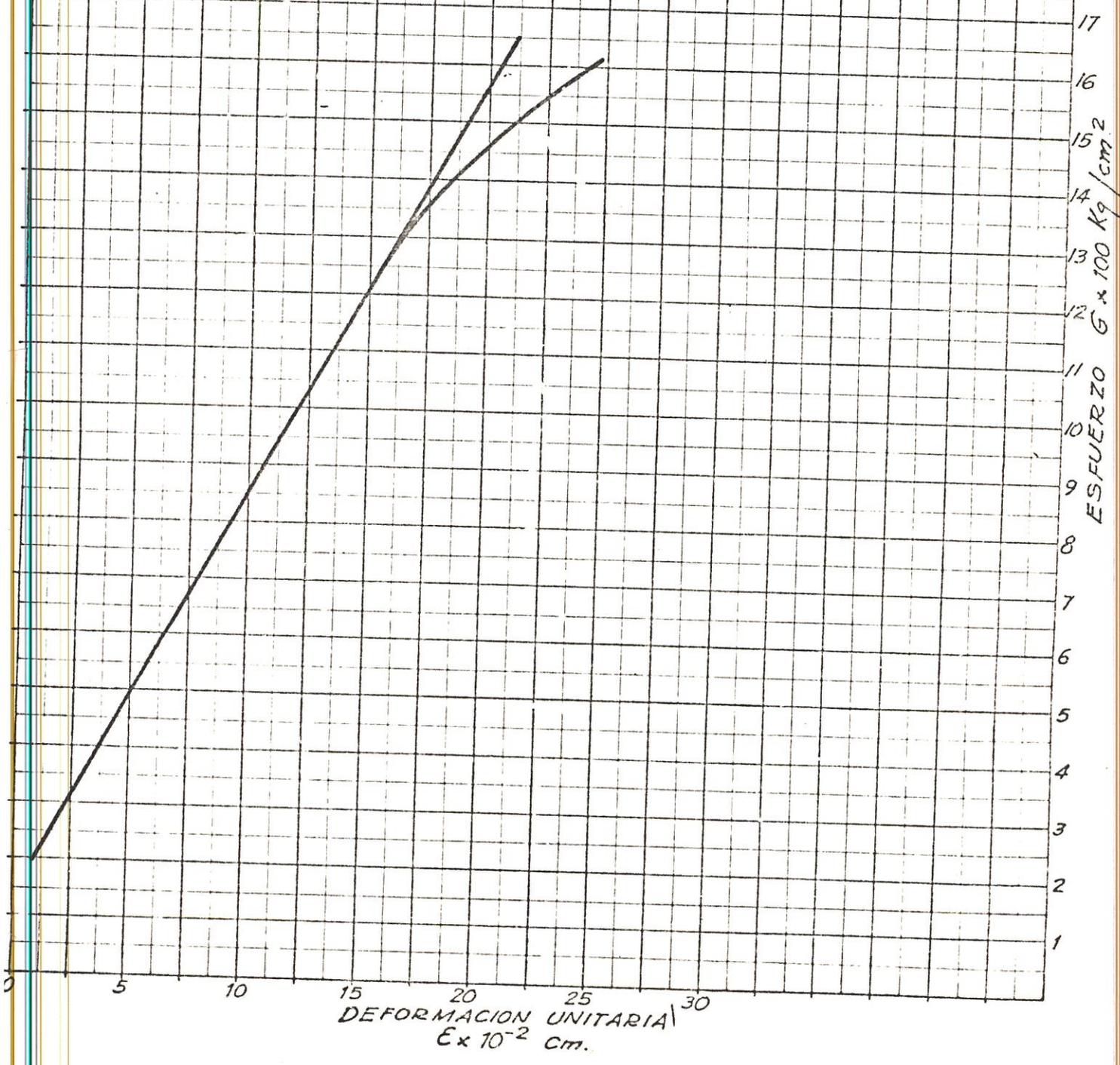




CUANGARE F
 $\sigma_r = 643 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_a = 107 \text{ ''}$
 $E = 3085 \text{ ''}$
 $H = 11.45 \%$
 $P.E. = 0.506 \text{ gr/cm}^3$



DORMILON F
 $\sigma_r = 1609 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_a = 268 \text{ ''}$
 $E = 8089 \text{ ''}$
 $H = 12.04 \%$
 $P.E. = 0.846 \text{ gr/cm}^3$



FERNAN SANCHEZ F

100

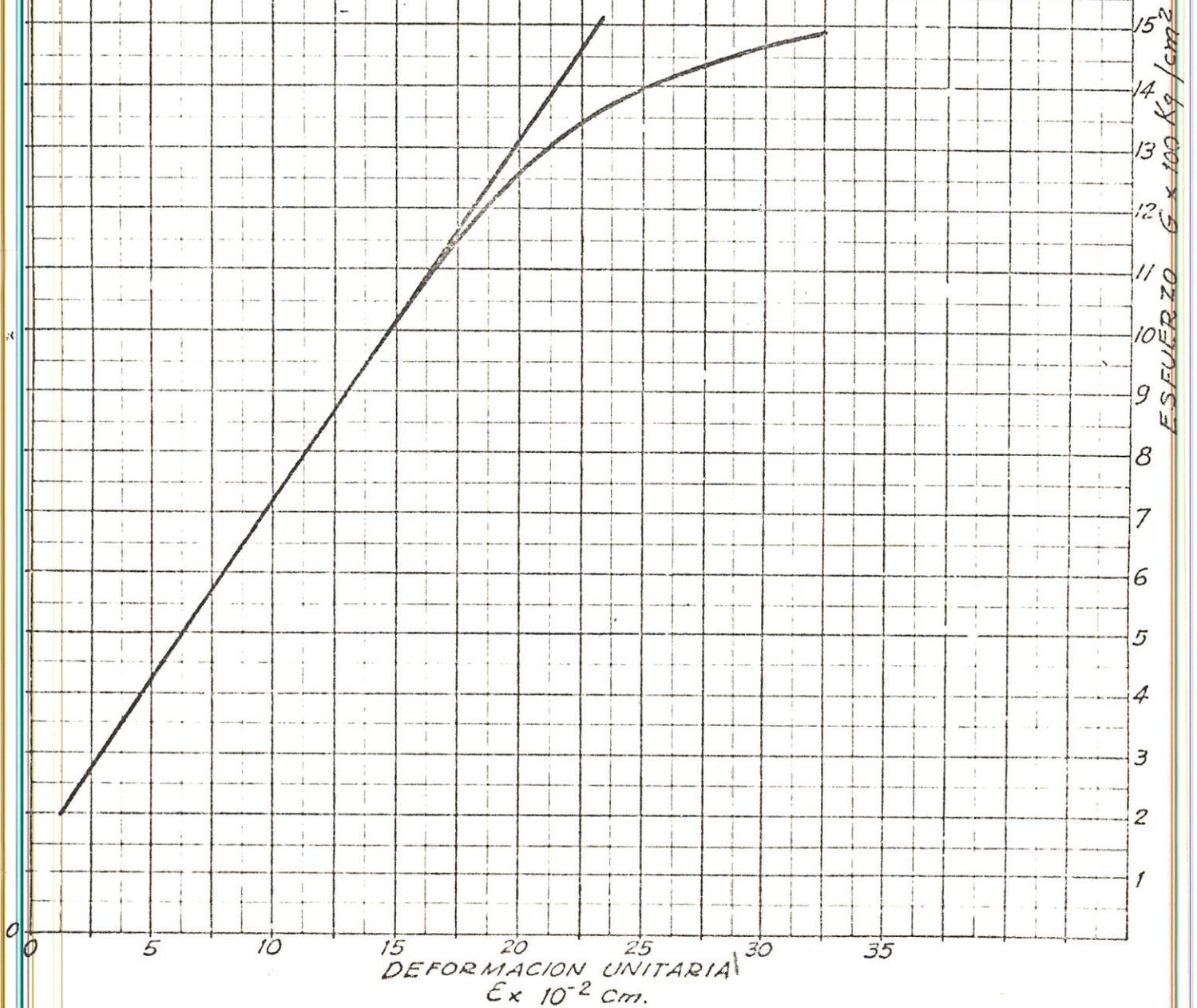
$$\sigma_r = 1500 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = 250 \text{ "}$$

$$E = 6015 \text{ "}$$

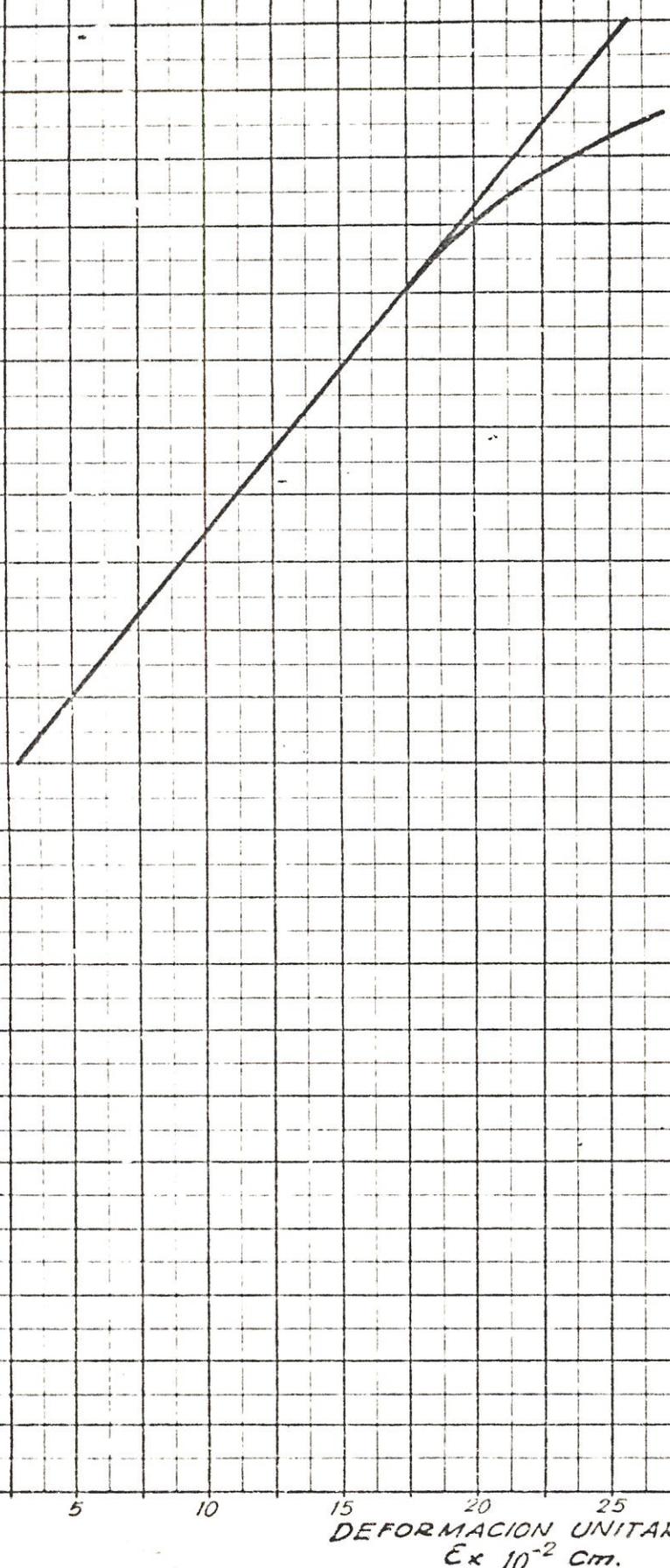
$$H = 9.74 \%$$

$$P.E. = 0.647 \text{ gr/cm}^3$$



101
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

FIGUEROA F
 $\bar{U}_r = 1020 \text{ Kg/cm}^2$
 $\bar{U}_a = 170 \text{ ''}$
 $E = 5082 \text{ ''}$
 $H = 11.60 \%$
 $P.E = 0.403 \text{ gr/cm}^3$



DEFORMACION UNITARIA
 $E \times 10^{-2} \text{ Cm.}$

ESFUERZO $G \times 100 \text{ Kg/cm}^2$

GUACHAPELI F

$$\bar{\sigma}_r = 482 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_a = 80 \text{ "}$$

$$E = 1623 \text{ "}$$

$$H = 11.27 \%$$

$$P.E = 0.720 \text{ gr/cm}^3$$

102

5

4

3

2

1

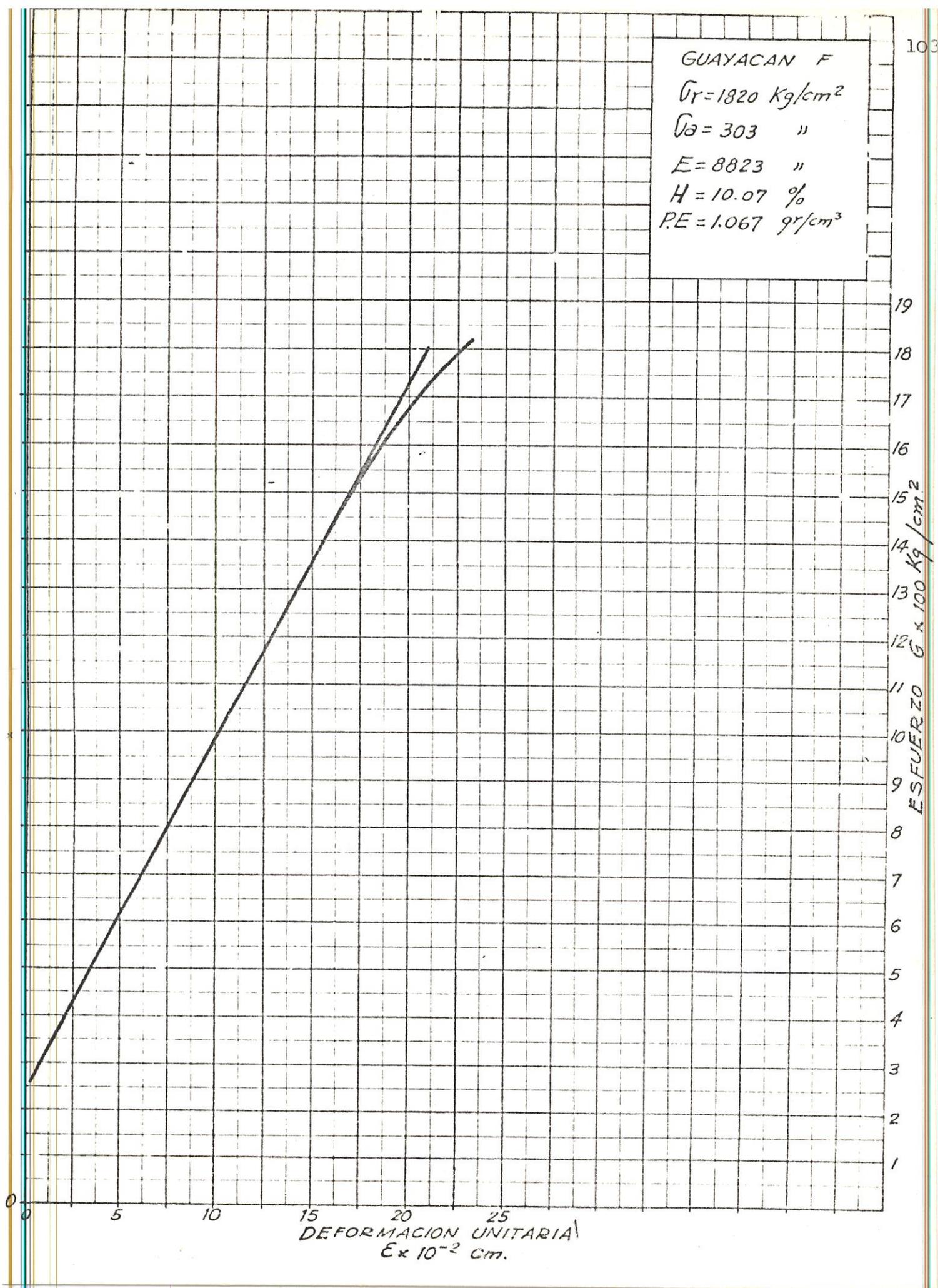
ESFUERZO $G \times 100 \text{ Kg/cm}^2$

DEFORMACION UNITARIA
 $E \times 10^{-2} \text{ cm.}$

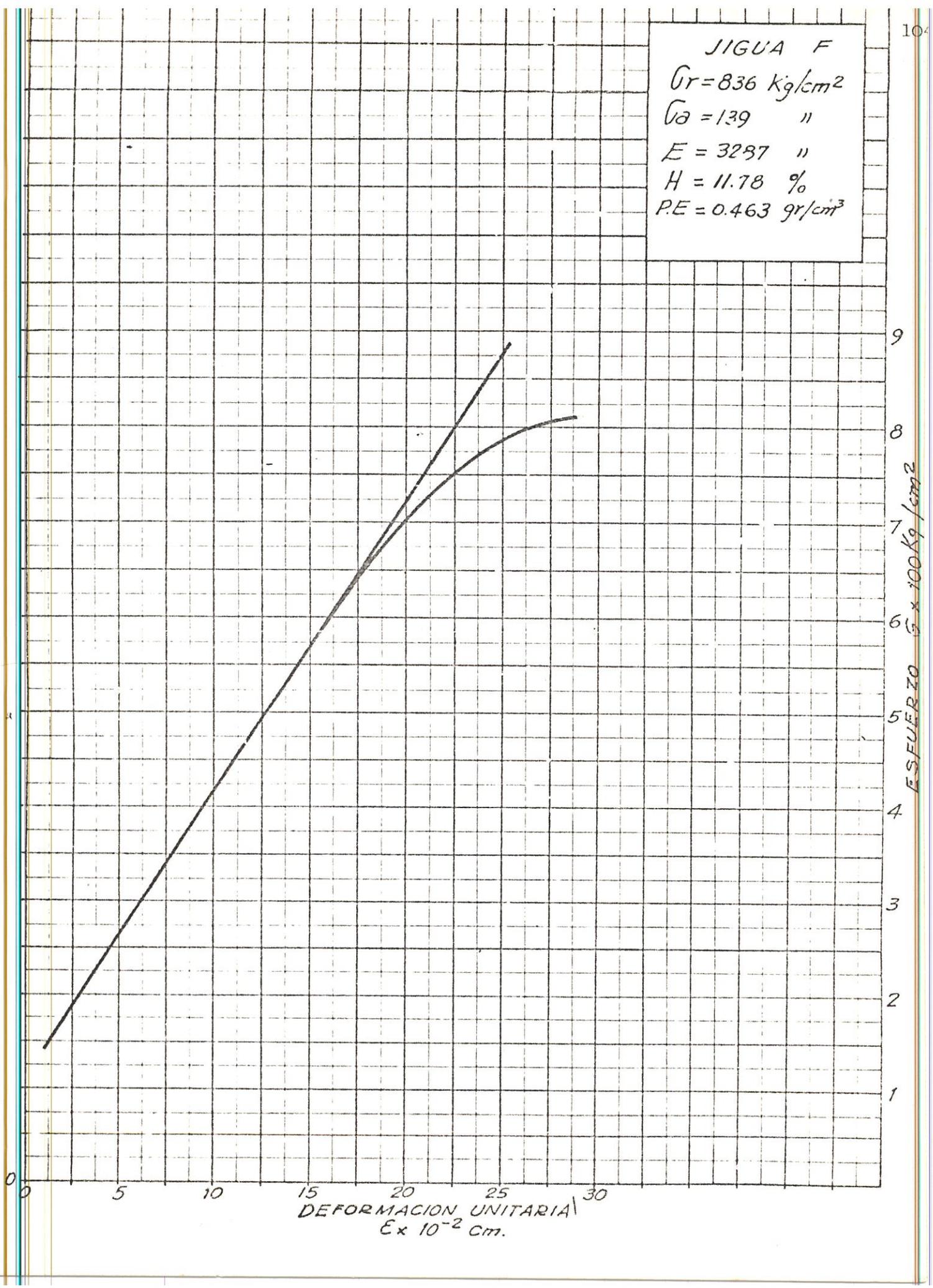
0 5 10 15 20 25 30 35 40

0

GUAYACAN F
 $\sigma_r = 1820 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_a = 303 \text{ ''}$
 $E = 8823 \text{ ''}$
 $H = 10.07 \%$
 $PE = 1.067 \text{ gr/cm}^3$



JIGUA F
 $G_r = 836 \text{ Kg/cm}^2$
 $G_a = 139 \text{ ''}$
 $E = 3287 \text{ ''}$
 $H = 11.78 \%$
 $P.E = 0.463 \text{ gr/cm}^3$



LAUREL F

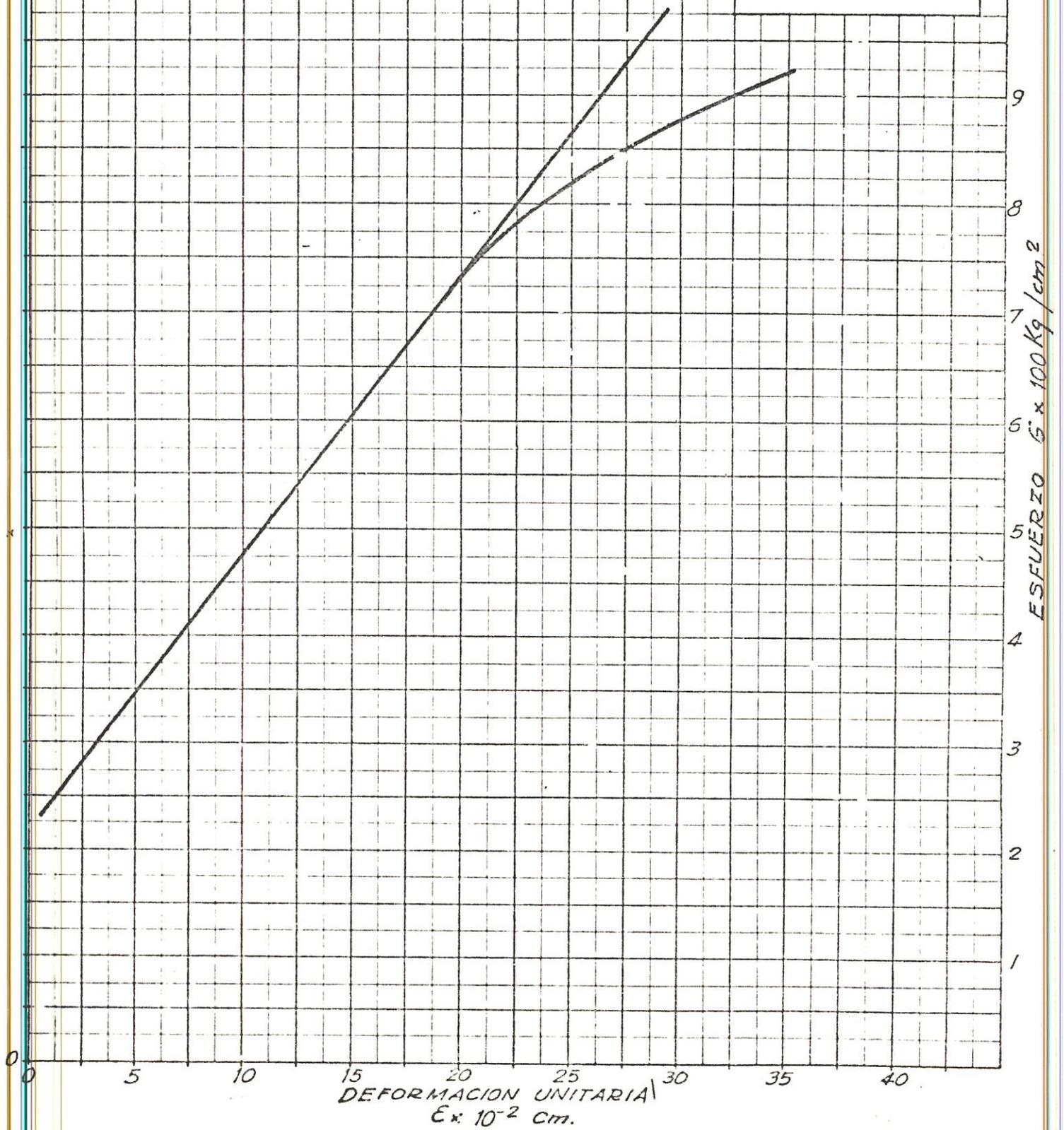
$$\bar{\sigma}_r = 928 \text{ Kg/cm}^2$$

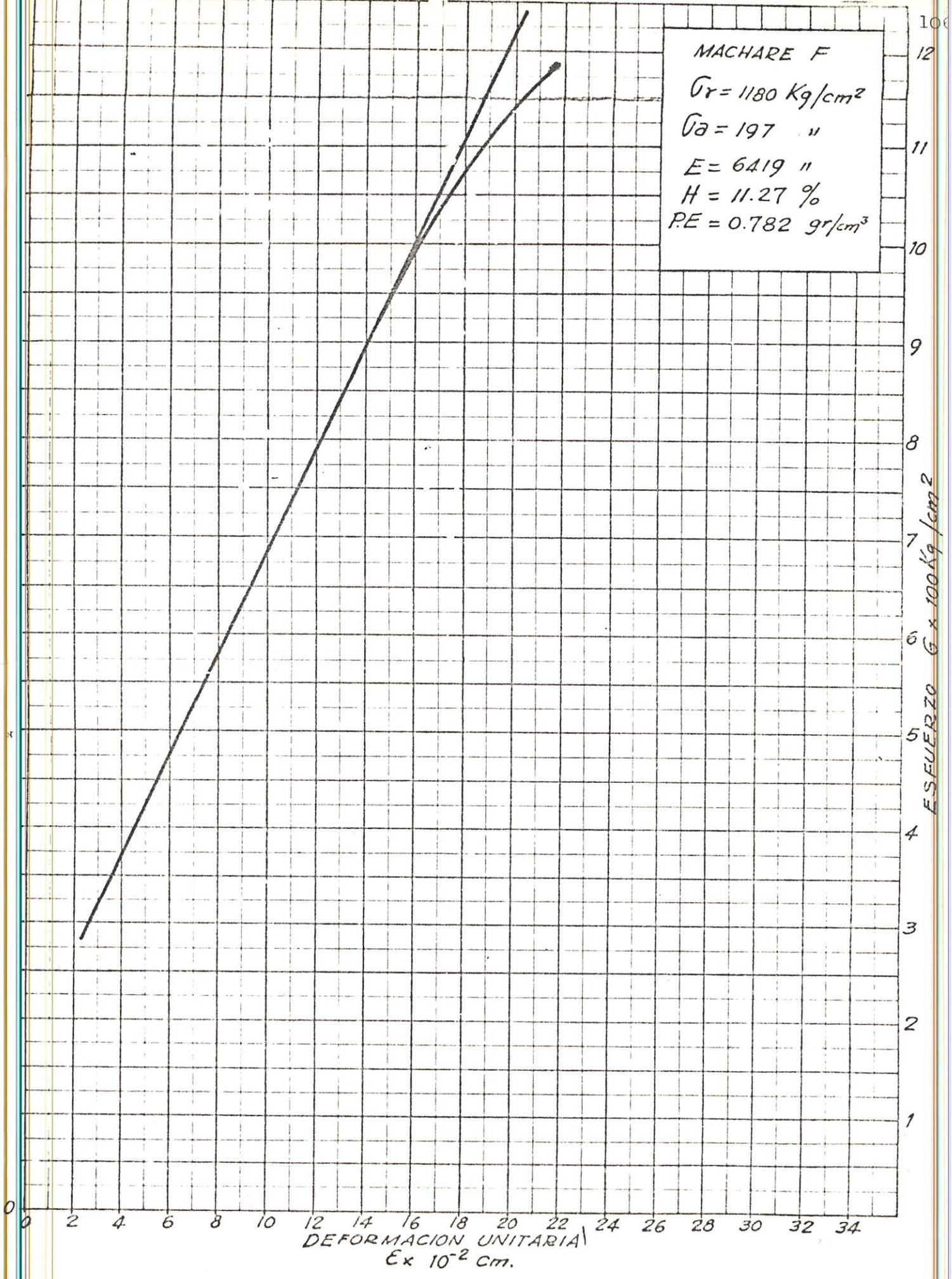
$$\bar{\sigma}_a = 155 \text{ "}$$

$$E = 4700 \text{ "}$$

$$H = 10.91 \%$$

$$P.E = 0.450 \text{ gr/cm}^3$$





MANGLE F

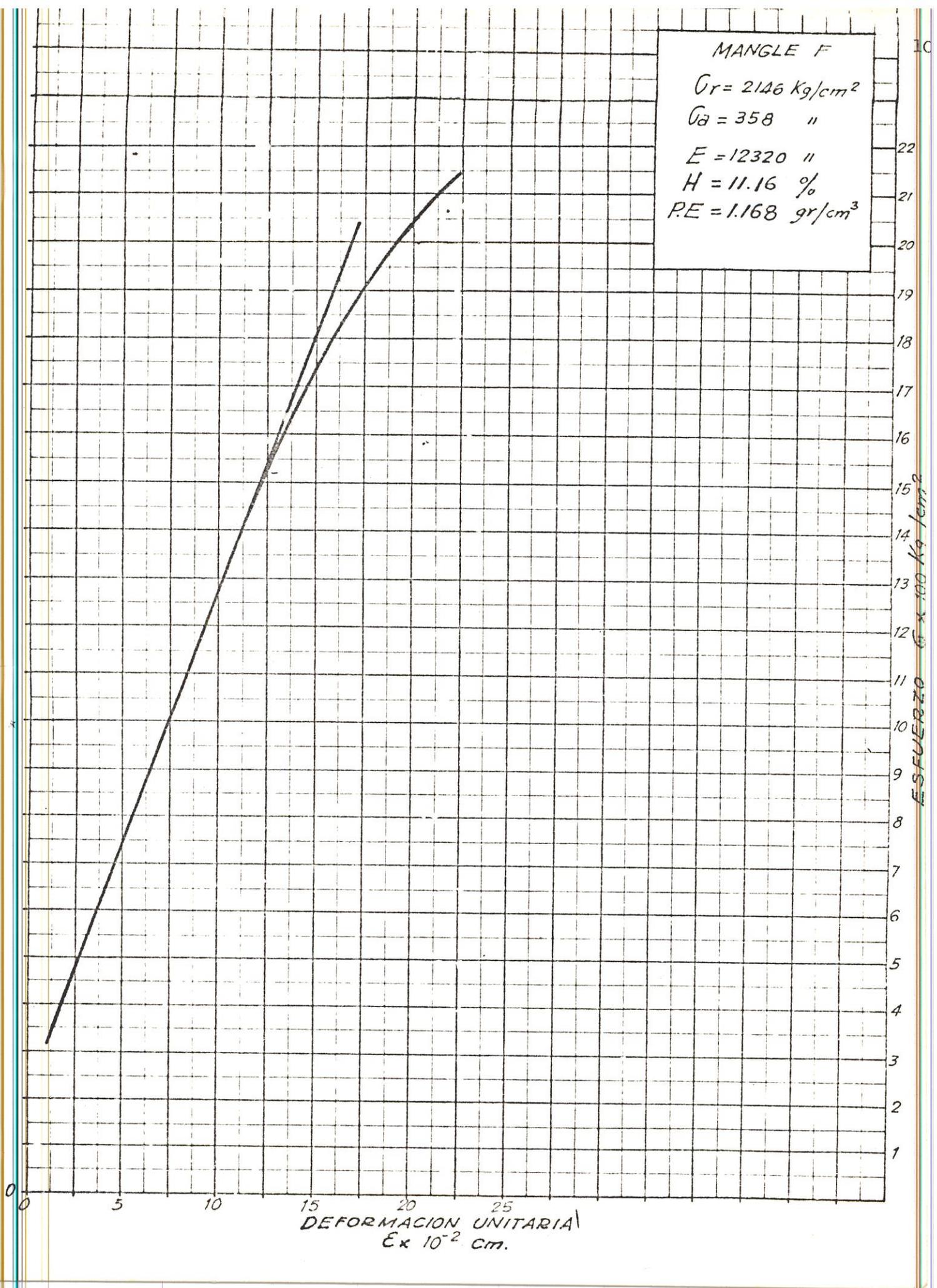
$\sigma_r = 2146 \text{ Kg/cm}^2$

$\sigma_a = 358 \text{ ''}$

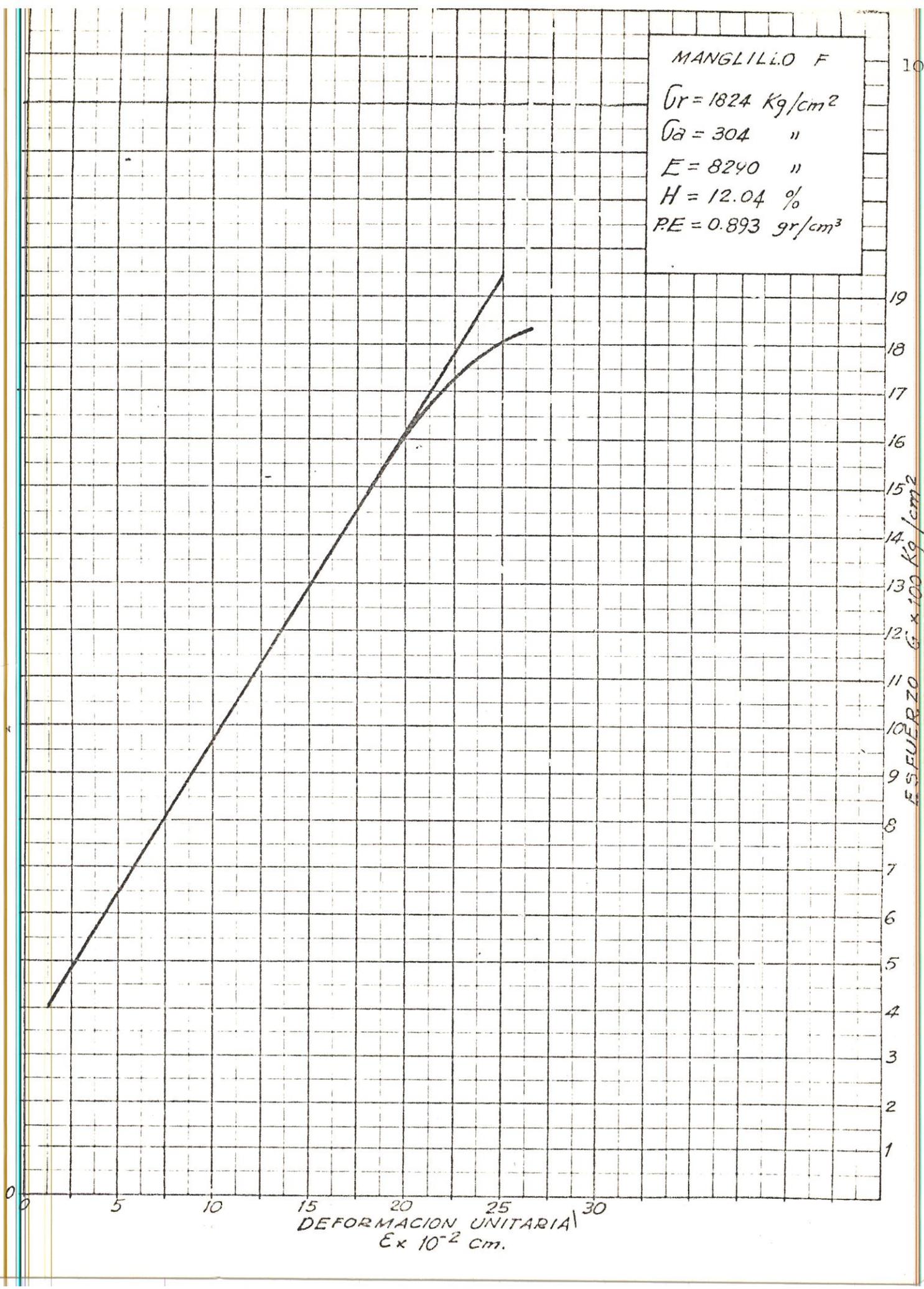
$E = 12320 \text{ ''}$

$H = 11.16 \%$

$P.E = 1.168 \text{ gr/cm}^3$

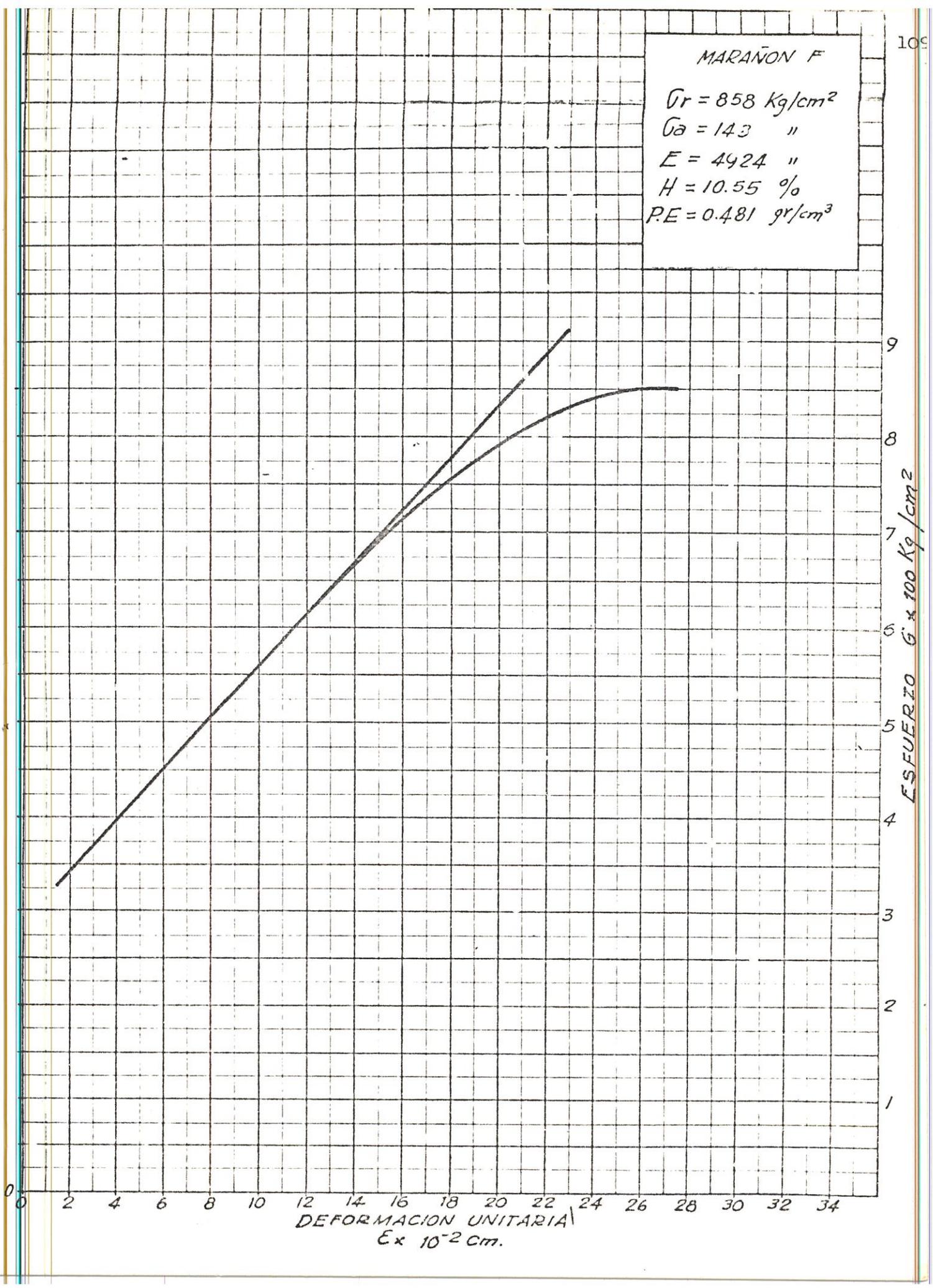


MANGLILLO F
 $\sigma_r = 1824 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_a = 304 \text{ ''}$
 $E = 8240 \text{ ''}$
 $H = 12.04 \%$
 $PE = 0.893 \text{ gr/cm}^3$



MARAÑON F

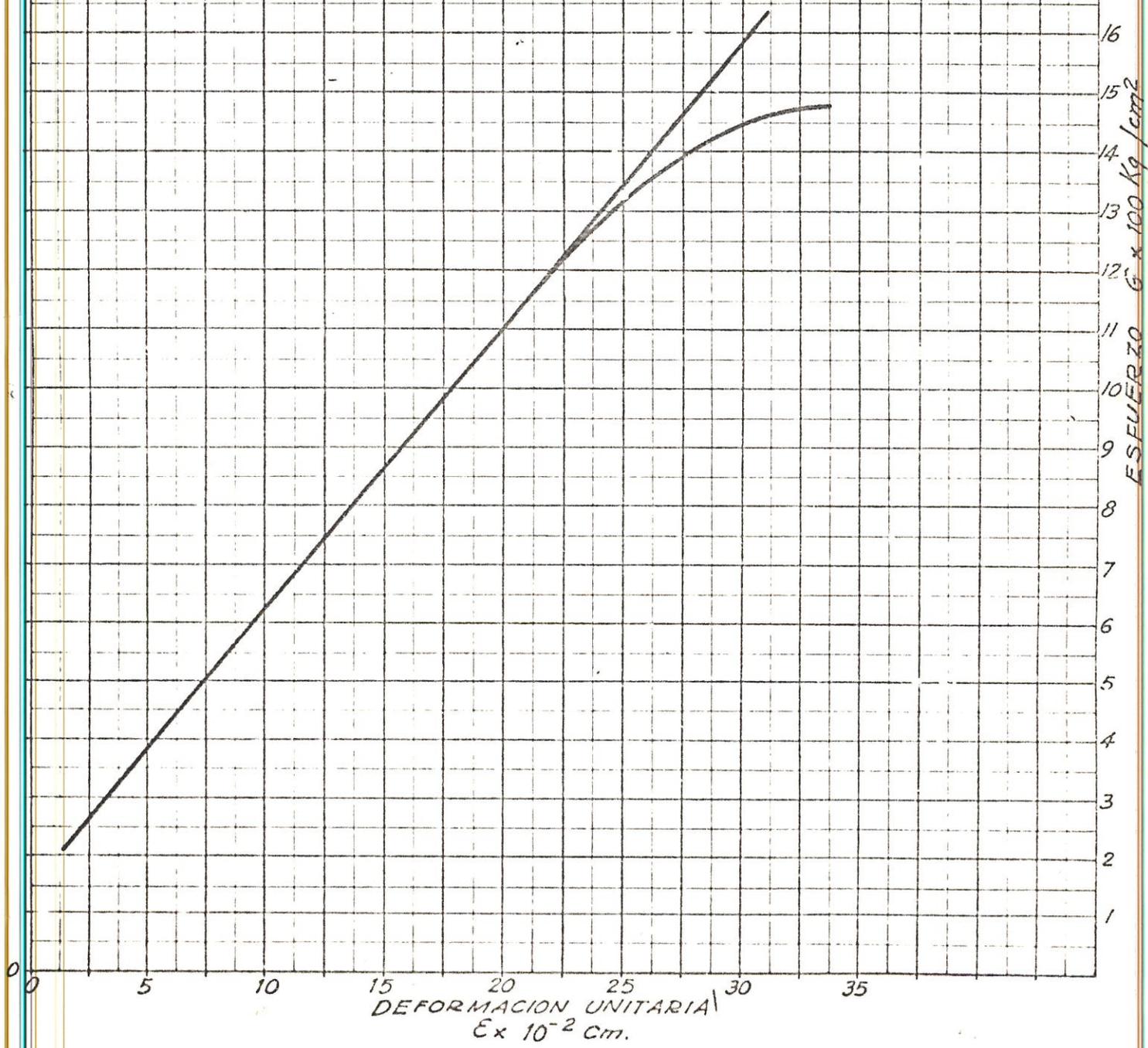
$\bar{\sigma}_r = 858 \text{ Kg/cm}^2$
 $\bar{\sigma}_a = 143 \text{ ''}$
 $E = 4924 \text{ ''}$
 $H = 10.55 \%$
 $P.E = 0.481 \text{ gr/cm}^3$



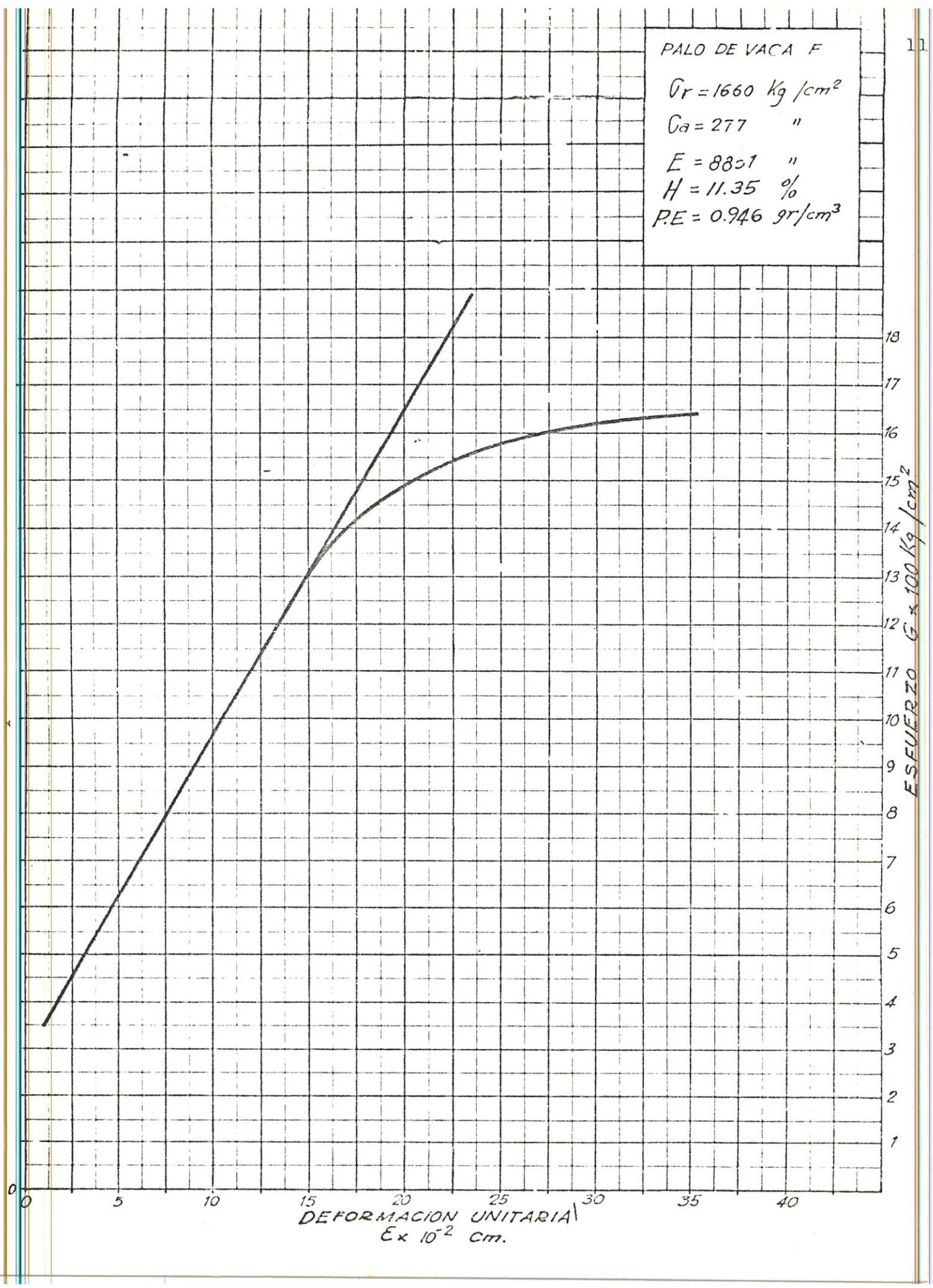
DEFORMACION UNITARIA
 $E \times 10^{-2} \text{ cm.}$

ESFUERZO $G \times 100 \text{ Kg/cm}^2$

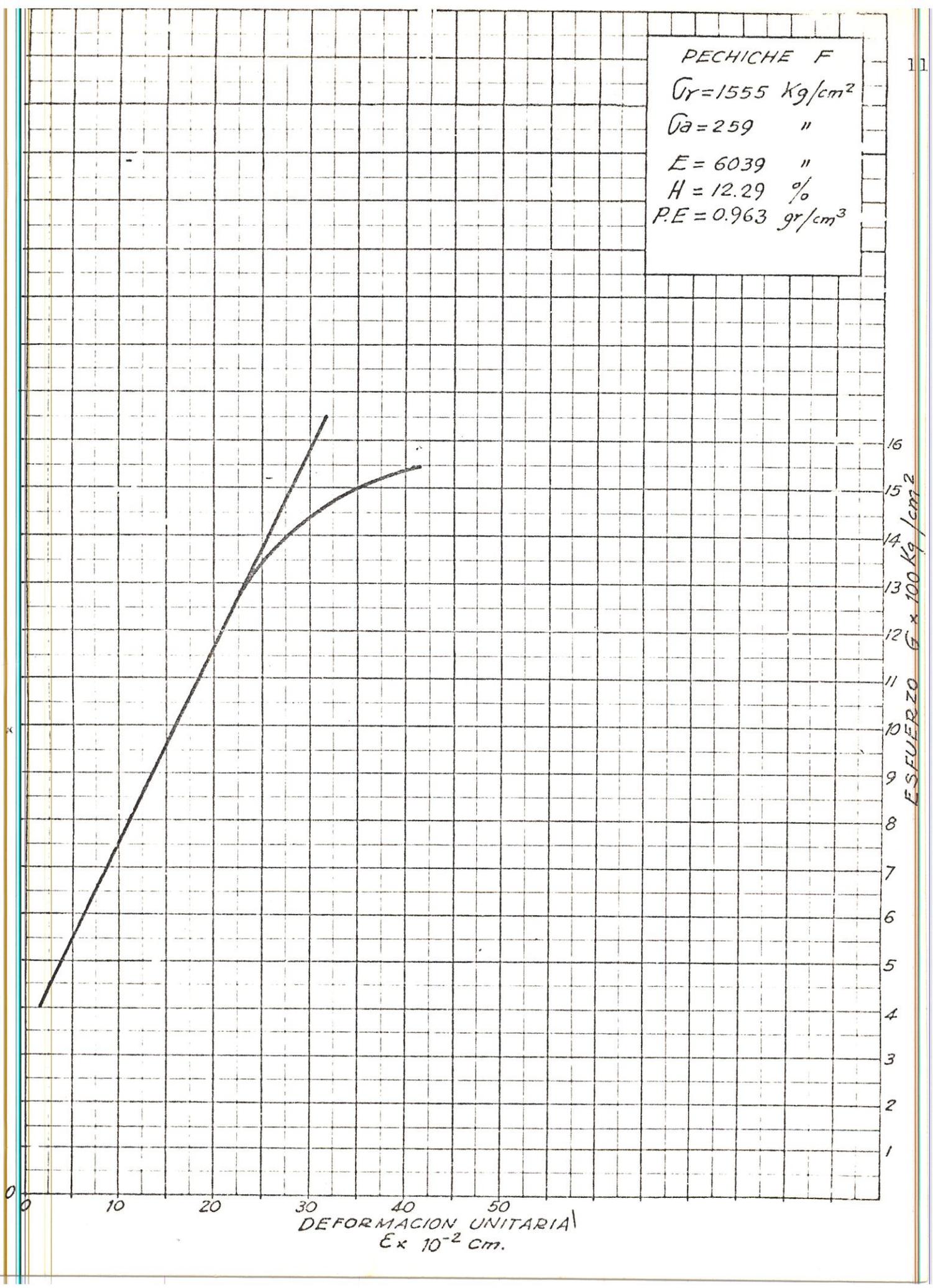
MORAL F
 $\sigma_r = 1480 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_a = 247 \text{ ''}$
 $E = 5435 \text{ ''}$
 $H = 10.30 \%$
 $P.E = 0.840 \text{ gr/cm}^3$



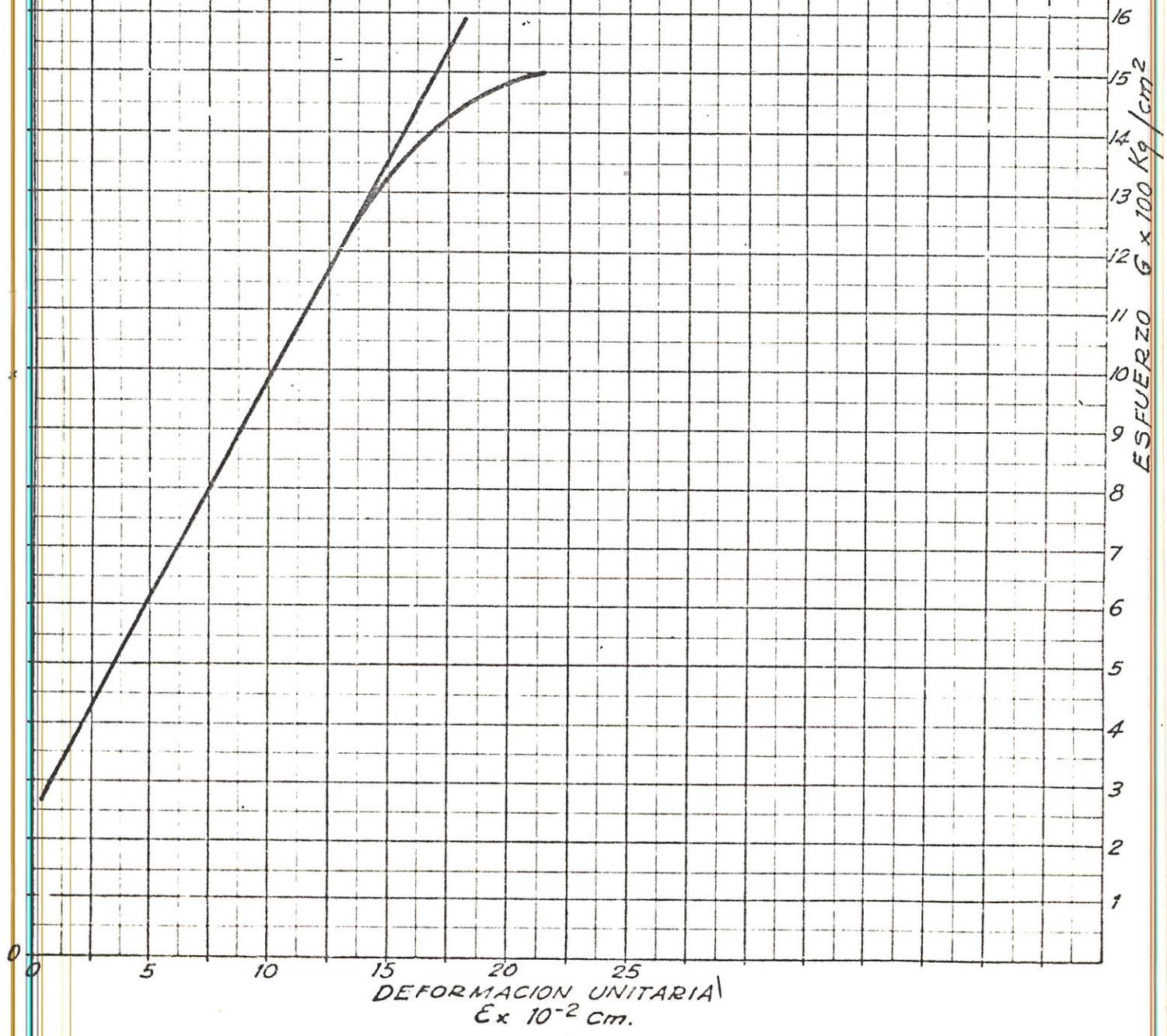
PALO DE VACA F
 $\sigma_r = 1660 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_a = 277 \text{ ''}$
 $E = 8801 \text{ ''}$
 $H = 11.35 \%$
 $P.E = 0.946 \text{ gr/cm}^3$



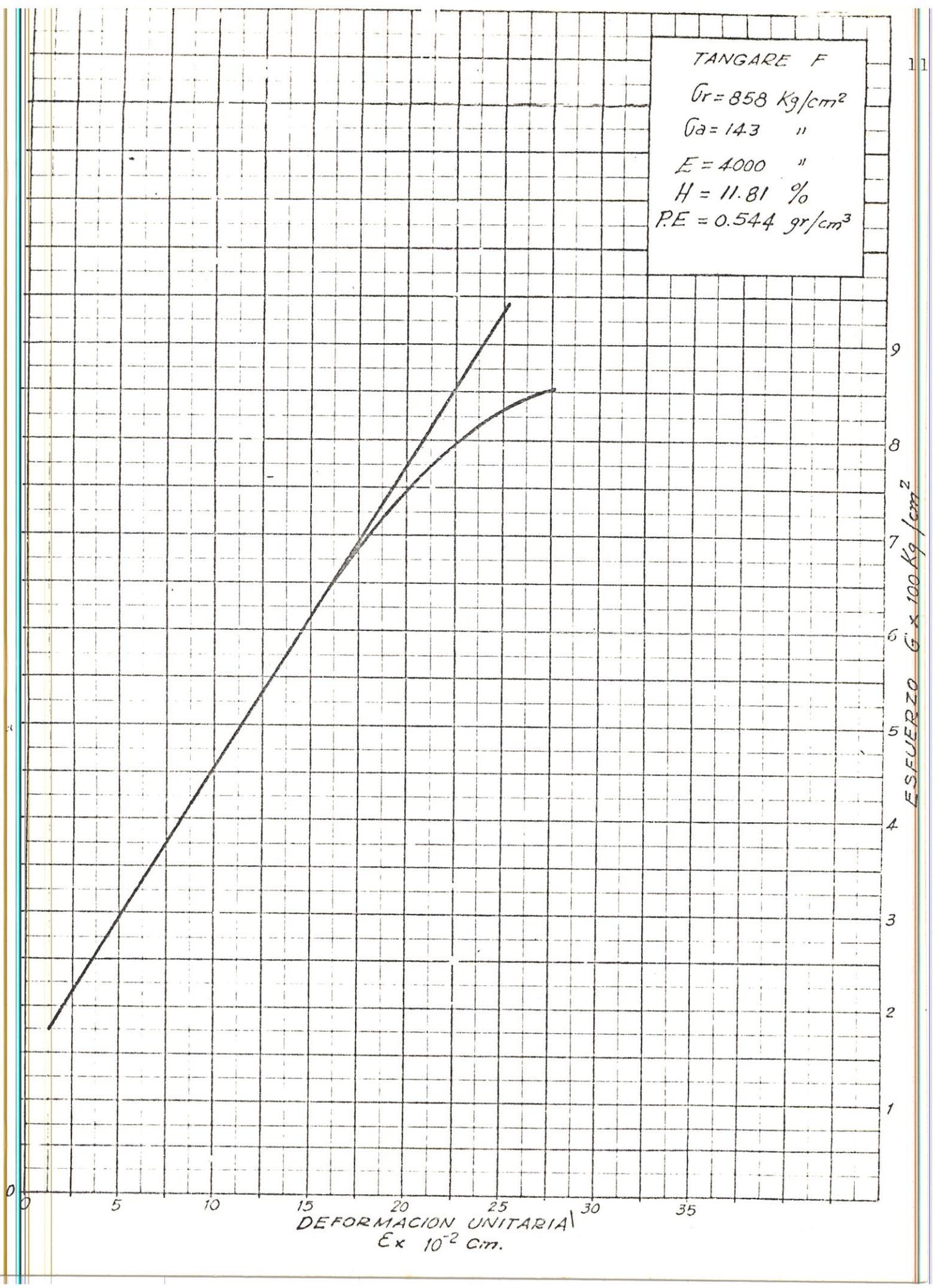
PECHICHE F
 $\sigma_r = 1555 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_a = 259 \text{ ''}$
 $E = 6039 \text{ ''}$
 $H = 12.29 \%$
 $P.E = 0.963 \text{ gr/cm}^3$



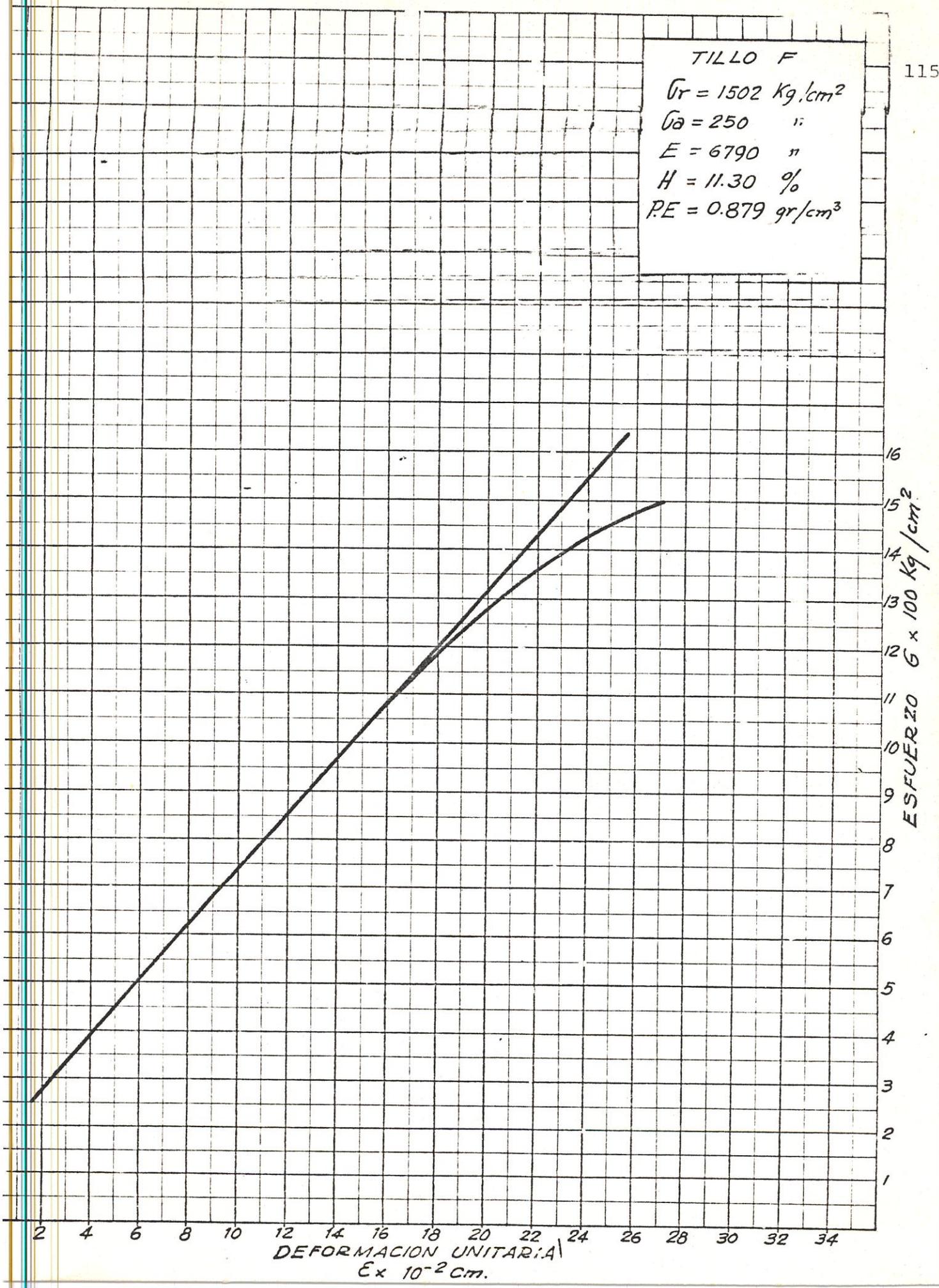
SANDALO F
 $\bar{D}_r = 1502 \text{ Kg/cm}^2$
 $\bar{D}_a = 250 \text{ ''}$
 $E = 9333 \text{ ''}$
 $H = 10.94 \text{ \%}$
 $P.E = 1.074 \text{ gr/cm}^3$



TANGARE F
 $\sigma_r = 858 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_a = 143 \text{ ''}$
 $E = 4000 \text{ ''}$
 $H = 11.81 \%$
 $P.E = 0.544 \text{ gr/cm}^3$



TILLO F
 $\sigma_r = 1502 \text{ Kg./cm}^2$
 $\sigma_a = 250 \text{ "}$
 $E = 6790 \text{ "}$
 $H = 11.30 \text{ \%}$
 $P.E = 0.879 \text{ gr/cm}^3$



UVA F

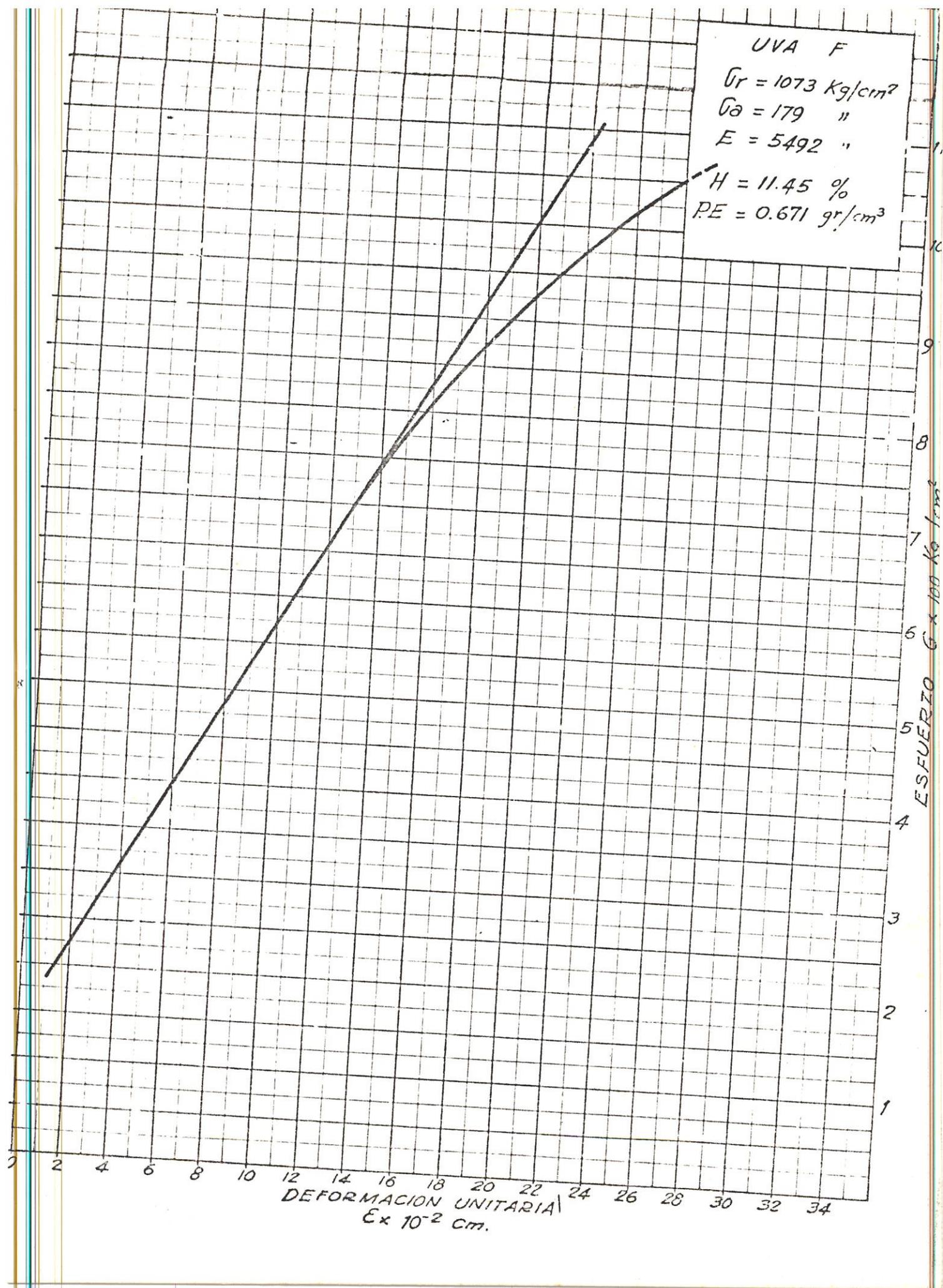
$\bar{\sigma}_r = 1073 \text{ Kg/cm}^2$

$\bar{\sigma}_a = 179 \text{ ''}$

$E = 5492 \text{ ''}$

$H = 11.45 \%$

$PE = 0.671 \text{ gr/cm}^3$



DEFORMACION UNITARIA
Ex 10⁻² cm.

ESFUERZO G x 100 Kg/cm²

h).- COMPRESION.-

El ensayo de compresión en las maderas es uno de los más comunes y puede realizarse según la dirección de las fibras o en forma transversal, siendo el primero el más importante debido a que de él se obtienen resultados más uniformes y exactos, a la vez que concordantes con el empleo práctico de las mismas, le siguen en importancia el radial y el tangencial, que son rara vez solicitados.

i) - Módulo de elasticidad .-

El módulo de elasticidad por compresión se puede determinar aplicando directamente los valores obtenidos en el gráfico de ensayo, mediante la expresión ya conocida

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Para determinar resultados más rigurosos, se usan elasticímetros o compresómetros, que permiten conocer hasta

el 0.01 mm las deformaciones que experimenta el material para cualquier valor de carga . En estos casos pueden utilizarse las probetas A.S.T.M. o las D.I.N. de 20 a 50 mm de lado de la base con altura de 3 a 6 veces su valor que por ser de mayores longitudes permiten un mejor empleo del instrumento de medida, el que suele presentarse de igual forma que los utilizados en tracción de metales.

Las deformaciones se toman en elasticímetros para cargas axiales crecientes y continuas de 200 a 500 Kg, con las que es posible construir el gráfico de ensayo mediante el cual se obtiene el período de proporcionalidad, que para el cálculo del módulo se supone prácticamente igual al elástico.

Las lecturas se efectúan a partir de aproximadamente 400 Kg, para permitir un ajuste perfecto del aparato de medida y eliminar posibles errores en las primeras determinaciones.

PAGE 1

// JOB T

LOG DRIVE CART SPEC CART AVAIL PHY DRIVE
 0000 000B 000B 0000

V> M10 ACTUAL 8K CONFIG 8K

// FOR

*ONE WORD INTEGERS

*EXTENDED PRECISION

*IOCS(CARD, 1132 PRINTER)

*LIST SOURCE PROGRAM

C MARCO VELARDE TOSCANO ING. Y ARQ. NAVAL

C PROPIEDADES MECANICAS DE MADERAS ECUATORIANAS

C PRUEBAS DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA

C P EN KILOGRAMOS, DEFORMACION TOTAL EN MILIMETROS, DEFORMACION UNITARIA EN

C MILIMETROS, ESFUERZO EN KILOGRAMOS/CENTIMETRO CUADRADO

C CALCULO DE DEFORMACION UNITARIA Y ESFUERZOS

C DIMENSIONES DE LAS PROBETAS 2.0X2.0X2.0 CENTIMETROS

80 READ(2,10)NM,IFIN

10 FORMAT(I10,I80,I1)

IF(IFIN)100,15,100

15 WRITE(3,20)NM

20 FORMAT(40X,'MUESTRA NO. ',I5)

WRITE(3,30)

30 FORMAT(1H0,3X,'NO',7X,'CARGA',14X,'DEFORMACION TOTAL',4X,

1'DEFORMACION UNITARIA',6X,'ESFUERZO',6X)

READ(2,70)N

70 FORMAT(I2)

DO 60 J=1,N

READ(2,40)P,DT

40 FORMAT(2F10,3)

H=20.

DU=DT/H

A=4.0

ESF=P/A

WRITE(3,50)J,P,DT,DU,ESF

50 FORMAT(1H,15,5X,F10,2,10X,F10,2,10X,F10,2,10X,F10,0)

60 CONTINUE

GO TO 80

100 CALL EXIT

END

FEATURES SUPPORTED

ONE WORD INTEGERS

EXTENDED PRECISION

IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR

COMMON 0 VARIABLES 22 PROGRAM 190

END OF COMPILATION

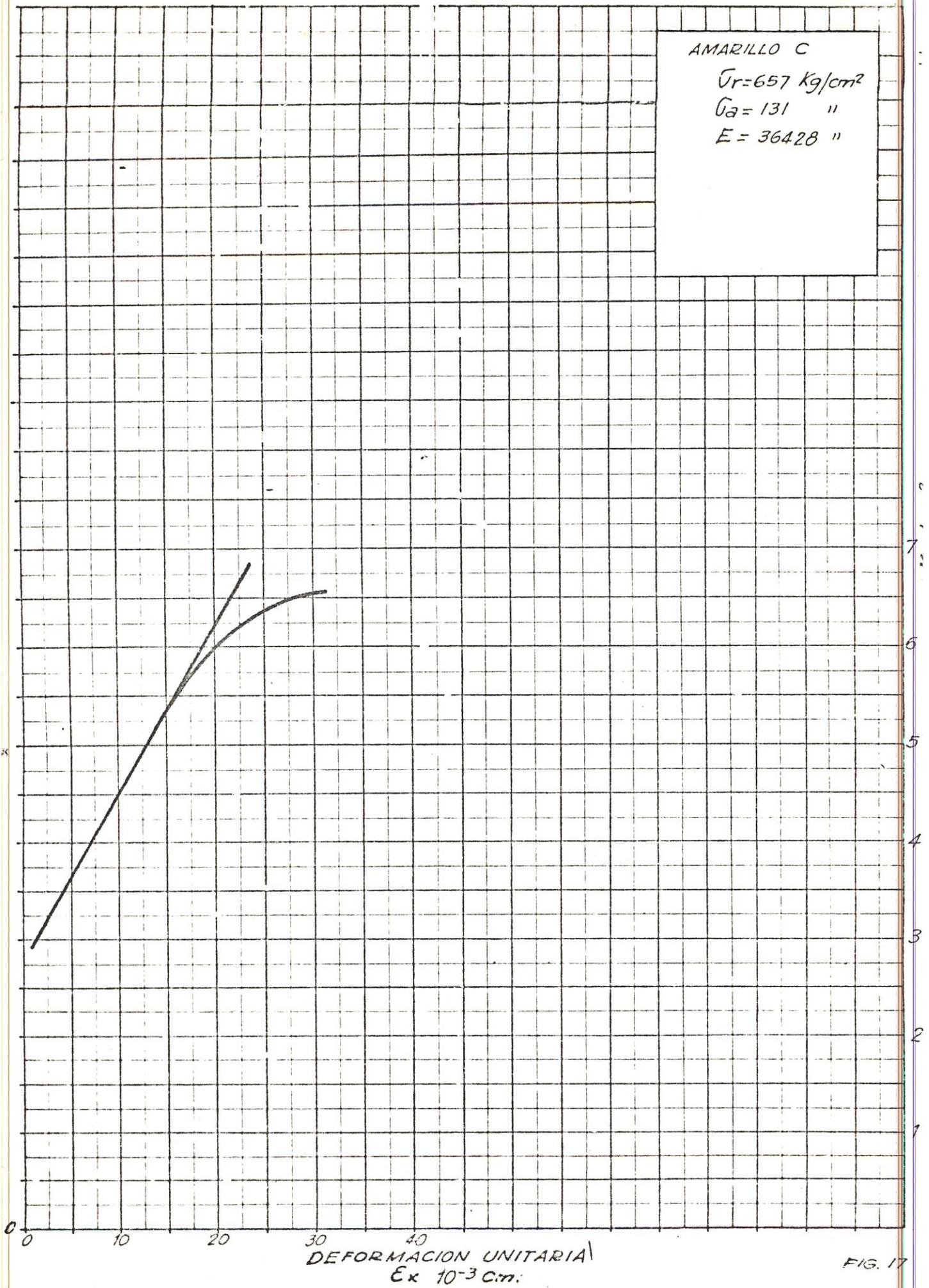
// XEQ

AMARILLO C

$\bar{\sigma}_r = 657 \text{ Kg/cm}^2$

$\bar{\sigma}_a = 131 \text{ ''}$

$E = 36428 \text{ ''}$



DEFORMACION UNITARIA
E x 10⁻³ cm.

FIG. 17

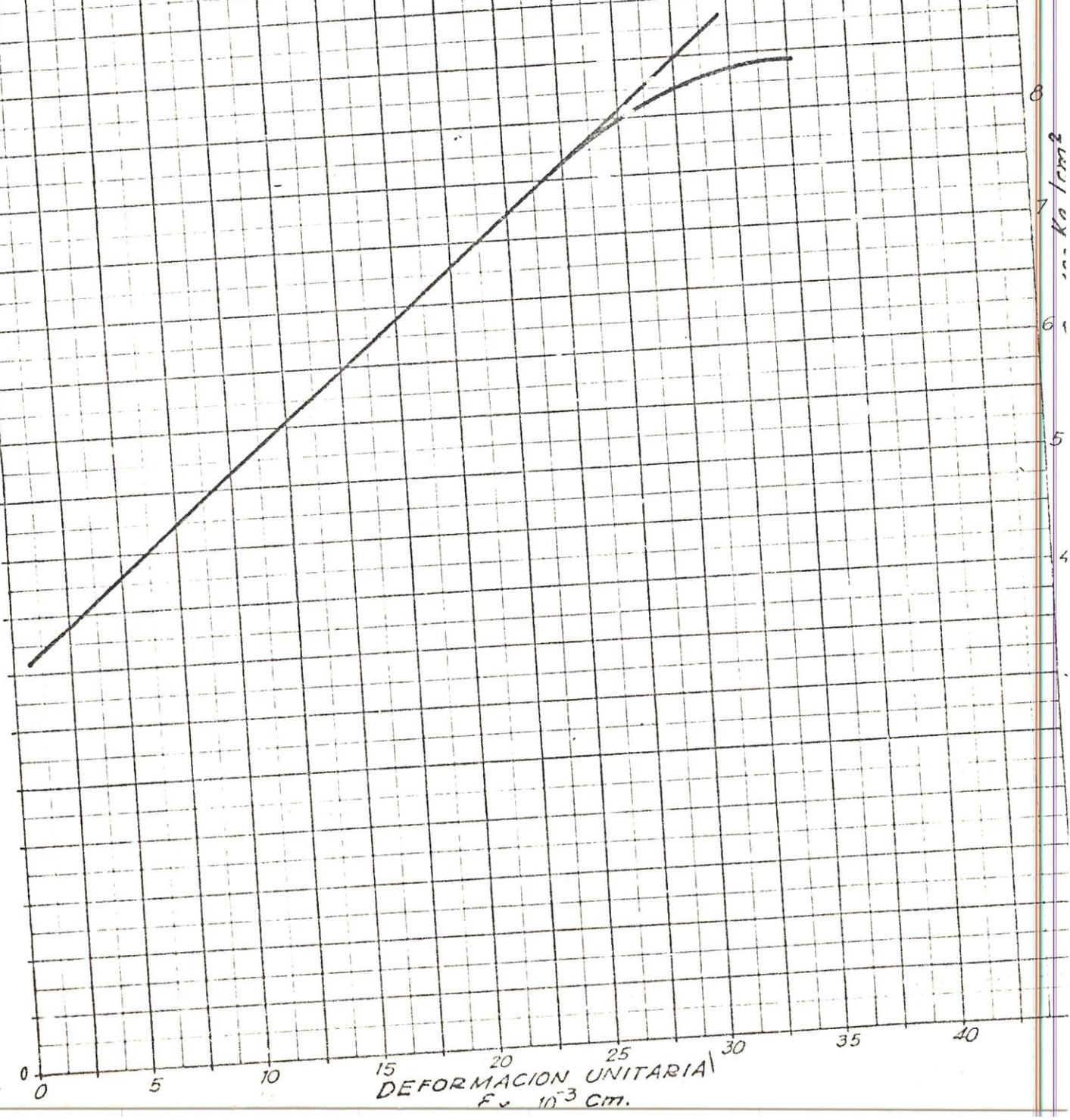
AMARILLO LAGARTO C

$$\bar{\sigma}_r = 845 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_a = 169 \text{ "}$$

$$E = 21645 \text{ "}$$

121

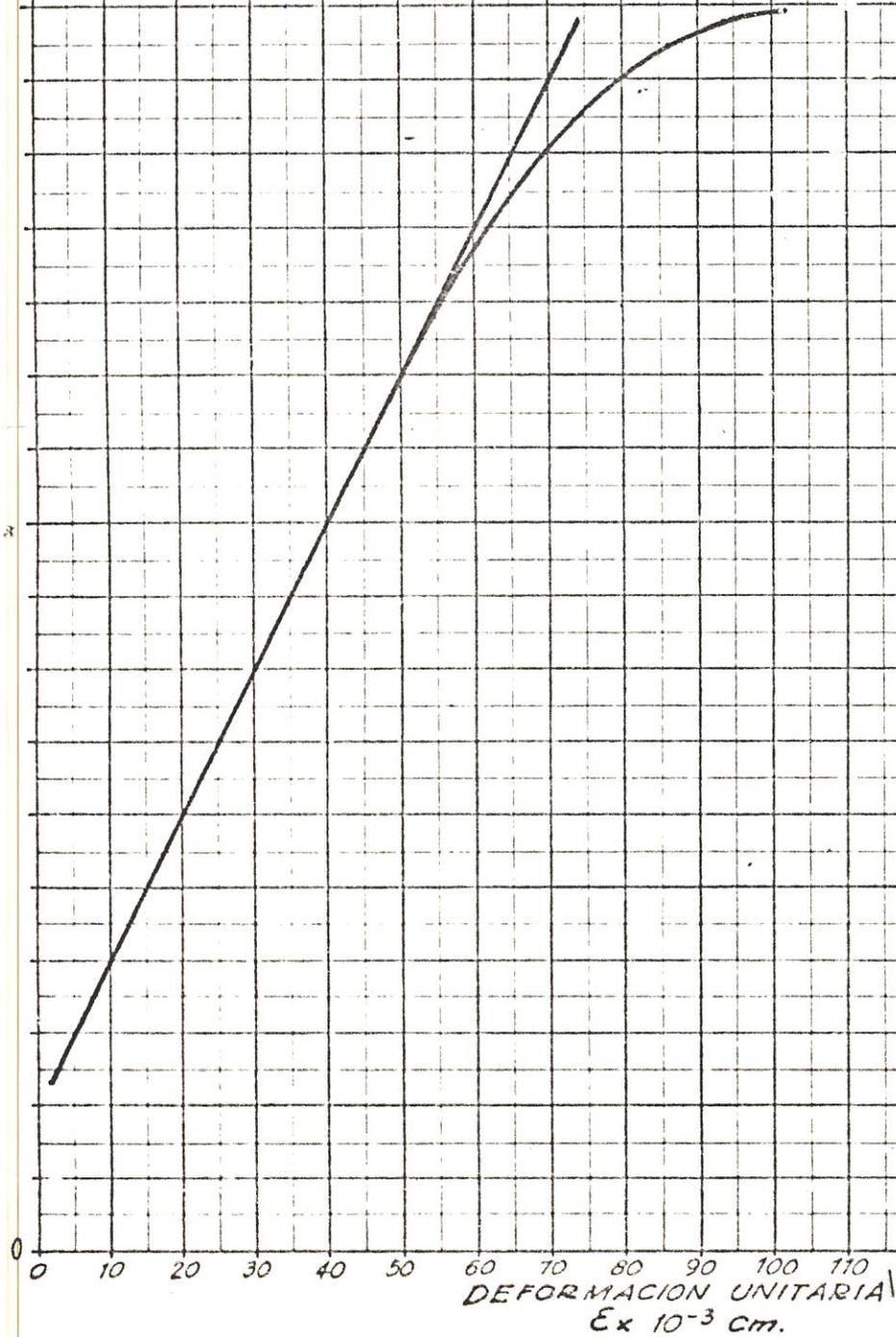


BANTANO C

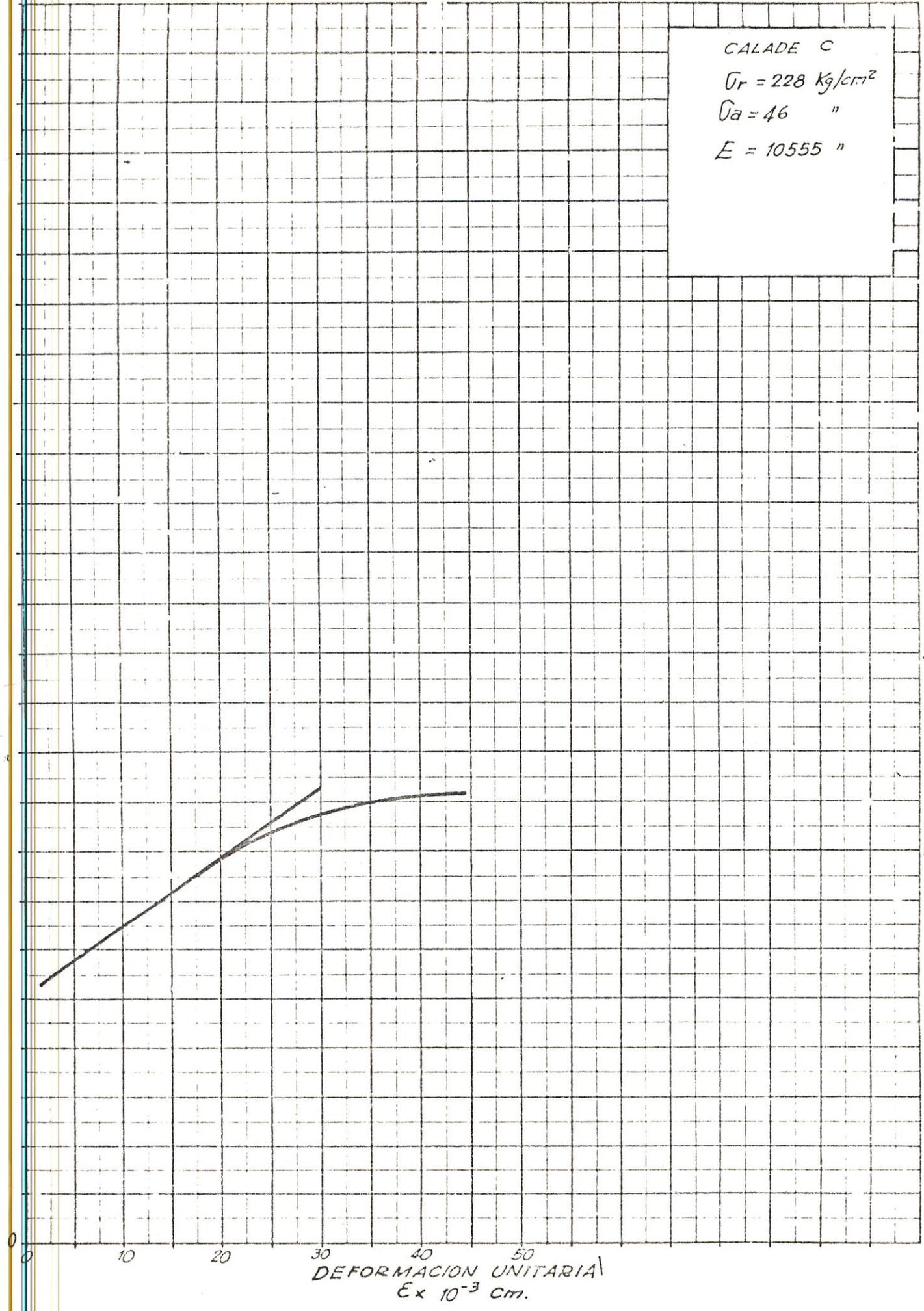
$$\sigma_r = 425 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = 95 \text{ "}$$

$$E = 5961 \text{ "}$$



CALADE C
 $\sigma_r = 228 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_a = 46 \text{ ''}$
 $E = 10555 \text{ ''}$

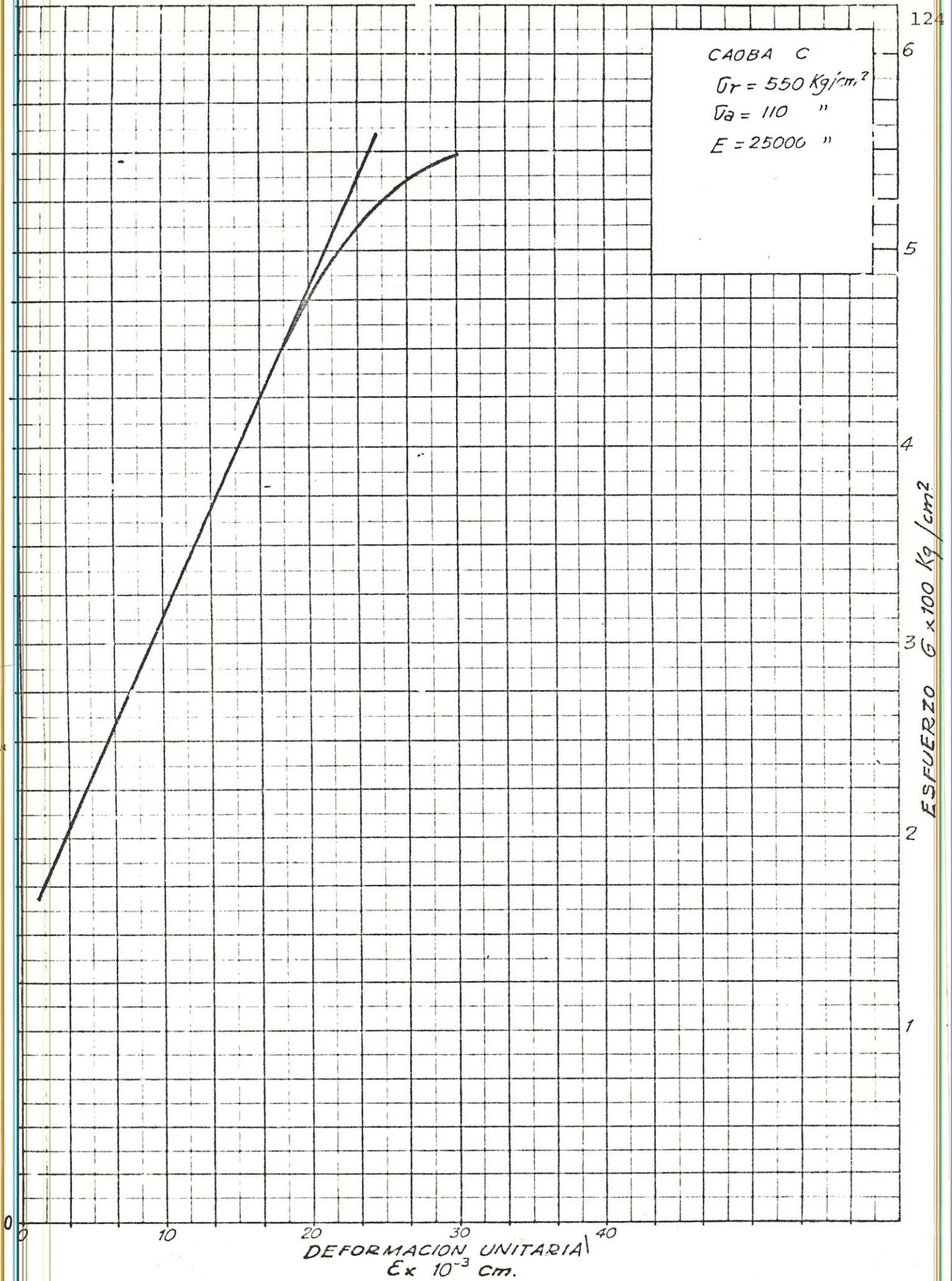


CAOBA C

$$\bar{\sigma}_r = 550 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_a = 110 \text{ "}$$

$$E = 25000 \text{ "}$$

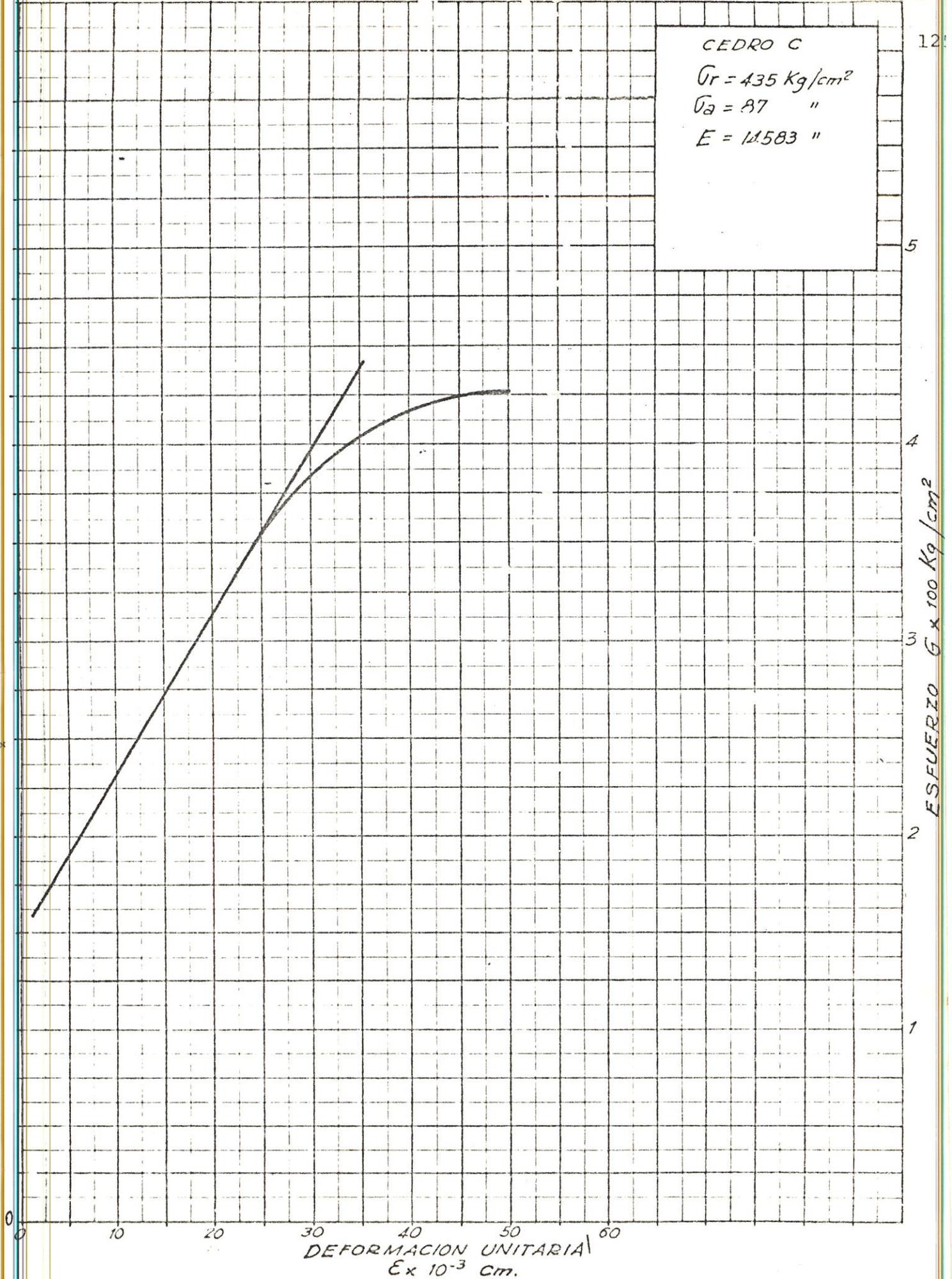


CEDRO C

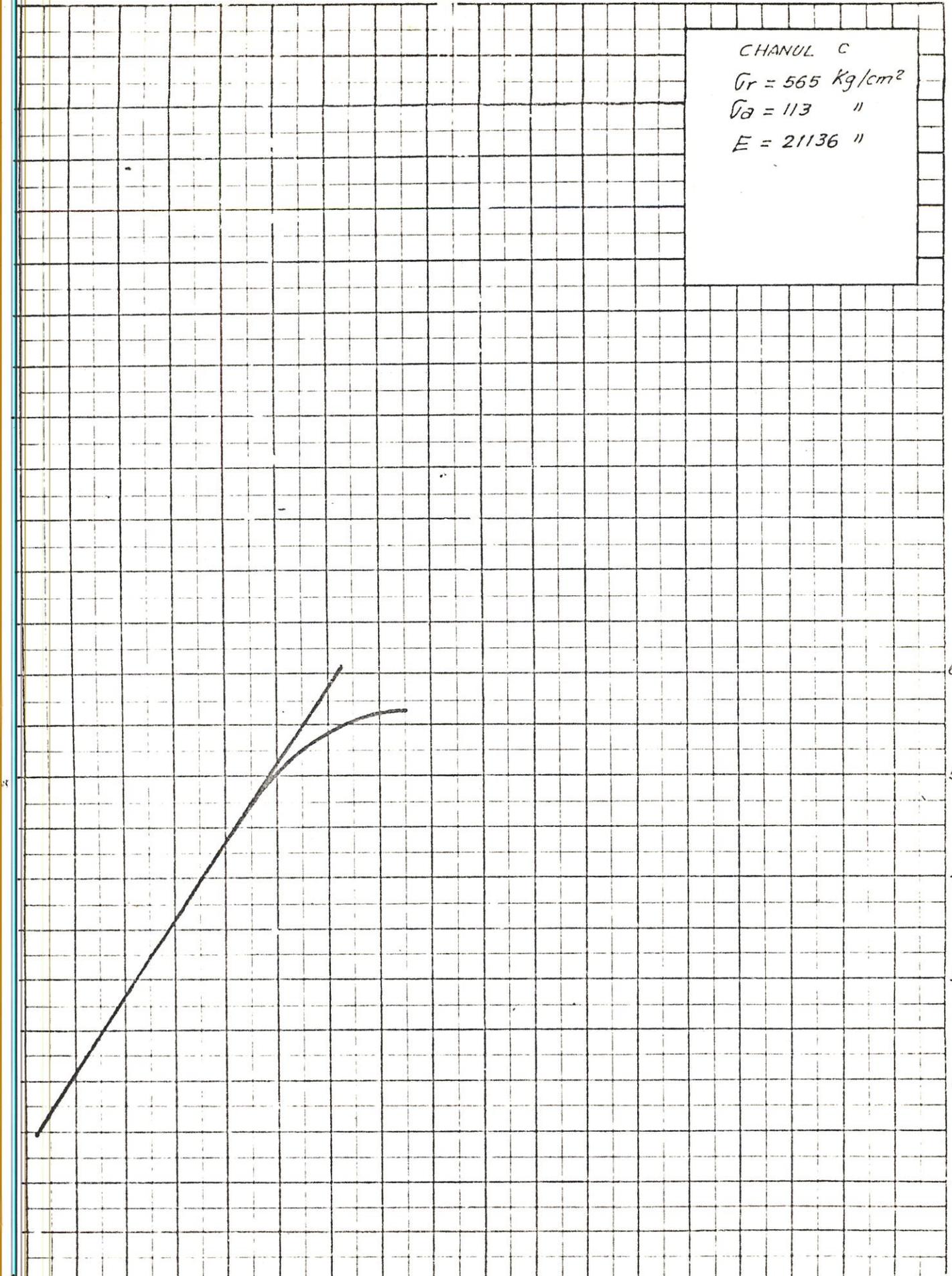
$$\bar{\sigma}_r = 435 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_a = 87 \text{ "}$$

$$E = 11583 \text{ "}$$



CHANUL C
 $\sigma_r = 565 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_a = 113 \text{ ''}$
 $E = 21136 \text{ ''}$



DEFORMACION UNITARIA
 $E \times 10^{-3} \text{ cm.}$

ESFUERZO $G \times 100 \text{ Kg/cm}^2$

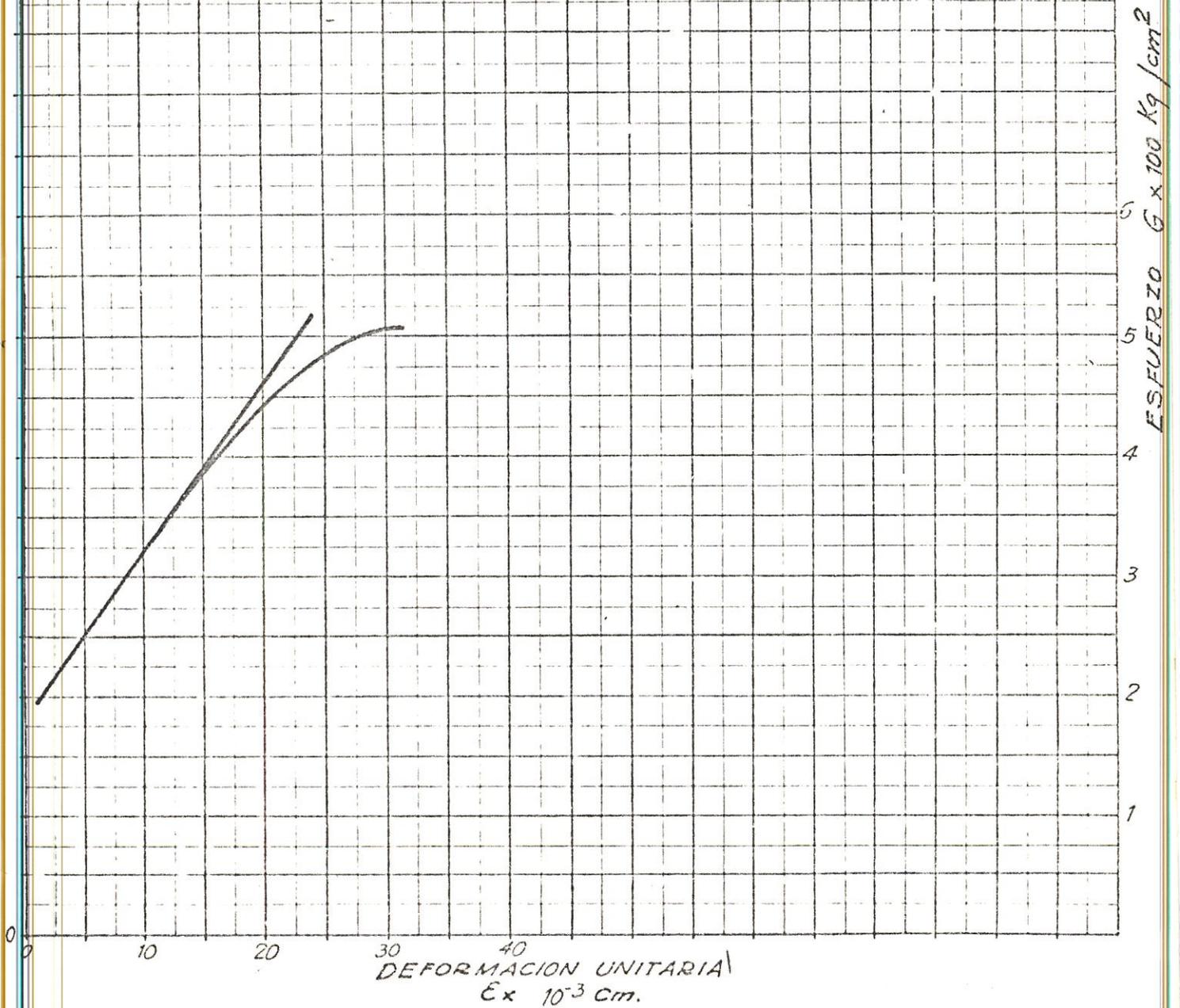
CHALVIANDE C

$$\bar{\sigma}_r = 512 \text{ Kg/cm}^2$$

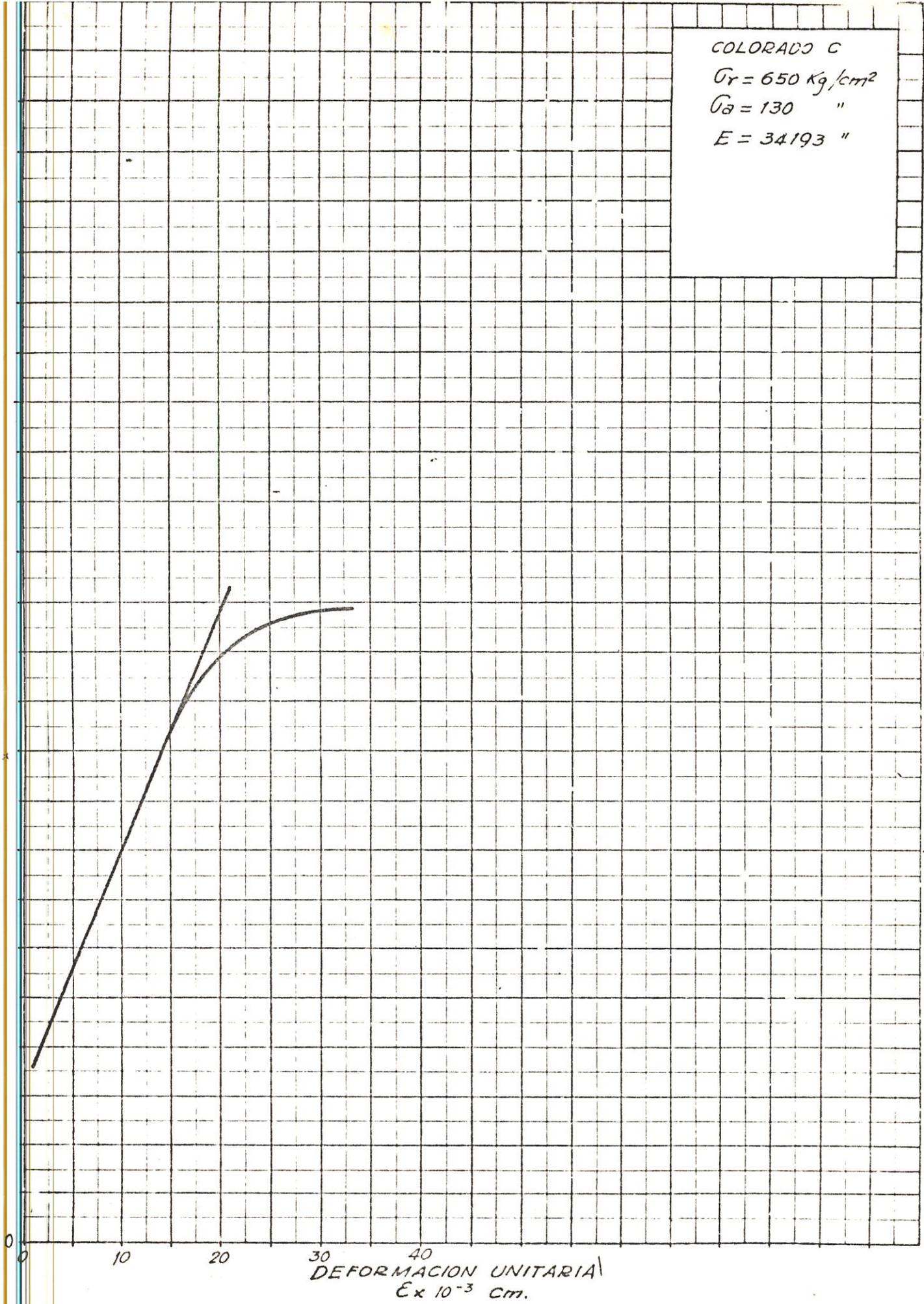
$$\bar{\sigma}_a = 102 \text{ "}$$

$$E = 28400 \text{ "}$$

12



COLORADO C
 $\sigma_r = 650 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_a = 130 \text{ "}$
 $E = 34193 \text{ "}$



DEFORMACION UNITARIA
 $E \times 10^{-3} \text{ cm.}$

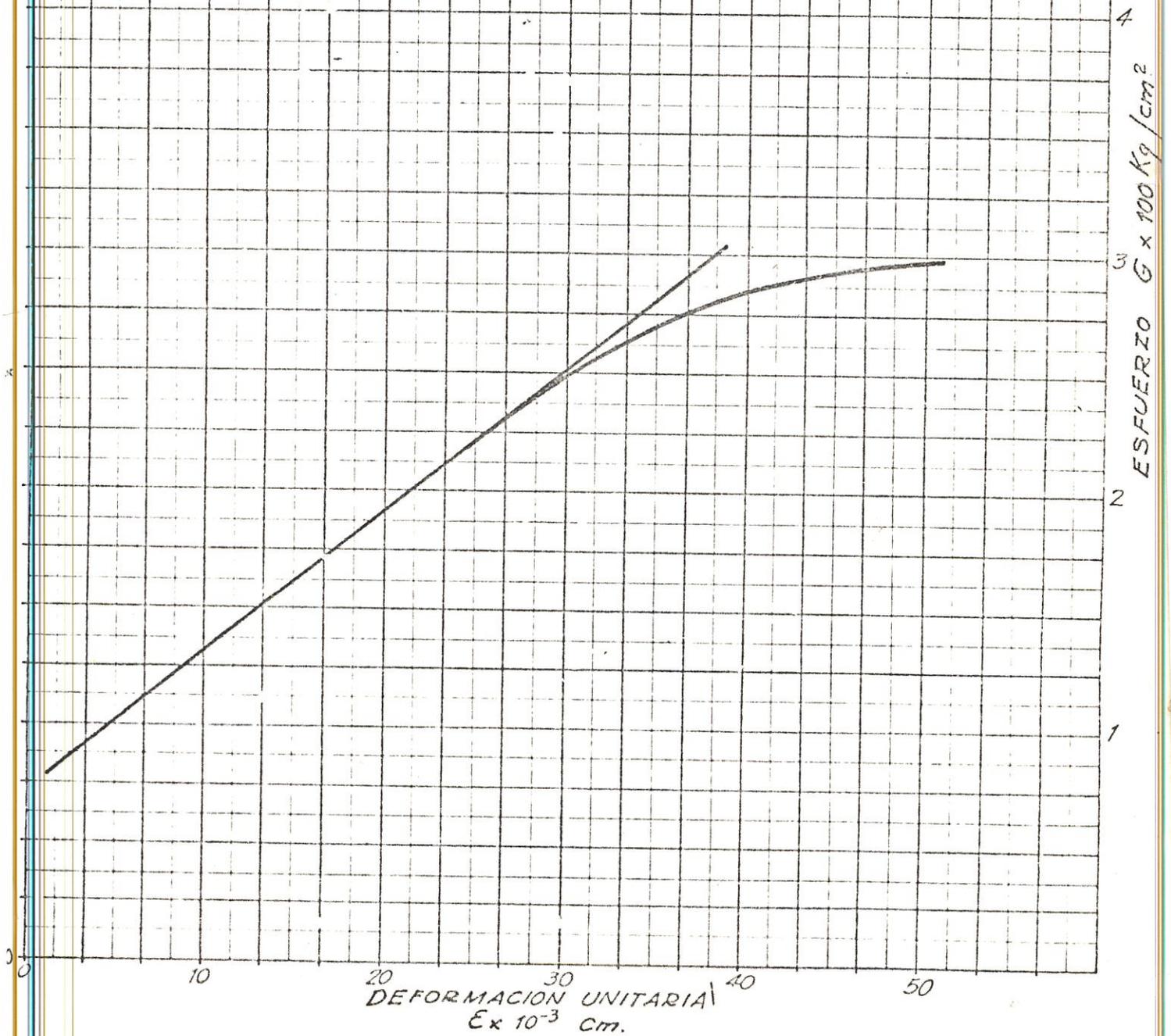
ESFUERZO $G \times 100 \text{ Kg/cm}^2$

CUANGARE C

$$\bar{\nu}_r = 300 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\nu}_a = 60 \text{ "}$$

$$E = 8704 \text{ "}$$

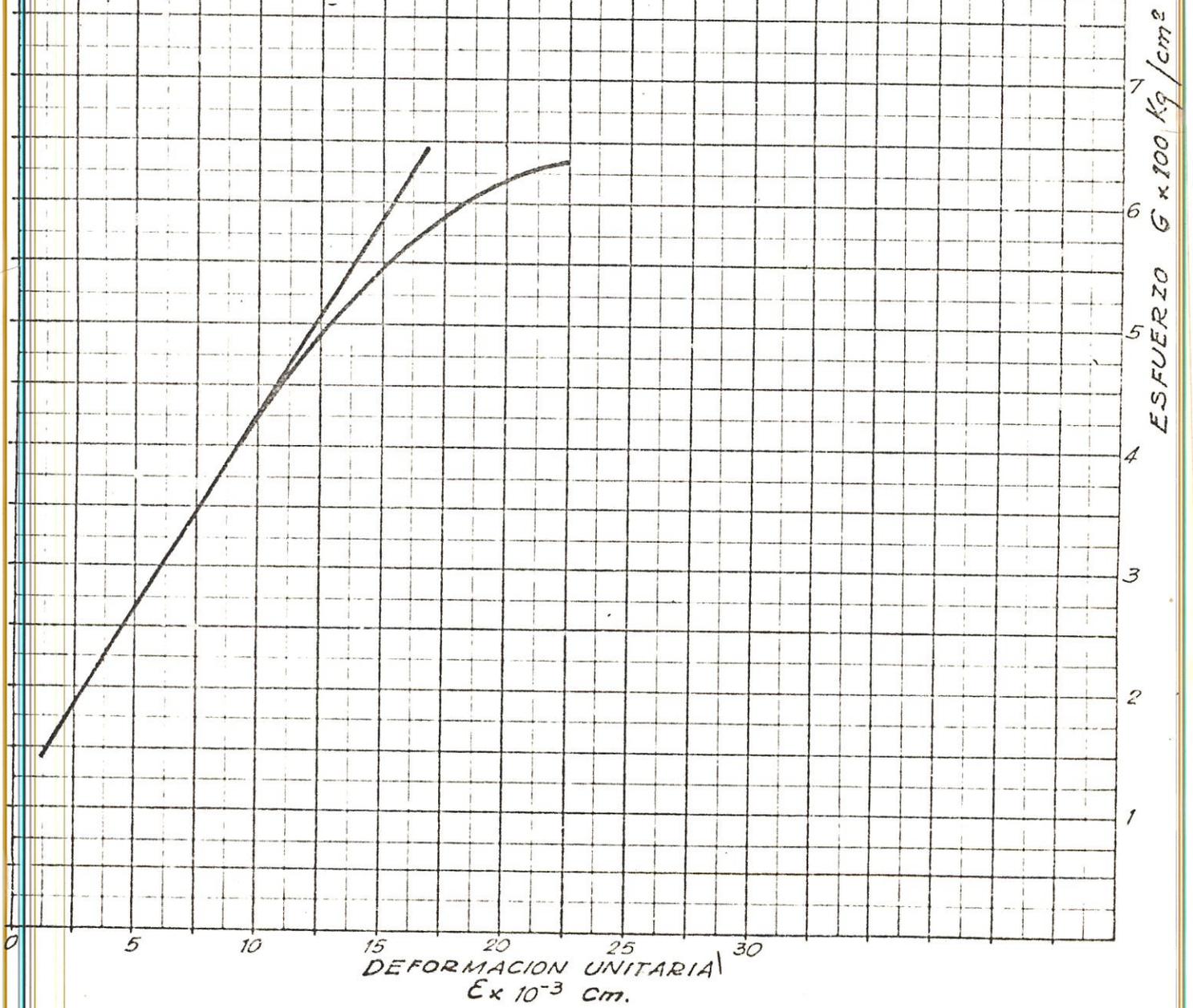


DORMILON C

$$\bar{\sigma}_r = 635 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_a = 127 \text{ ''}$$

$$E = 40909 \text{ ''}$$



FERNAN SANCHEZ C

$$\sigma_r = 425 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = 85 \text{ "}$$

$$E = 13636 \text{ "}$$

131

5

4

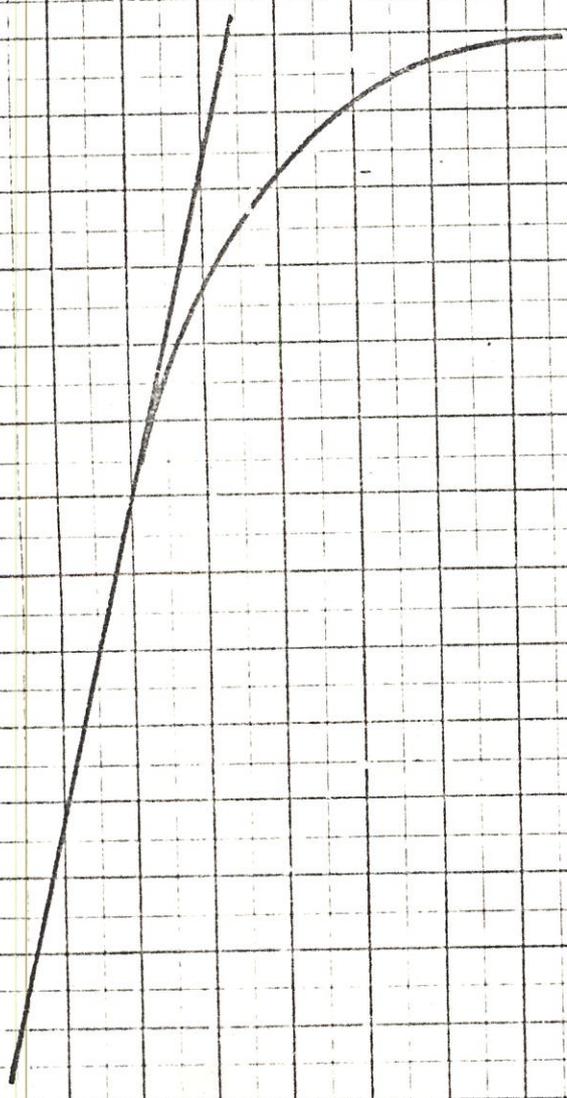
3

2

1

ESFUERZO $G \times 100 \text{ Kg/cm}^2$

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90
DEFORMACION UNITARIA
 $E \times 10^{-3} \text{ cm}$

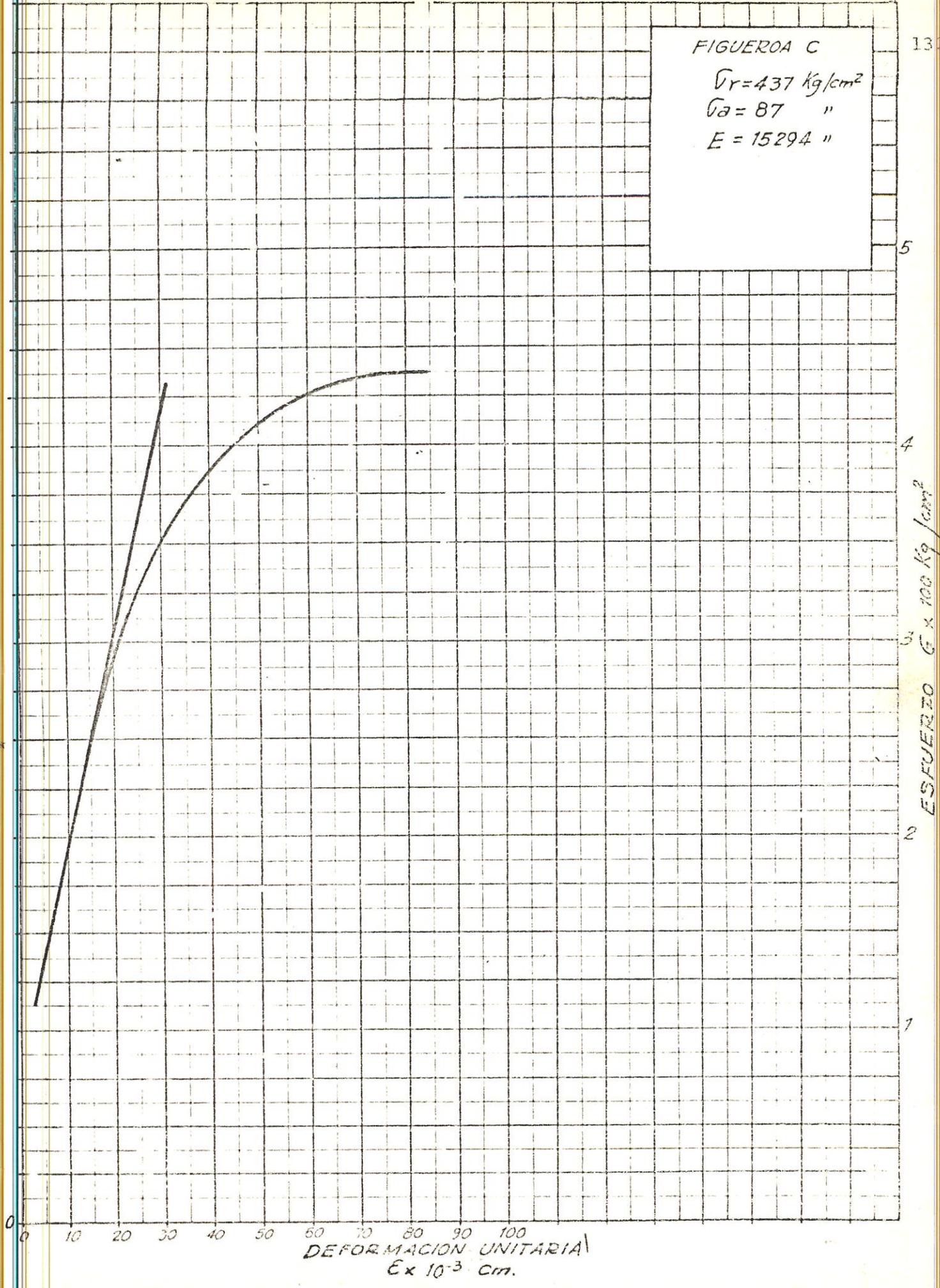


FIGUEROA C

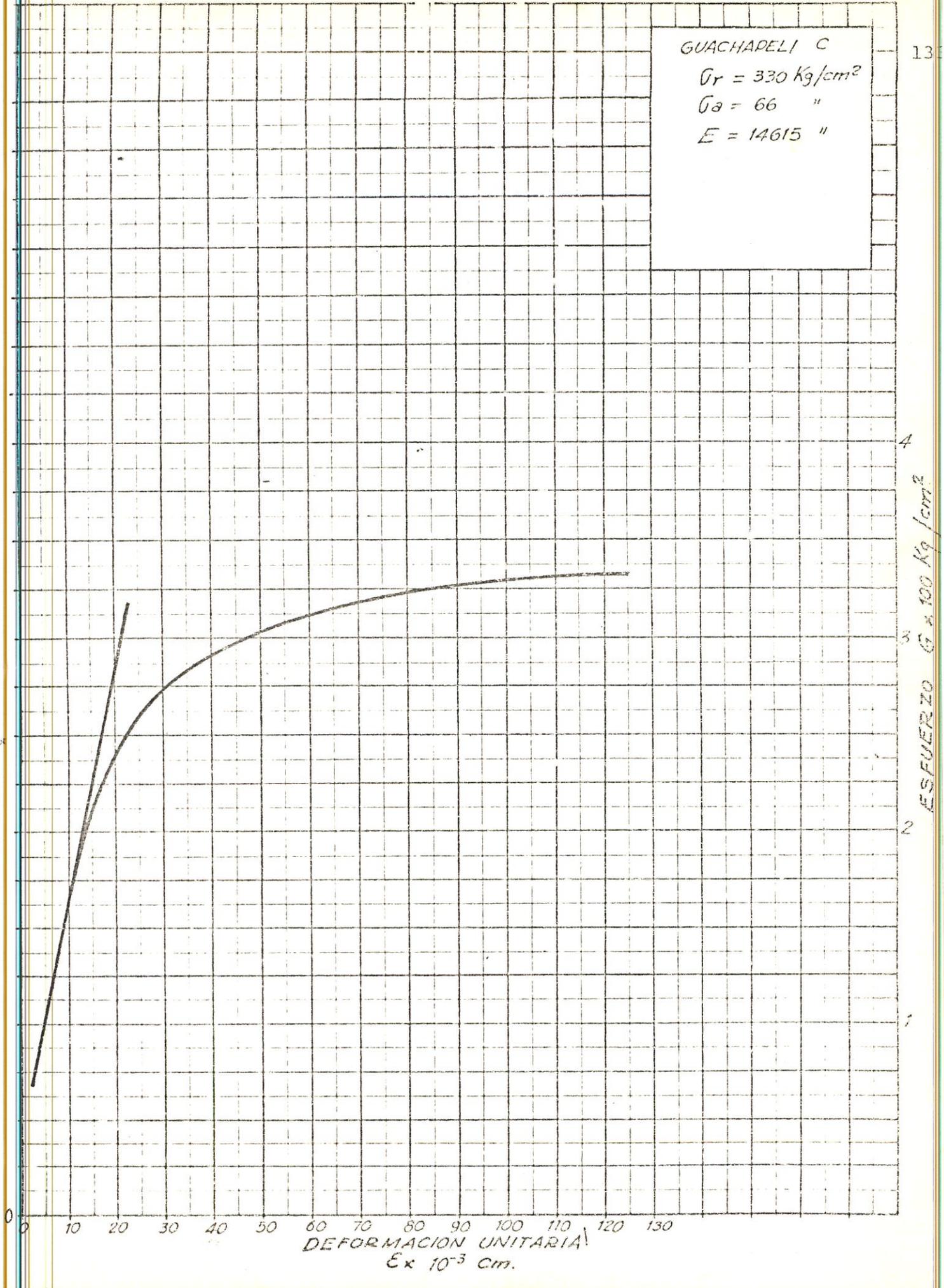
$$\bar{\sigma}_r = 437 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_a = 87 \text{ "}$$

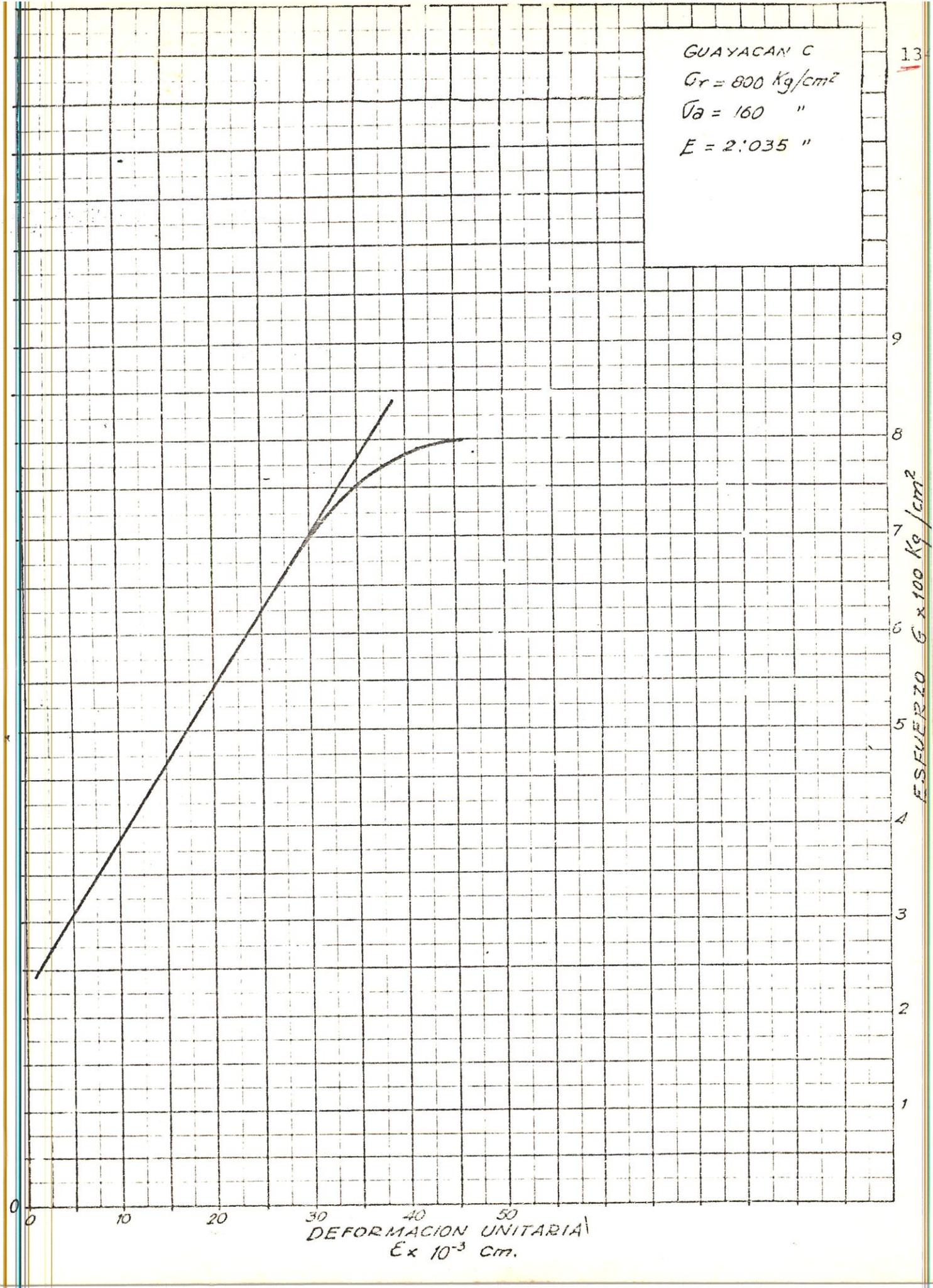
$$E = 15294 \text{ "}$$



GUACHAPELI C
 $\sigma_r = 330 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_a = 66 \text{ ''}$
 $E = 14615 \text{ ''}$



GUAYACAN C
 $G_r = 800 \text{ Kg/cm}^2$
 $\bar{U}_a = 160 \text{ ''}$
 $E = 2.035 \text{ ''}$



JIGUA C

$G_r = 412 \text{ Kg/cm}^2$

$G_a = 82 \text{ ''}$

$E = 211994 \text{ ''}$

13

5

4

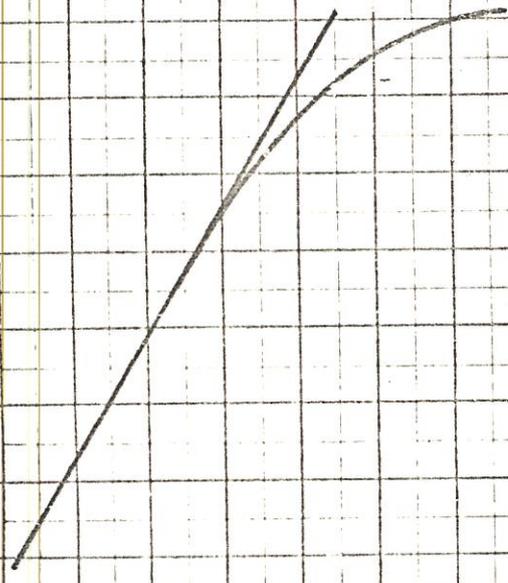
3

2

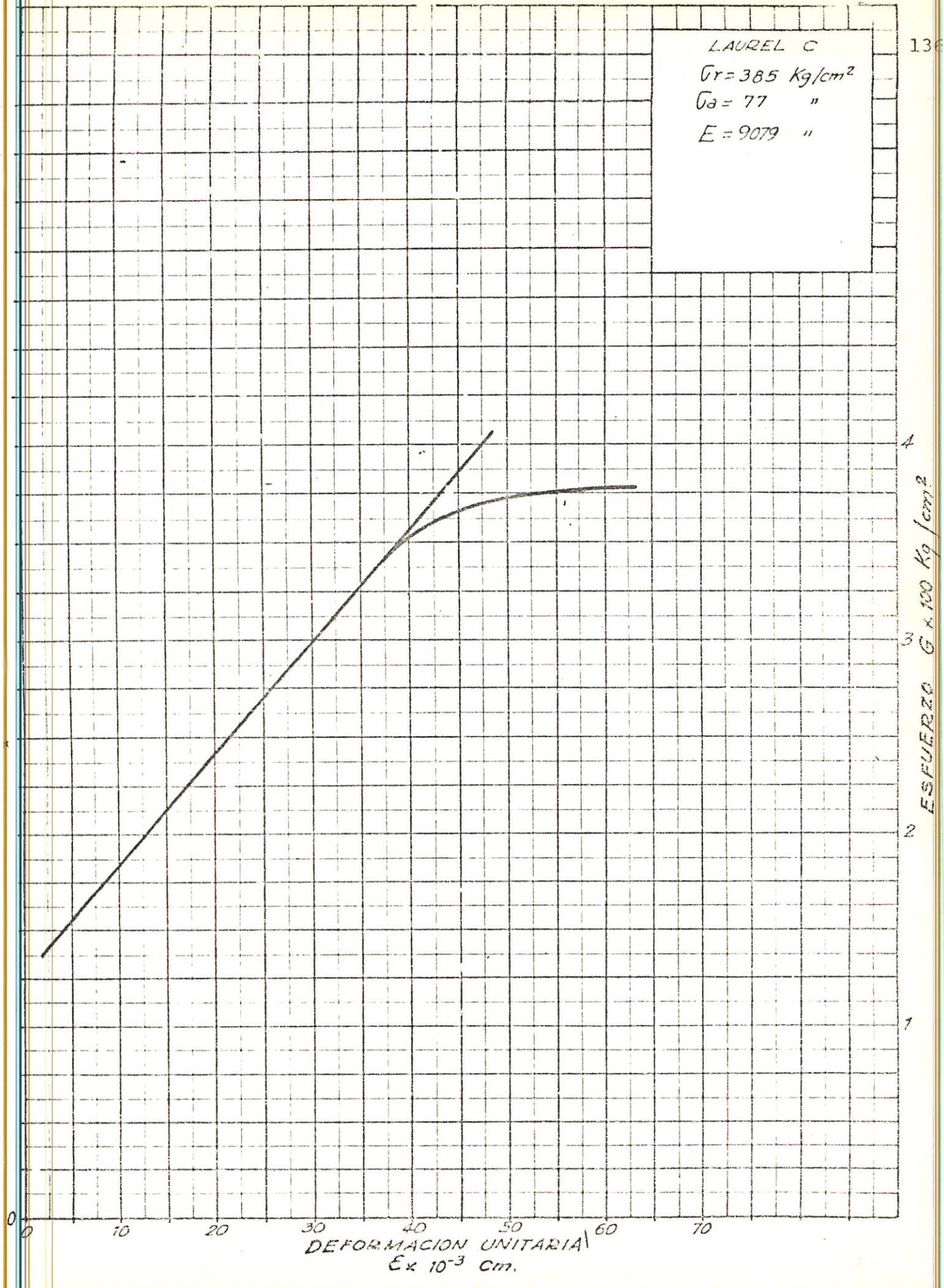
1

ESFUERZO $G \times 100 \text{ Kg/cm}^2$

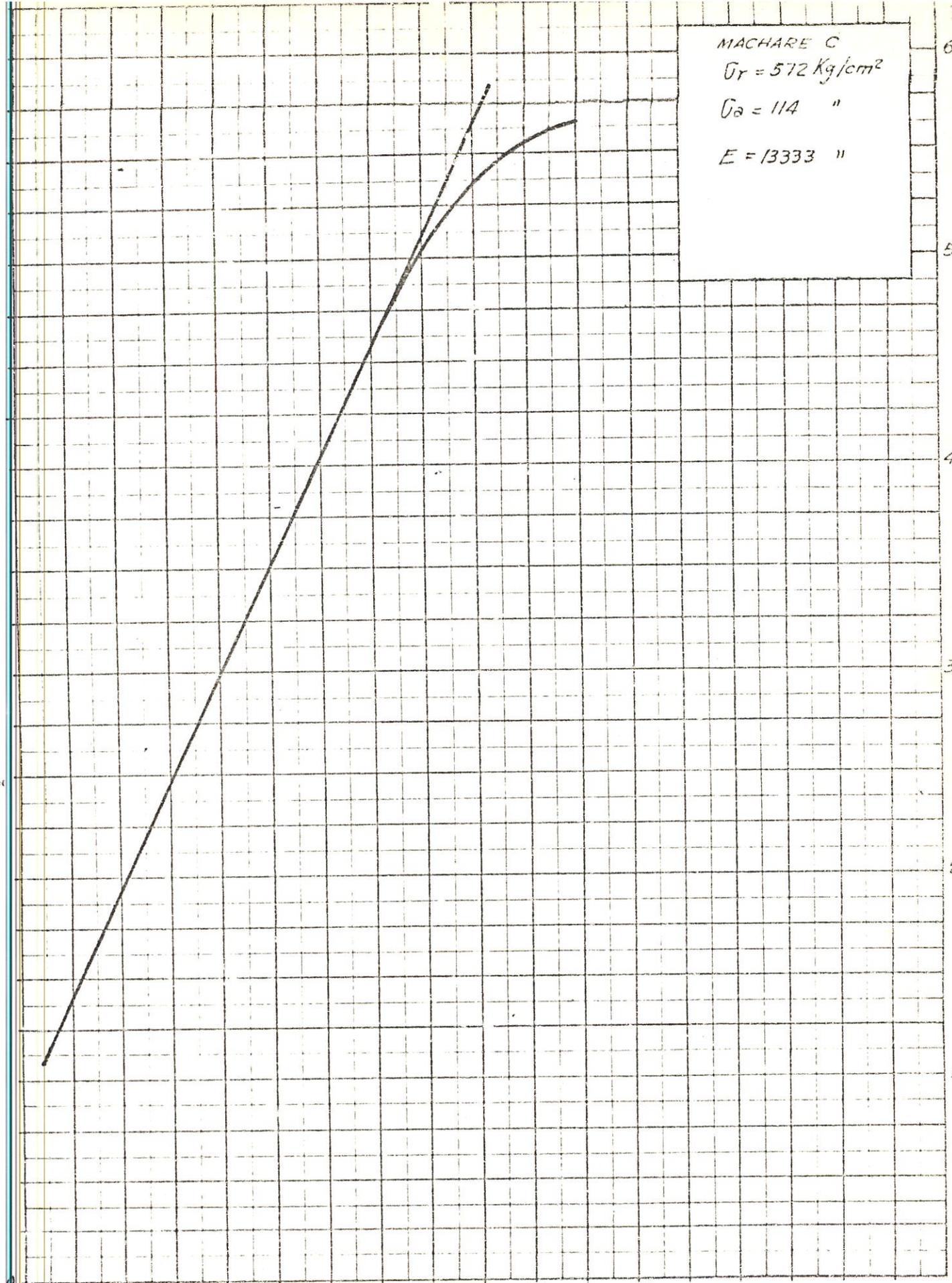
0 10 20 30 40 50
DEFORMACION UNITARIA
 $E \times 10^3 \text{ cm.}$



LAUREL C
 $\bar{\sigma}_r = 385 \text{ Kg/cm}^2$
 $\bar{\sigma}_a = 77 \text{ ''}$
 $E = 9079 \text{ ''}$



MACHARE C
 $\sigma_r = 572 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_a = 114 \text{ ''}$
 $E = 13333 \text{ ''}$



DEFORMACION UNITARIA
 $E \times 10^{-3} \text{ cm.}$

ESFUERZO $G \times 100 \text{ Kg/cm}^2$

1

2

3

4

5

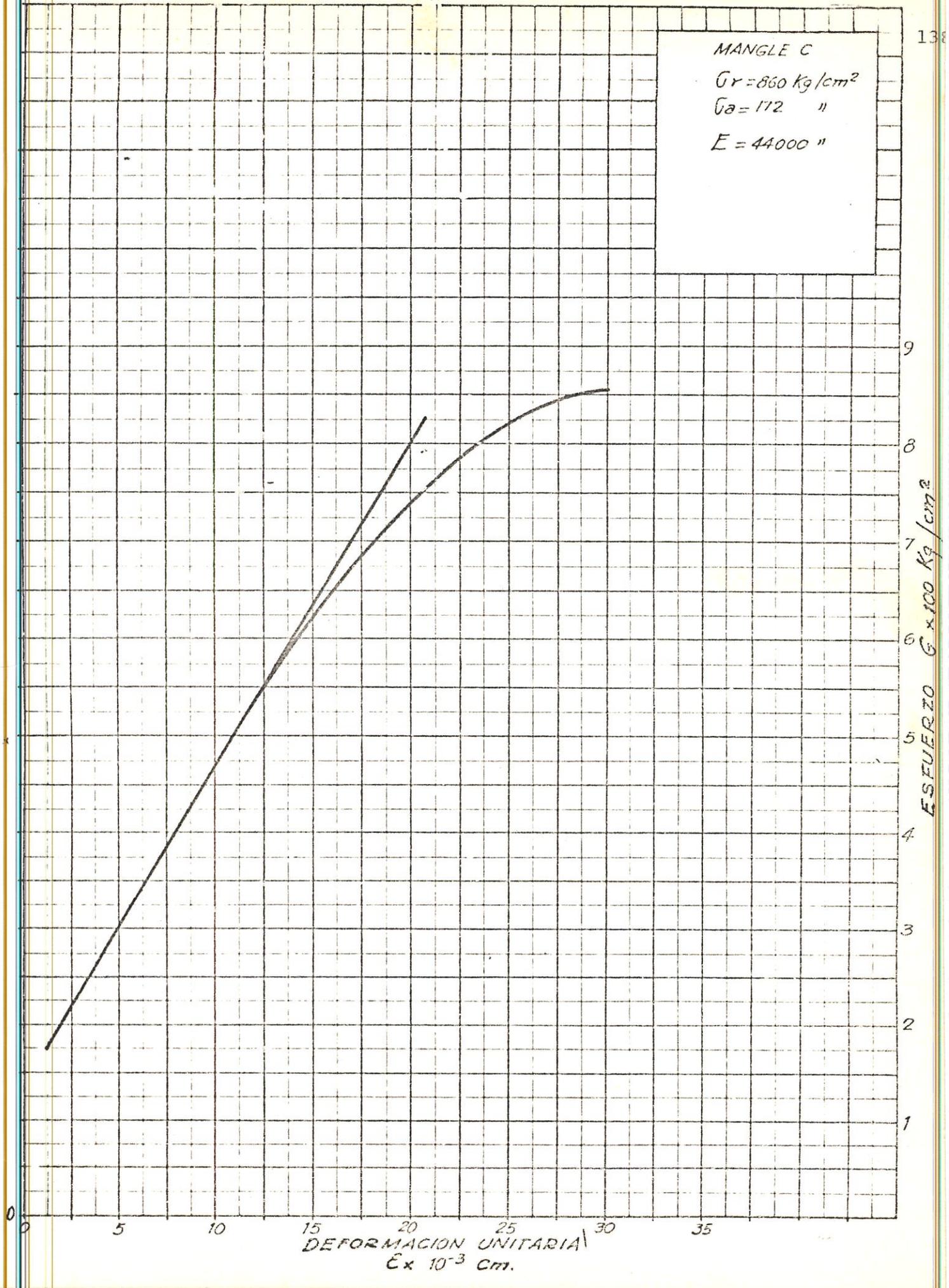
6

MANGLE C

$\sigma_r = 860 \text{ Kg/cm}^2$

$\sigma_a = 112 \text{ ''}$

$E = 44000 \text{ ''}$

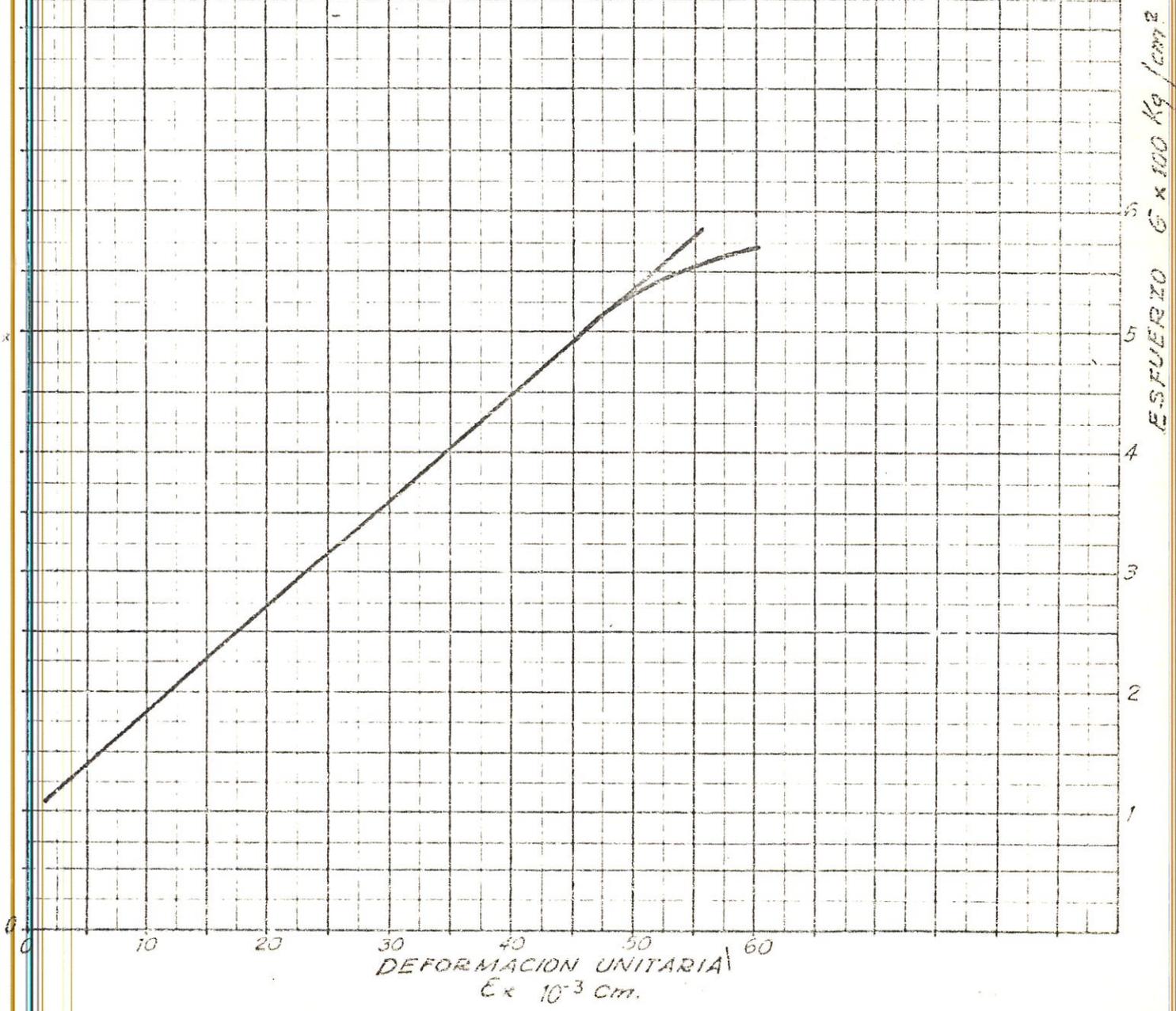


MANGLILLO C

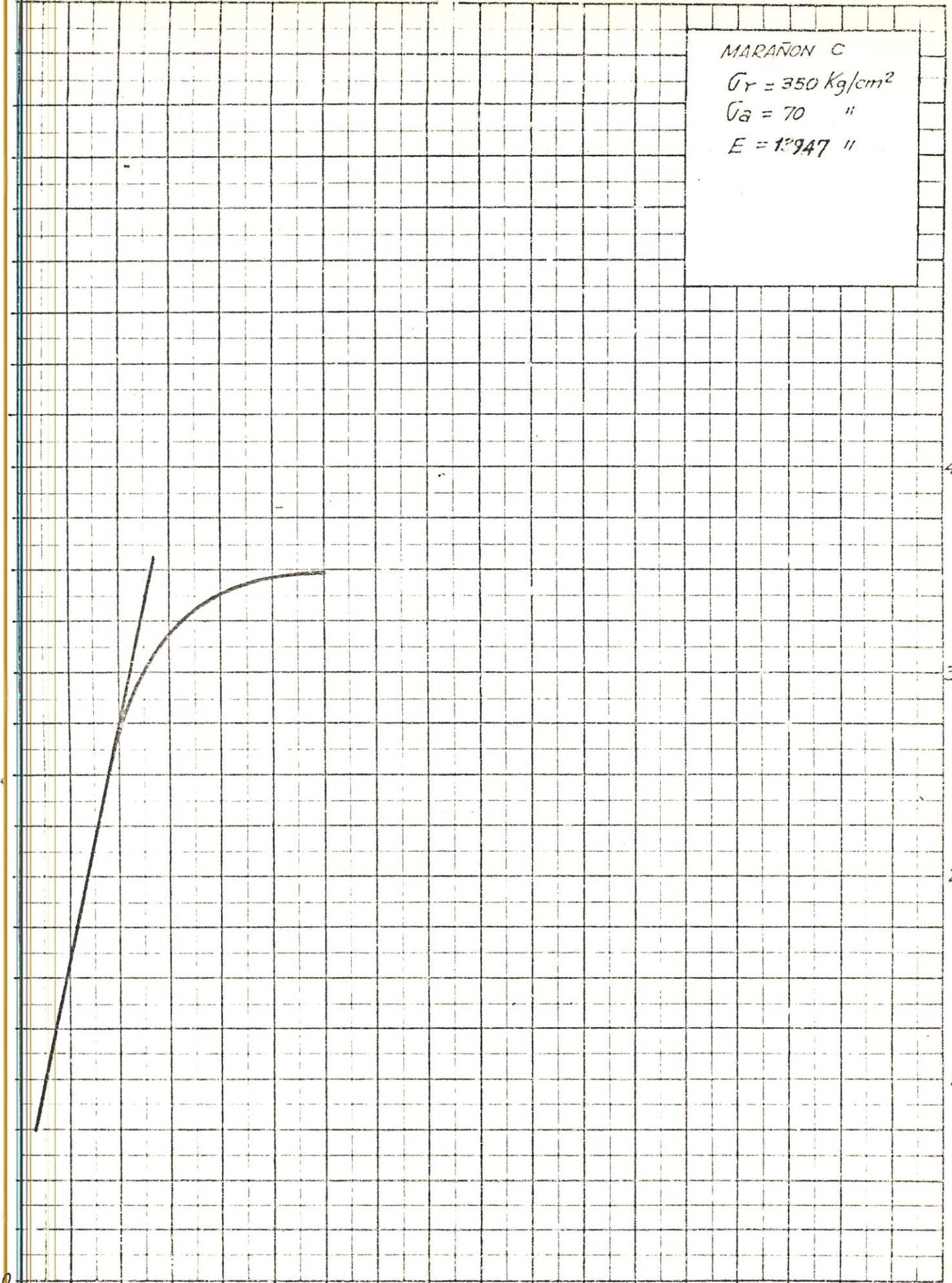
$$\bar{\sigma}_r = 570 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_a = 114 \text{ "}$$

$$E = 16889 \text{ "}$$



MARAÑON C
 $\sigma_r = 350 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_a = 70 \text{ ''}$
 $E = 1.947 \text{ ''}$



0 10 20 30 40 50 60 70
DEFORMACION UNITARIA
 $E \times 10^{-3} \text{ cm.}$

4
3
2
1
ESFUERZO $G \times 100 \text{ Kg/cm}^2$

MORAL C

$$\bar{\sigma}_r = 700 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_a = 140 \text{ "}$$

$$E = 21154 \text{ "}$$

14

8

ESFUERZO $\sigma \times 100 \text{ Kg/cm}^2$

7

6

5

4

3

2

1

DEFORMACION UNITARIA
 $\epsilon \times 10^{-3} \text{ cm.}$

0 10 20 30 40 50 60



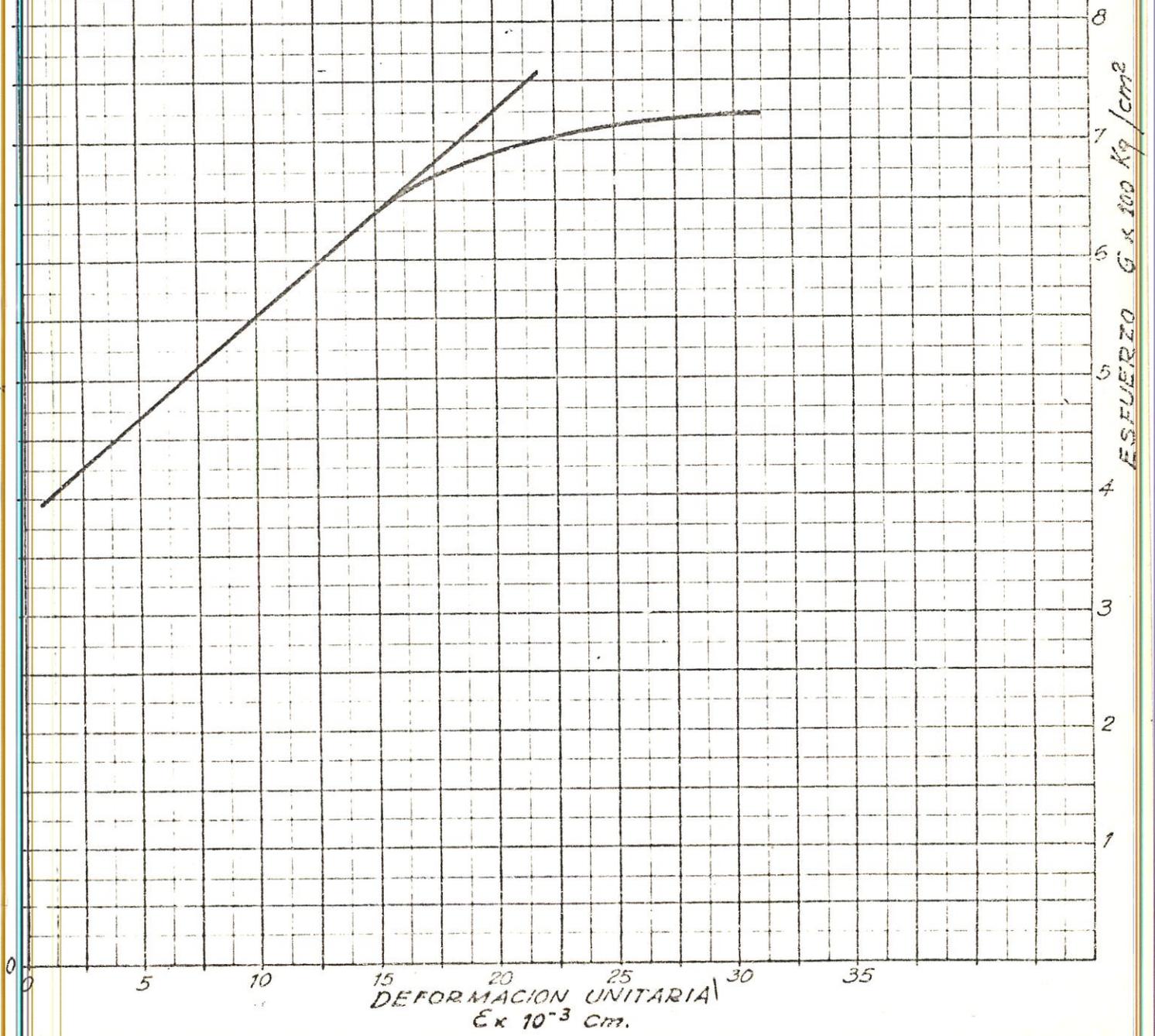
PALO de VACA c

$$\bar{\sigma}_r = 725 \text{ Kg/cm}^2$$

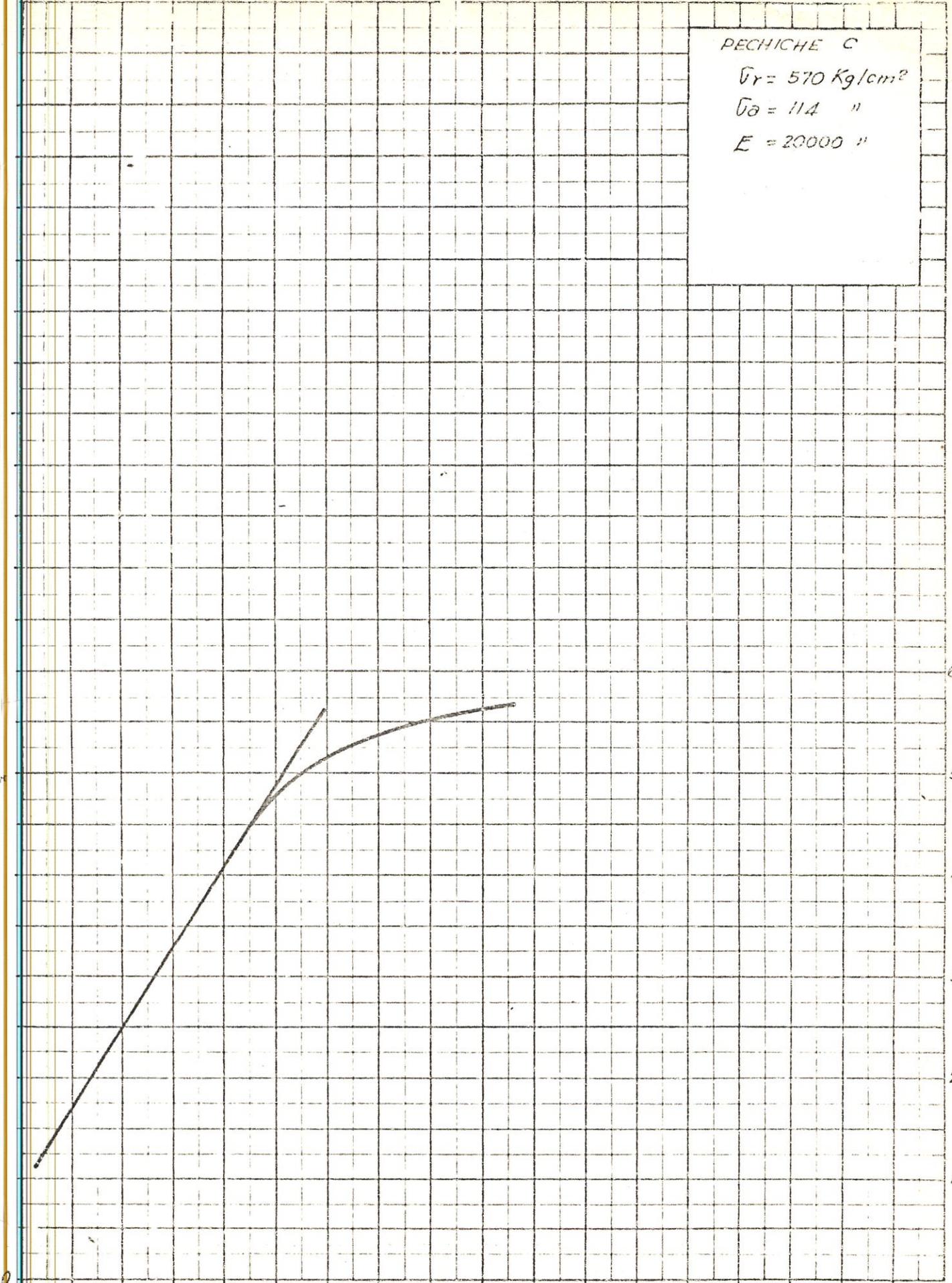
$$\bar{\sigma}_a = 145 \text{ "}$$

$$E = 41935 \text{ "}$$

142



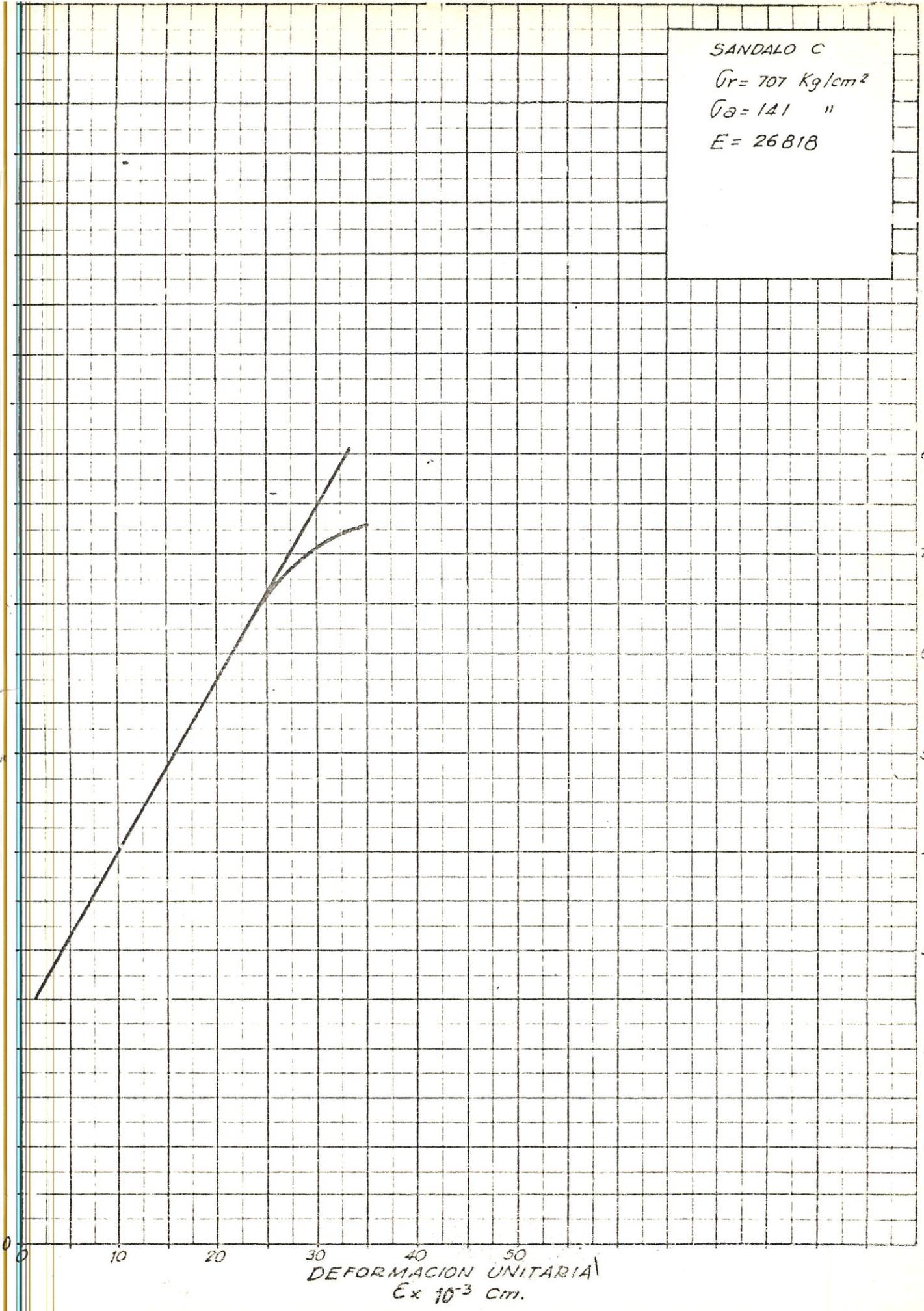
PECHICHE C
 $\bar{v}_r = 570 \text{ Kg/cm}^2$
 $\bar{v}_0 = 114 \text{ ''}$
 $E = 20000 \text{ ''}$



DEFORMACION UNITARIA
 $E \times 10^{-3} \text{ cm.}$

ESFUERZO $\sigma \times 100 \text{ Kg/cm}^2$

SANDALO C
 $\bar{\sigma}_r = 707 \text{ Kg/cm}^2$
 $\bar{\sigma}_B = 141 \text{ ''}$
 $E = 26818$



DEFORMACION UNITARIA
 $E \times 10^{-3} \text{ cm.}$

ESFUERZO $\sigma \times 100 \text{ Kg/cm}^2$

TANGARE C

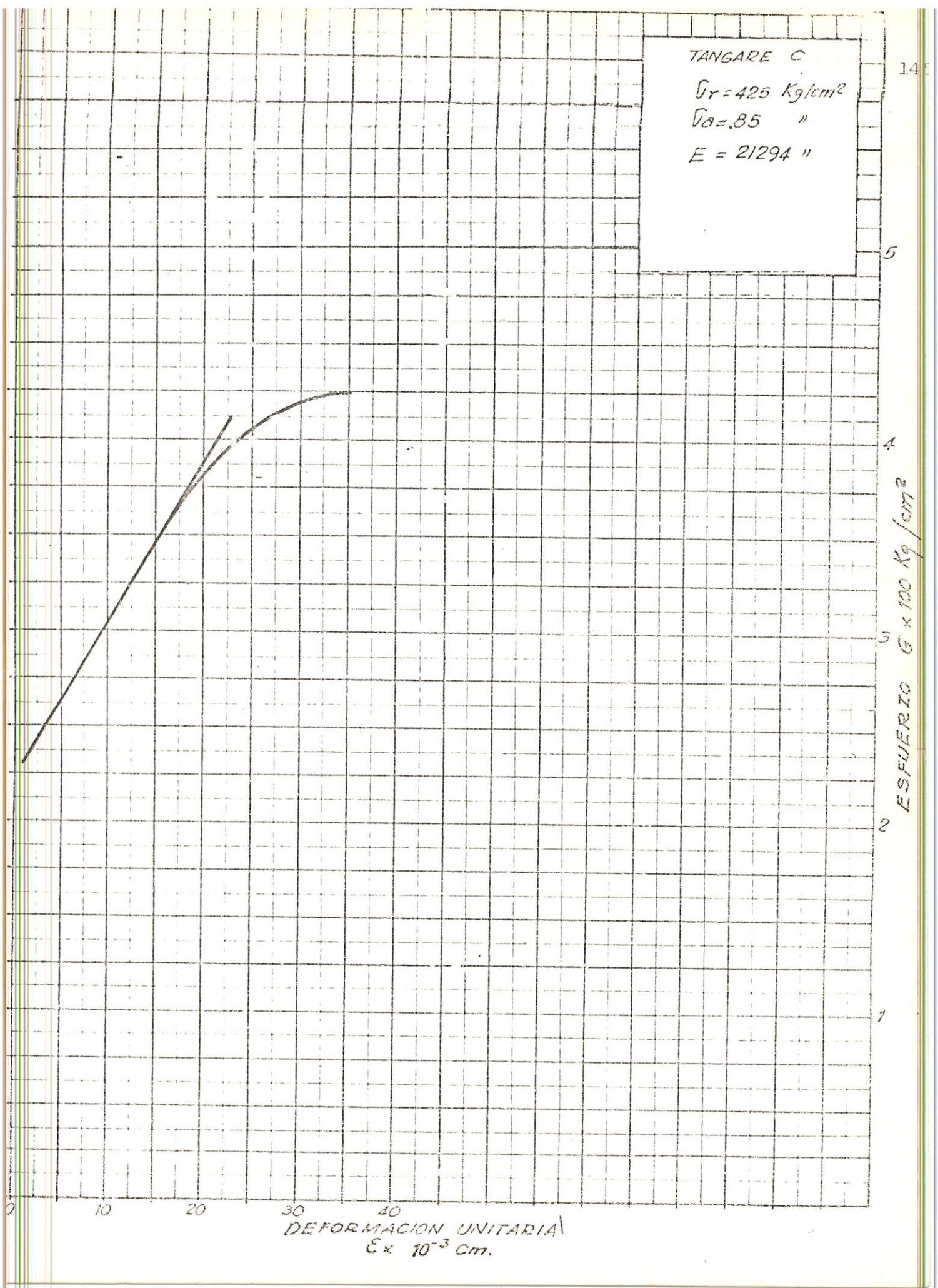
$$\sigma_Y = 425 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_B = .85 \text{ "}$$

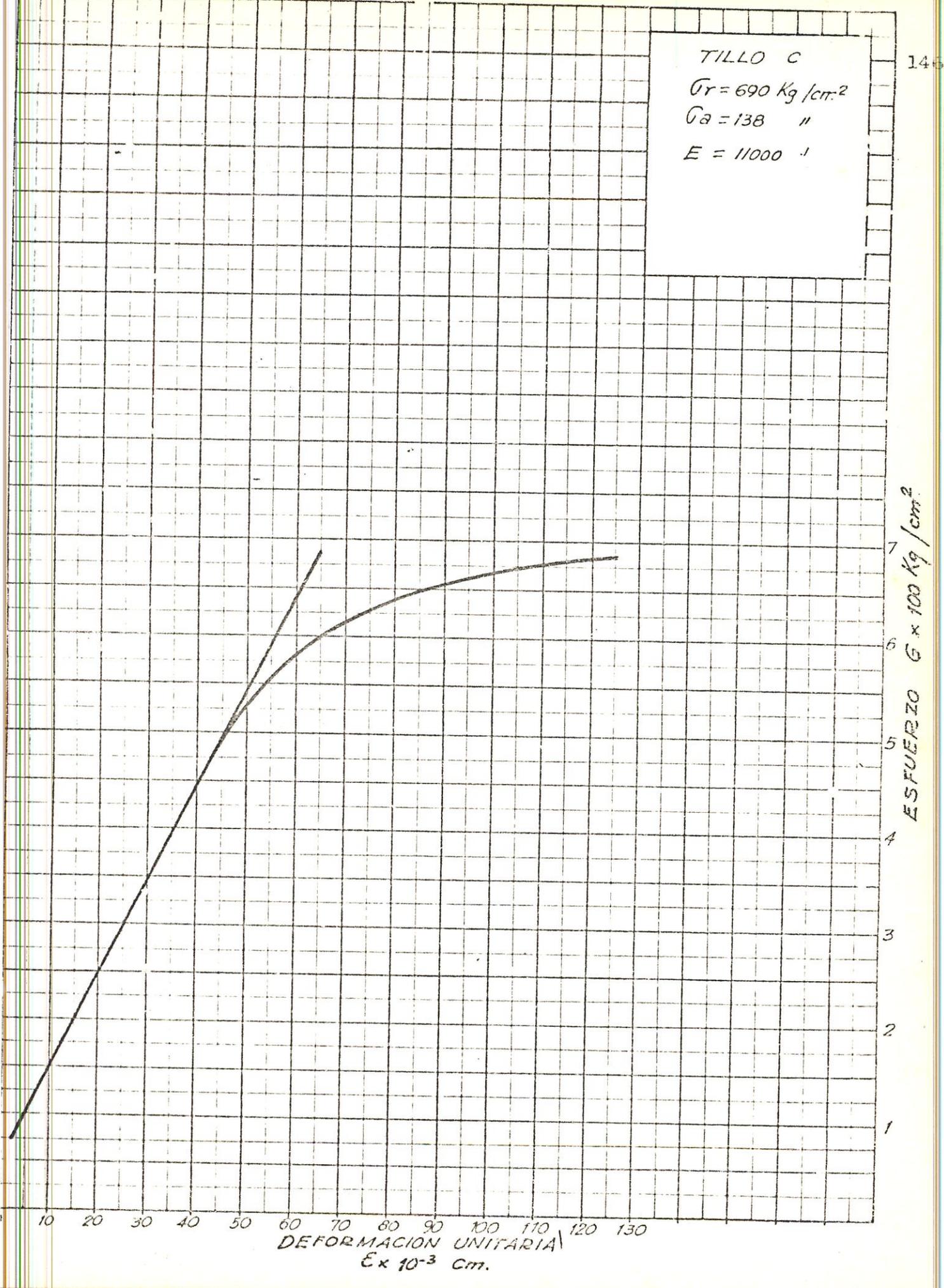
$$E = 21294 \text{ "}$$

DEFORMACION UNITARIA
 $E \times 10^{-3} \text{ cm.}$

ESFUERZO $G \times 100 \text{ Kg/cm}^2$



TILLO C
 $\sigma_r = 690 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_a = 138 \text{ ''}$
 $E = 11000 \text{ ''}$

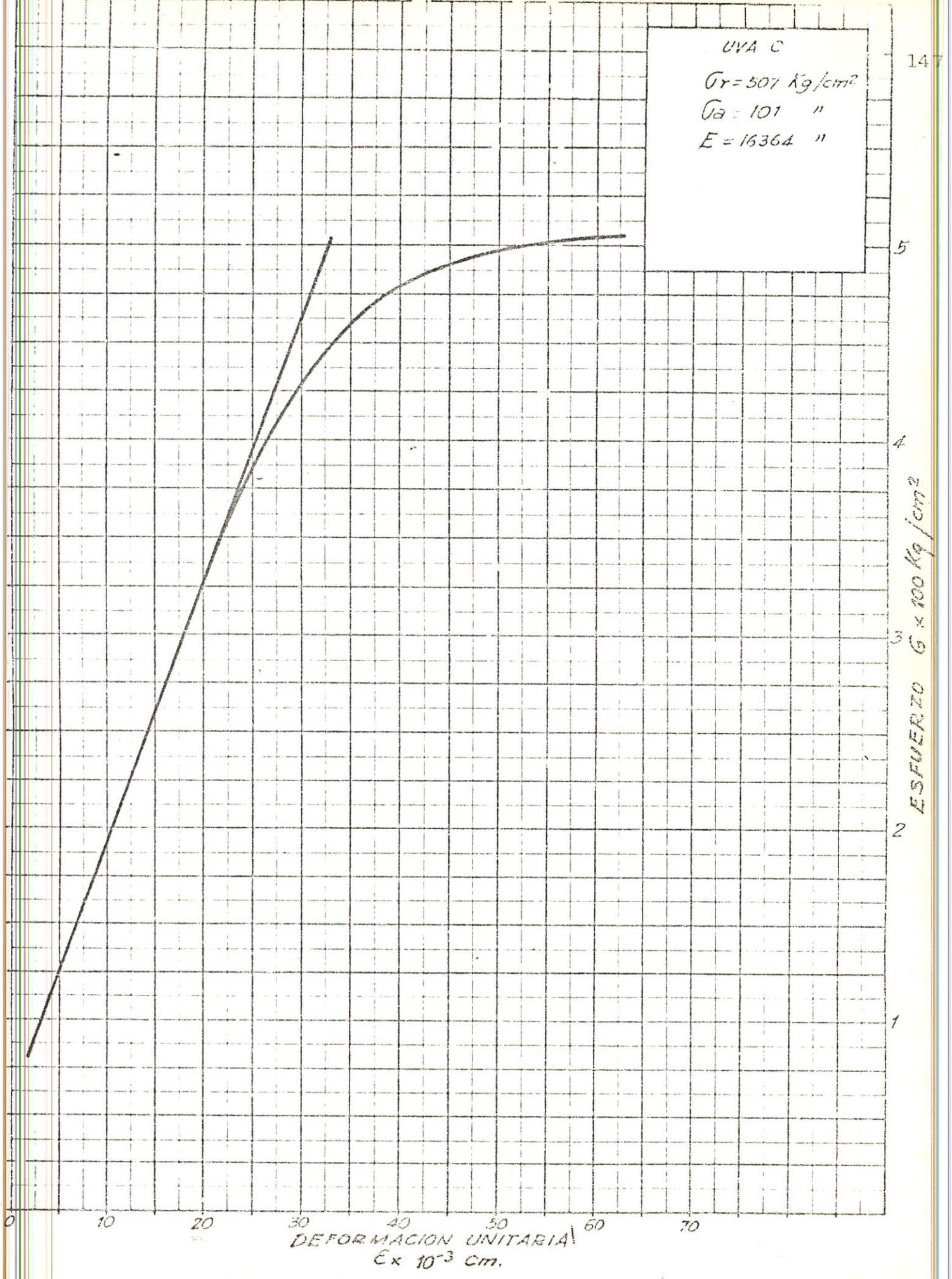


UVA C

$\sigma_r = 507 \text{ Kg/cm}^2$

$\sigma_a = 101 \text{ ''}$

$E = 16364 \text{ ''}$



147

5

4

3

2

1

DEFORMACION UNITARIA
 $E \times 10^{-3} \text{ cm.}$

ESFUERZO $G \times 100 \text{ Kg/cm}^2$

C A P I T U L O I I IPRUEBAS DE DURABILIDAD DE LA MADERA Y RESISTENCIA A LA PU-
DRICION.-1.- INTRODUCCION Y METODOLOGIA.-a).- HORADADORES MARINOS.-

Los daños ocasionados por organismos hoadores marítimos a barcos en aguas saladas y salobres, es un problema mundial y desde tiempos antiguos el hombre ha tenido que buscar medidas protectoras. La gravedad de la amenaza varía en diferentes aguas, las aguas del Pacífico, y del Atlantico Sur son más infestadas que las de la Costa del Atlantico Norte.

Ninguna madera es inmune a los ataques de horadores maritimos. Unas pocas maderas tropicales parecen ser resistentes y usualmente son afectadas también pero en forma más lenta.

Los principales horadores marítimos encontrados son:

- Gusanos o polillas de barco, que incluyen varias especies de Teredos y Bankias.
- Gribbles o limnoria, que son pequeños crustáceos.
- Martesias, son moluscos que se parecen a los mejillones.
- Sphaeromas, parecidos a los limnoria, ocasionalmente se los ha encontrado en aguas dulces.
- Cheluras, similares a los limnoria, parecen ser activos

en aguas tropicales y subrtropicales.

- Barnacles, son una forma de vida marina que se adhiere al fondo de las embarcaciones.

2.- PROCEDIMIENTO.-

El grado de preservación proporcionado por cualquier buen preservativo de madera depende del método de aplicación y la retención que resulte de él y de la penetración obtenida. En orden de eficiencia descendente, los métodos de tratamiento son los siguientes: tratamiento por presión, baño caliente y frío; remojar en frío; al vacío; sumergir; y aplicación con cepillo.

El tratamiento a presión no es siempre práctico tratándose de partes de un barco considerando que mucha de la madera se corta y se perfora en el proceso del ensamblaje.

Sea cual sea el proceso lo importante es que el tratamiento se haga bien. Esto significa una inspección cuidadosa y eficiente para asegurarse de que:

- 1.- La madera esté en condición satisfactoria y en condición para ser tratada.
- 2.- El preservativo sea de calidad standard y sea debidamente aplicado.
- 3.- El tiempo, las temperaturas y las presiones usadas durante el tratamiento estén de acuerdo con las especificaciones.

nes y no sean dañinas para la madera.

- 4.- Las retenciones y penetraciones estén de acuerdo con las especificaciones.
- 5.- Después de haber sido tratada, la madera no haya sufrido daño y esté apta para el uso que se le va a dar, y,
- 6.- En el caso de tratamientos con preservativos en solución de agua, que el programa que se siga para el secamiento de la madera no la perjudique.

a) Como preparar la madera para el tratamiento de preservación.-

Para obtener resultados satisfactorios la madera debe ser sana y estar en buenas condiciones. No se debe desalentar la aplicación superficial de preservativos en superficies frías ó mojadas. Como los preservativos no van a mejorar la calidad de la madera solamente se debe usar - madera buena y sana. Excepto para piezas pequeñas los - preservativos y el calor del proceso de tratamiento no - van a destruir todos los fungus en una pieza infectada a menos de que logre una esterilización completa. Cual- quier fungus vivo que permanezca en la madera puede se- guir desarrollándose después del tratamiento, destruyen

do talvez completamente la parte interior no protegida de la madera.

Todos los cortes ó perforaciones etc. en la madera, deben efectuarse si es posible antes del tratamiento. En la construcción de barcos este requerimiento a menudo determina el tipo de tratamiento que se dá a la madera. Donde las piezas se pueden cortar, y perforar en escala de producción, se puede tratar a presión si el equipo está disponible; en caso contrario se usarán los tratamientos más convenientes que no son a base de presión aunque los resultados serán menos satisfactorios.

Sin embargo, donde es necesario aserrar, perforar, azolar ó en cualquier forma unir grandes secciones de madera, estructurales de un barco, la eficacia de los pretratamientos químicos se pierde bastante debido a la exposición de la madera interior no-tratada, a menos de que las superficies expuestas debido a los cortes se traten otra vez.

En el caso de terminales aserradas, huecos para sujetar y otras superficies alisadas la aplicación de preserva-

tivos con brochas, spray, etc. ayudarán a extender el tiempo libre de mantenimiento.

En cuanto sea posible, tanto el diseñador como el constructor deben hacer los planes de tal manera que evite la pérdida de la eficacia del tratamiento. Cuando es necesario cortar madera pre-tratada, la protección se puede restaurar aplicando un compuesto fortificado con fungicida.

Tratamiento por presión.-

En la práctica comercial, la forma más usual de tratar la madera es envolverla en preservativos en cilindros de alta presión y aplicar presión a los preservativos. La madera se lleva en aros de acero a un largo cilindro de acero que luego se cierra y se llena con el preservativo. La presión obliga al preservativo a penetrar en la madera. Una cantidad considerable del preservativo es absorbido lo cual resulta en una penetración relativamente profunda. Se usa dos tipos principales de presión; el proceso de célula llena y el proceso de célula vacía.

El proceso de célula llena involucra un vacío inicial seguido por impregnación bajo presión. Se usa cuando

se requiere la retención de una cantidad máxima de pre
servativo. Este proceso es standar para la madera que
se va a tratar con creosota y será expuesta a horadado
res marítimos. Por este proceso se aplican usualmente
los preservativos en solución de agua.

El propósito de los procesos de célula vacía es obtener
una penetración profunda para una cierta, usualmente ba
ja retención neta de preservativos. En los tratamien-
tos de célula vacía, los procesos Rueping y Lowry, se u
san comúnmente, ambos usan la fuerza expansiva del aire
comprimido para forzar a salir parte del preservativo
que ha sido absorbido durante el período de presión.

Tratamiento sin presión.-

Los numerosos procesos donde no se usa la presión difiere
ren mucho en cuanto a retenciones y penetracióne y por
consiguiente el grado de protección que porporcionan a
la madera tratada. Cuando se logran retenciones y pen
traciones similares, la madera tratada por un método -
sin presión, debe tener una duración comparable a la ma
dera tratada con presión. Los resultados obtenidos con
tratamiento sin presión, especialmente los aplicados a
superficies, no son generalmente tan satisfactorios co-
mo los resultados obtenidos con tratamientos a presión.

Pero también estos tratamientos superficiales son útiles cuando no se puede practicar un tratamiento más profundo.

Métodos que no son a base de presión para partes de embarcaciones en general son:

- 1.- Aplicación superficial de aceites preservativos con brochas, spray ó rápida sumersión;
- 2.- Remojamiento en frío en aceites preservativos;
- 3.- Varias adaptaciones del proceso de halo frío -caliente; y
- 4.- Tratamiento al vacío.

La madera bruta puede necesitar hasta 10 galones de aceite para 1000 pies cuadrados de superficie pero la madera trabajada requiere mucho menos. Las penetraciones transversales obtenidas serán usualmente menos de 1/16".

Período de remojo de varios días han dado mejores resultados que los de varias horas. En maderas de 2" x 8" de 12 variedades comerciales remojadas en frío por 24 horas, las retenciones de aceite preservativo variaron de 0,5 libras a 5.4 libras por pie cúbico en diferentes maderas. Se ha usado el método de remojar en frío, para tratar ciertas partes de barcos de forma irregular que no podría tratarse en cilindros de presión.

El alquitrán de creosota y el pentaclorofenol son - los preservativos ordinariamente usados en los procesos con convencionales de baños fríos y calientes pero también se pueden usar soluciones en agua de preservativos como cloruro de zinc si se mantiene una fuerza uniforme y el preservativo en solución de agua no está afectado por el calor. Para los preservativos que no pueden ser calentados, el proceso - debe ser modificado.

b).- Proceso de tratamiento de la madera para su protección y uso en construcción naval.-

Se reconoce ahora generalmente en la industria constructora de barcos que el tratamiento de preservación de la madera - es muy valiosa para protegerla de la pudrición y gusanos marítimos especialmente si los barcos no están almacenados bajo cubierta cuando en tierra. El uso de agentes preservativos es común para proteger la madera expuesta a infección ó a una penetración de gusanos a menos de que se trate de la madera de corazón de variedades altamente resistentes.

Mientras el tratamiento de preservación prolonga la vida de la madera una gran parte de los beneficios depende de un procedimiento correcto. Métodos de tratamiento al azar ó una manipulación carente del debido cuidado de las maderas tratadas, puede frustrar las mejores intenciones del constructor. Hasta ahora no se ha encontrado el agente preservativo perfecto. Es necesario que los constructores usen los agentes preservativos que existen y los procedimientos de tratamiento con comprensión y eficiencia.

Se puede prolongar la duración de la madera usada en mul

chas partes del barco y embarcaciones si se la trata con los agentes preservativos apropiados. Sin embargo, el grado de protección dado depende de la retención del preservativo (libras por pie cúbico de madera) usado y su buena distribución en la madera. Una mala distribución (penetración) y retención insuficiente del preservativo, puede ser la razón por la cual, la madera no está debidamente protegida cuando está expuesta a condiciones altamente favorable al desarrollo de los fungi de pudrición y gusanos marinos.

Desde el punto de vista del barco y del constructor, el concepto de un preservativo satisfactorio para protección en el agua contra horodadores marítimos, difiere mucho del de un constructor de muelles y atracaderos. Si un barco puede ser protegido mientras está en operación en el tiempo que no está en dique seco, entónces el preservativo ha cumplido su misión.

Por lo tanto si la madera tratada resiste a los ataques durante 10 meses sin recubrimiento de pintura un barco podría operar sin sufrir daños por horodadores 7 ó 8 meses sin ser puesto en dique seco. Entónces el casco puede ser reparado y pintado con pintura marítima de fondo de cobre -

para proteger el casco hasta la próxima puesta en dique seco siempre y cuando este período no sea mayor de 6 ó 7 meses. Como la pintura retarda la lixiviación del agente preservativo de la madera, es lo más probable que la madera pintada, tratada con preservativos pueda durar mucho más que los 10 meses. Normalmente, en aguas muy infectadas, los barcos no deben permanecer en el agua más de 6 meses. Existen muchos peligros inesperados como lechos de coral ó arenas que pueden lastimar los forros de madera, ó algunas piezas pueden no haber recibido una penetración completa del preservativo y la madera no tratada puede ser expuesta cuando la pintura ó madera de superficie se lastima.

El Celsure, Chemonite y Greensalt han sido probados extensamente y encontrados satisfactorios para tratar las maderas de forro del casco.

Desde el punto de vista de resistencia a los horodadores marítimos, se ha encontrado que la creosota es el mejor preservativo. Cuando es inyectada bajo presión, en retenciones de 20 libras por pie cúbico, de madera, se ha obtenido protección para hasta 20 ó 25 años en aguas infectadas. La creosota, a pesar de ser un preservativo probado tiene

desventajas que no la hace apropiada como revestimiento para uso en un barco de madera.

La madera tratada con Creosota ensucia, sangra e interfiere con la adhesión de la pintura de cobre en el fondo y reduce la eficacia de las pinturas en cuanto a sus propiedades para impedir el ensuciamiento. En barcos de revestimiento único especialmente, despide olores ofensivos para el personal.

Cuando se selecciona la madera para revestimiento ó entablados, se prefiere la albura a la madera de corazón, cuando el material se va a someter a un tratamiento preservativo de presión. Es mucho más fácil tratar la albura que la madera de corazón en muchas variedades y en los tratamientos a presión la meta es la máxima absorción y penetración. A menos de que las maderas de revestimiento no sean bien impregnadas con preservativos el corte ó cepillado de la madera antes de instalar por debajo del nivel de agua, expone la madera no tratada a los ataques de los horodadores marítimos. Cualquiera de estas superficies no tratadas deben recibir una fuerte aplicación del preservativo cuando se instalan sobre el casco. Algunos operadores de barco han usado varias ca-

pas de resina, brea y bituminosas en los fondos de los barcos como prevención de los ataques de los horodadores marítimos. Pero en la mayoría de las embarcaciones navales no pueden usarse sin pintarles por encima con pintura contra el "ensuciamiento", y en las pruebas, varias resinas no han hecho más efectiva la pintura, usada sola como protección. Parece pues, que estas resinas tienen poco que ofrecer en cuanto a protección del fondo del barco.

c) - Método Tentativo para Evaluar la Preservación de Madera en Pruebas de Campo.-

Estas pruebas se realizan en el suelo, usando estacas para acelerar los resultados.

Las dimensiones de las estacas son:

6" de largo

1" de ancho

$\frac{1}{4}$ " de espesor

Las muestras se entierran en el suelo hasta una profundidad de 5". El terreno debe ser arenoso, de relativa baja fertilidad y debe estar aislado o resguardado por un tamiz. A veces es necesario añadir agua destilada al suelo para hacerlo más coherente y evitar que sea pegajoso.

Para asegurar la pudrición durante todo el año, es preferible realizar las pruebas en un lugar cubierto. Las estacas se distribuyen al azar.

La cantidad de pudrición se mide por el porcentaje de pérdida en peso de las estacas secas. Para esto, se pesan las muestras antes y después de la prueba con la madera seca, hasta obtener un equilibrio de peso en una condición ambiental mantenida alrededor de 30% de humedad y 26°C.

Para clasificar la madera de acuerdo con su resistencia a la pudrición se utiliza el siguiente cuadro:

<u>% Pérdida de Peso.</u>	<u>Representación</u>	<u>Significado</u>
0-8	A	Muy resistente (muy durable)
9-14	B	Resistente (durable)
15-24	C	Resistencia Moderada (duración Moderada)
25+	D	No Resistente (No durable)

La duración de éstas pruebas varía de 13 a 21 meses.

Las pérdidas de peso en un período dado de exposición se toma como una medida inversa de la resistencia a lo pu-

drición. Las pruebas de campo tienen la ventaja del realismo en las condiciones de exposiciones bajo la acción de una gran población de organismos

No existe un método general para las pruebas de campo pero, existen ciertas consideraciones sobre éste aspecto en el libro de ASTM: "Evaluationg wood preservatives by field tests with stakes. ASTM Designation D 1758-62"

La pudrición es función de factores externos tales como: humedad, temperatura, etc , y también función de factores propios de la madera, por lo que existe:

- Variación entre especies de árboles
- Variación entre árboles individuales de la misma especie
- Variación dentro de un mismo árbol

Así por ejemplo, la resistencia a la pudrición decrece progresivamente desde la parte exterior de la madera dura hacia el corazón y decrece también progresivamente hacia la copa del árbol; para la parte interior de la madera dura sucede lo contrario.

d)- Productos químicos para preservación.-

Para que protejan contra hongos, insectos ó gusanos (polillas) del ambiente marino estos productos deben ser tóxicos para irhibir el desarrollo de estos organismos. El agente preservativo debe poder permanecer por mucho tiempo en la madera. Sin embargo, el agente preservativo no debe constituir un peligro para la salud de la persona que lo aplica ó los que manipulan y usan ésta madera tratada. Para usos especiales estos preservativos deben también cumplir con ciertos requisitos como por ejemplo de limpieza, compatibilidad con la pintura y otros acabados de la madera, ser libres de olores ofensivos y no constituir un peligro de incendio.

Algunos preservativos son más eficientes que otros. Todos tienen ciertas desventajas que limitan su uso pero también ventajas que los hacen especialmente apropiados para propósitos específicos.

Existen dos categorías generales: 1) aceites relativamente insolubles en agua; y 2) sales inorgánicas inyectadas en

la madera en una solución de agua.

Preservativos en Aceites.-

Los productos químicos en solución de aceite son resis- *disolverse en agua una*
 tentes a la lixiviación y apropiados para uso a la intem- *Substancia alcalina*
 perie, especialmente donde la madera tratada está en -
 contacto con el agua. El aceite no hace hinchar la ma-
 dera. Los aceites más pesados tienen una tendencia a
 proteger la madera de la acción de los elementos natura-
 les. Aceites residuales que permanecen en la madera -
 después de haber sido tratada surgen hacia la superficie
 e interfieren con la pintura. Las propiedades de las
 maderas tratadas respecto a color, olor, limpieza y com-
 bustibilidad son influenciadas por la presencia de acei-
 tes residuales.

Creosota de Alquitrán de Hulla.-

El alquitrán de hulla (La creosota de) es un aceite de
 color negro ó pardo que se produce destilando alquitrán
 de hulla. Las características del alquitrán usado, el
 método de destilación y la temperatura del proceso ten-
 drán que ver con el producto final. Por este motivo ,

las características de las varias creosotas de alquitrán de hulla en el mercado pueden variar bastante.

Las ventajas de la creosota de alquitrán de hulla son - (1) su alta toxicidad para organismos destructores de la madera; (2) su relatividad insolubilidad en agua y su baja volatilidad lo que le proporciona un alto grado de permanencia bajo las condiciones más diversas; (3) la facilidad de aplicarlo; (4) la facilidad con que se puede determinar su profundidad de penetración; (5) no tiene acción corrosiva sobre los metales; (6) su fácil obtención y costo relativamente bajo comprado al por mayor; y (7) su largo "record" de uso satisfactorio.

El color y el olor de la creosota y el hecho que la madera tratada con éste producto no se puede pintar en forma satisfactoria, hace que sea impropia para la mayoría de los usos en barcos. La creosota está sujeta a contaminación marina. Se están haciendo estudios para mejorar la posibilidad de pintar satisfactoriamente la madera tratada con creosota. Se usa la creosota para tratar algunas barcas de madera y diques secos flotantes construidos con madera.

Soluciones de Pentaclorofenol y soluciones Naftónicas.-

Se especifica soluciones de naftanato de cobre y pentaclorofenol para los tratamientos con brochas, de inmersión en las partes de un barco que no necesitan tratamiento de presión.

Aceites de petróleo con 5% de pentaclorofenol ó naftanato de cobre equivalente a 0.5% ó más de metal de cobre, proporcionan un alto grado de protección contra la pudrición. La madera bien impregnada con una solución de naftanato de cobre resiste a los ataques de horadadores marinos solamente por períodos limitados.

El pentaclorofenol no altera en forma apreciable el color natural de la madera pero el naftenato de cobre le da un color verde. Las propiedades de la madera tratada con aceites de petróleo que contienen estos preservativos, en cuanto a limpieza, posibilidad de pintura, color, olor y combustibilidad, depende en sumo grado de las propiedades del aceite de petróleo usado. El pentaclorofenol tanto en forma de concentrado seco como en soluciones, irrita la piel de los trabajadores pero un buen cuidado en el uso y ropa protectora ayudan para evitar efectos dañinos.

3. REQUERIMIENTOS PARA TRATAMIENTO PRESERVATIVO DE CASCOS DE EMBARCACIONES DE MADERA.-

Como tratamiento preservativo típico se puede indicar el siguiente:

Láminas del casco exterior de amarillo, cedro o laurel , zapatas de quilla, quillas, pantoque de guayacán y partes similares que requieren protección, contra los horodadores marítimos deben ser cepillados de los cuatro lados y recibir un tratamiento preservativo a presión.

Cuando la madera es de una variedad que requiere un tratamiento preservativo de presión, ambos cursos de forros interiores diagonales deben ser cepillados por los cuatro lados y tratados a presión.

La madera ó plywood usada para puertas, aparadores, mesas y otros componentes con un acabado brillante, no requieren de tratamiento preparativo con preservativos en solución de agua y retención mínimas. Tanalith (sales Wolman) es uno de los tratamientos del plywood en el cual existe bastante experiencia así como prueba de laboratorio que indican que la reduc-

ión en la resistencia del plywood es menor que con otros tra
tamientos con preservativos en solución de agua, usadas para
tratar el plywood de uso estructural.

Donde se requiere de tratamiento, todas las superficies
deben ser cepilladas antes del tratamiento en cuanto sea po-
sible. Toda superficie cortada, perforado, cepillada o lija-
da debe ser bien frotada o sumergida en el preservativo. Las
superficies terminales de las vetas son particularmente sucep-
tibles a la pudrición y requieren por lo tanto una atención
especial. Trate las superficie que deben barnizarse con un
preservativo claro. Aplicación con brocha con otra clase de
preservativo no se requiere para huecos perforados en maderas
de revestimiento, siempre y cuando los sujetadores se sumer-
jan en una mezcla selladora (wood bedding), antes de clavar-
se.

Los preservativos que se han aplicado con brocha ó por
inmersión requieren de un tiempo mínimo de 72 horas para se-
carse antes de que se les aplique cualquier pintura. De ser
necesario, hay que permitir un tiempo más largo para asegur-
se de buenas características para la pintura.

Tapones de madera, tapines y para-aguas reciben un trata

miento preservativo de inmersión. Las cubiertas se tratan en forma similar. Después de lijadas las cubiertas no requieren de tratamiento. Los revestimientos interiores y exteriores encima de la línea de agua de carga liviana deben someterse a un tratamiento por sumersión. Un tratamiento con brocha usando el mismo preservativo que se usó para el tratamiento de sumersión se usa para aplicar a todas las superficies de los marcos y palos. La madera de revestimiento interior y exterior que está por debajo de la línea de agua de carga liviana, así como los pantoques y la caja de cadenas no deben pintarse, deben efectuar chequeos periódicos de las soluciones de sumersión de los preservativos para asegurarse que debido a la evaporación, la solución no esté demasiado concentrada y no cause dificultad en la pintada.

En cuanto a los preservativos en aceite, naftenato de cobre y pentaclorofenol, el vehículo de la solución debe eliminarse secándose al aire. No se recomienda secar al horno debido al peligro de las soluciones volátiles en presencia de aire tratado.

Compuestos fortificados para sellar, deben usarse debajo de cubrejuntas de madera, protectores de regatas, batipor

tes y brazolas de superestructuras; en la caras exteriores de cuadernas y contrafuertes traveseros, los terminales de los marcos, las superficies de contacto de las cubiertas, vigas de cubierta y sobre las superficies de contacto de uniones mecánicas donde no se especifica un adhesivo; y en general en todas las superficies de contacto expuestas a la humedad.

El compuesto sellador reforzado (Wood bedding) no se requiere para cuadernas.

4 - EFFECTOS DEL TRATAMIENTO SOBRE LA RESISTENCIA DE LA MADERA.-

No se considera que los preservativos de la madera son dañinos en sí; pero el tratamiento necesario para inyectarlos en la madera por presión es sumamente severo que si no se lleva a cabo en la forma debida puede ocasionar serios daños a la madera. El tratamiento preservativo del roble para uso marino requiere que la retención, la penetración y cepillada antes del tratamiento con preservativos solubles en agua y luego el secado al horno, sean efectuados con sumo cuidado para no ocasionar daño en cuanto a resistencia y fuerza estructural.

La madera para revestimiento bajo agua, tratado para protección contra horodadores marítimos con productos como Erdilith, Chemonite ó Celcure debe generalmente secarse al punto de humedad de 15 % para que se puedan adherir pinturas de fondo a base de cobre. Aquí, de nuevo se tiene que poner mucho énfasis en la necesidad de un control muy estricto del secado al horno. El plywood tratado también requiere de temperaturas suaves para no reducir la dureza y calidad en cuanto a flexibilidad estática y evitar grietas.

Resultados de pruebas de madera tratada a presión indican bajas de resistencia que pueden afectar el coeficiente de trabajo. Estas bajas pueden llegar al 25%, ocasionalmente más para el esfuerzo, en el extremo de las fibras, en la flexión y la compresión perpendicular a la veta. Usualmente se afecta menos la resistencia en la compresión paralela a la veta y muy poco el módulo de elasticidad. El efecto sobre la resistencia al esfuerzo cortante horizontal puede calcularse inspeccionando las duelas y las fisuras después del tratamiento.

Las pérdidas de fuerza pueden reducirse a un mínimo restringiendo las temperaturas, períodos de calentamiento y las presiones al máximo tomando en cuenta la retención y penetración requerida. Para evitar pérdidas de resistencia mayores que las mencionadas no se debe exceder en las condiciones de tratamiento indicadas por la American Wood Preservers Association.

C A P I T U L O I V

CONCLUSIONES Y RESULTADOS

4. ESFUERZOS ADMISIBLES EN MADERAS ECUATORIANAS

FLEXION PERPENDICULAR A LA FIBRA

FACTOR DE SEGURIDAD = 6

ESPECIE	MOD. ELASTICIDAD E Kg/cm ²	LSF. ROTURA σ_r Kg/cm ²	ESF. ADMISIBLE σ_a Kg/cm ²
AMARILLO	6000	1223	205
AMARILLO LAGARTO	7474	1716	286
BANTANO	4643	804	134
CALADE	3216	402	67
CAOBA	7643	1660	277
CEDRO	* 4388	965	161
CHANUL	6970	1394	232
CHALVIANDE	4704	965	161
COLORADO	5270	1287	214
CUAGARE	3085	643	107
DOMILON	8089	1609	268
FERRAN SANCHEZ	6815	1500	250
FIGUEROA	5082	1020	170
GUACHAPILI	* 1623	182	80
GUAYACAN	3323	1820	303
JIGUA	3237	336	139
LAUPPL	4200	229	155
MACHARE	6419	1180	197

MANGLE	12320	2146	358
MANGLILLO	8290	1824	304
MARATON	4924	858	143
MORAL	5435	1480	247
PALO DE VACA	8851	1660	277
PECHICHE	6039	1555	259
SANDALO	9333	1502	250
TAIGARE	4000	358	143
TILLO	6790	1502	250
UVA	5492	1073	179

NOTA:

--* Fibra no completamente perpendicular a la carga.
- Humedad de las probetas varía entre 8 y 13 %

2- ESFUERZOS ADMISIBLES EN MADERAS ECUATORIANAS
 COMPRESION PARALELA A LA FIBRA
 FACTOR DE SEGURIDAD =5

ESPECIE	MOD. ELASTICIDAD E Kg/cm ²	ESF. ROTURA σ_r Kg/cm ²	ESF. ADMISIBLE σ_a Kg/cm ²
AMARILLO	36428	657	131
AMARILLO LAGARTO	31645	845	169
BANTANO	* 5961	425	85
CALADLE	10555	228	46
CAOBA	25000	550	110
CEDRO	14583	455	87
CHANUL	21136	565	113
CHALVIANDE	28400	512	102
COLORADO	34193	650	130
CUANGARE	* 8704	300	60
DORNILON	40909	635	127
FUPMAN SANCHEZ	13636	425	85
FIGUEROA	15294	437	87
GUACHAPELI	14615	330	66
GUAYACAN	24035	800	160
JIGUA	2444	412	82
LAUREL	* 9079	395	77
MACHARE	13333	572	114

MANGLE	44000	860	172
MANGLILLO	10889	570	114
MARAFON	13947	350	70
MOPAL	21154	700	140
PALO DE VACA	41935	725	145
PUCHICHE	20000	570	114
SANDALO	26818	707	141
TANGARE	21294	425	85
TILLO	11000	690	138
UVA	16364	507	101

NOTA :

- * Fibra no completamente paralela a la carga
- Humedad de las probetas varia entre 8 y 13 %

3.- RESISTENCIA A LA PUDRICION

DURABILIDAD

ESPECIE	MADEROL (Penta- clorofe rol)	IMPRALIT (Pentaclo rofenol)	IMPRALAN (Alcui - trán)	CUPRINOL (Sales de Cobre)	CRECOTA (Alcui. de hulla)	REGATA (Fungi- cida)	DIETDRIN
AMARILLO	C	D	D	D	C	C	D
AMARILLO LAGAR	A	B	B	B	A	B	A
BANTANO	C	D	D	C	D	C	C
CALADE	D	D	D	D	C	C	C
CAOBA	B	C	C	C	B	C	C
CEDRO	C	C	C	C	C	C	C
CHANUL	C	C	D	C	C	D	D
CHALVIANDE	C	C	C	D	D	D	D
COLORADO	C	C	C	C	B	B	C

A *very resistant (very durable)*
 B *resistant (durable)*
 C *" moderate (duration moderate)*
 D *No " (No durable)*

CUANGARE	D	C	D	C	D	C	C
DORMILON	C	C	C	C	D	C	C
FERNAN SANCHEZ	D	D	D	D	D	C	C
FIGUERCA	C	D	C	D	C	D	C
GUACHAPELI	A	A	A	A	A	A	A
GUAYACAN	A	A	A	A	A	A	A
JIGUA	D	D	D	D	D	C	C
LAUREL	C	C	B	B	B	C	C
MACHARE	C	C	C	C	C	C	C
MANGLE	C	C	C	C	B	B	B
MANGLILLO	D	D	D	C	D	C	C
MARAÑON	C	C	B	B	C	C	C
MORAL	A	A	A	A	A	A	A
PALO DE VACA	C	B	B	C	C	C	C

PECHICHE	A	A	A	A	A	A	A	A
SANDALO	C	C	C	C	C	C	C	C
TANGARE	C	C	C	C	C	C	C	C
TILLO	C	B	C	C	B	C	B	C
UVA	C	C	C	C	C	C	C	C

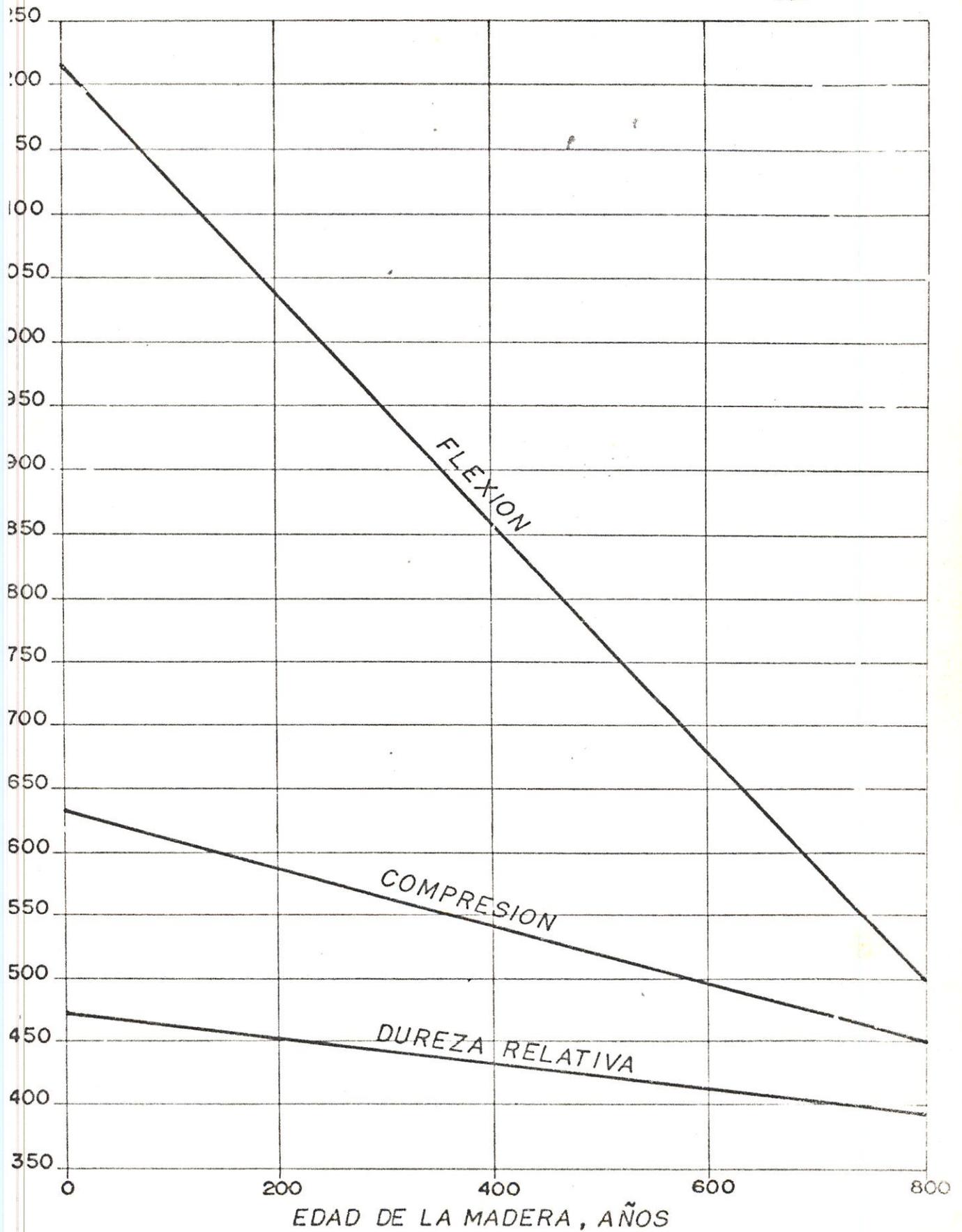
% Pérdida de peso
 0-8
 9-14
 15-24
 25+

Representación
 A
 B
 C
 D

Significado
 Muy resistente (muy durable)
 Resistente (durable)
 Resistencia moderada (duracion moderada)
 No resistente (no durable)

Cuadro N° 7
DURABILIDAD DE ESTRUCTURALES DE BARCOS
ESTIMADA EN AÑOS

PIEZAS	Amarillo Lagarto	Amarillo Tainde	Balsamo	Caoba	Cuisba	Guayacan	Guayacan Pehichi	Guachapeli	Jeje	Laurel de Montaña	Mangle Colorado	Madera Negra	Moral	Morol-Comida Mono	Patealta	Roble
QUILLA	18	5	8	8	18		18			5	8	18	15	12		8
RODA, CODASTE			8		18	18	18	15				18	15	12		7
CONTRARRODA, CONTRACODASTE			8	6	18	18	18	15			7	18	15	12		5
ASTILLA MUERTA			9	6	18	18	18	15				18	15	12		
CUADERNAS, LIGAZONES			10	8	18	18		15	10		8	18	15	12		6
APOSTOLES			15	8	18	18					10	18	15	12		10
SOBREQUILLAS	15		12	8	18	18					10	18	15	12		10
FORRO INTERIOR FONDO	15	8				18	18	15		8			15	12	7	8
FORRO INTERIOR, COSTADOS	15	8	12	8	18			15		8	8		15	12	7	8
GRUMENTOS	15	8	12	8	18					8	8		15	12	7	8
BAOS, CARLINGAS	15	8	10	8	18	18	18	18		8	8		15	12	7	8
ESCUADRAS						18		15	12		10		15	12		
FORRO, FONDO	15	7		8	18	18	18	15		8			15	12	7	8
FORRO, COSTADOS	18	8			18	18	18	15		9			15	12	7	9
FORRO, CUBIERTA	15	8		10				12		7			15	12	7	8



PERDIDA DE LA RESISTENCIA DE UNA MADERA
DURA CON SU EDAD

4.- ESCANTILLONES.-

Como la eslora (L), la manga (B) y el puntal (D), se conocen al comienzo de la construcción y como el desplazamiento final y el tonelaje bruto son más difíciles de calcular, se utilizó la siguiente fórmula para calcular la carga específica:

$$N = \sqrt[3]{(LXBKD)/100} \quad \text{Sistema inglés}$$

$$N = \sqrt[3]{(LXBKD)/2.83} \quad \text{Sistema métrico}$$

Debido a lo pequeñas que son las variaciones de los coeficientes bloque (0.42-0.50) y prismático (0.575-0.645) se asumió que se puede hacer caso omiso de cualquier diferencia en los escantillones debido a la finura del barco. También se asumió que el módulo de flexión de las cuadernas variaría como la carga específica y como el cuadrado de la longitud de la cuaderna.

La longitud de la cuaderna está en relación con:

$$F = [(B+D)/2]^2 \quad \text{Sistema inglés}$$

$$F = 2.69 (B+D)^2 \quad \text{Sistema métrico}$$

Existen diagramas para determinar las secciones de las cuadernas y su espaciamiento con $N \times F$

Una tabla recomienda el espesor del forro con relación a la carga específica y al espaciamiento de cuadernas

Se han elaborado diagramas análogos para determinar los baos de cubierta

Los escantillones para la quilla, sobrequilla, tablonés de aparadura y otras piezas longitudinales se determinan con relación al espesor del forro.

a).- Determinación de Escantillones - (SMITH)

Para un barco nuevo es necesario conocer sus dimensiones básicas: Eslora total, manga y puntal.

1.- Cálculo de N, F

En pies:

$$N = \sqrt[3]{\frac{L \times B \times D}{100}}$$

$$F = \frac{(B + D)^2}{2}$$

En metros:

$$N = \sqrt[3]{\frac{L \times B \times D}{2.83}}$$

$$F = 2.69 (B + D)^2$$

$$N \times F =$$

Donde :

N = Carga específica

F = Longitud de la cuaderna.

2.- Espaciamiento entre cuadernas y espesor del forro.

Seleccione el espaciamiento standar de las cuadernas con aproximación de 1/2", y el espesor del casco con aproximación de 1/8" a partir de la Tabla N^o 1

3.- Dimensiones de la cuaderna.

- a.- Obtenga el módulo seccional Z de la cuaderna entrando con el valor N x F a la Fig. 19
- b.- Entrar a la fig. 20 con los valores de Z y el espaciamiento standar de la cuaderna para obtener, si es necesario interpolando, la dimensión standar de la cuaderna. Si la diferencia del espesor de la cuaderna es apreciable, seleccione en el gráfico un nuevo espaciamiento, después vuelva a la Tabla N-1, y seleccione nuevamente el espesor del forro.
- c.- Obtener de la fig. 21 la cuaderna moldeada en la quilla y en la cubierta.

4.- Baos de cubierta

- a.- Selecciones el módulo seccional por pie de longitud del barco para una manga dada, de la Fig 22
- b.- Proceda igual que en numeral 3 usando el espaciamiento de cuaderna obtenido de la fig 23
Teóricamente el bao puede ser reducido en sus costados cuando la longitud del bao es menor que $2/3$ de la manga. Se debe incrementar el ancho en un 40% para escotillas.

5.- Otros escantillones

Están relacionados con el espesor standar del forro (t)

- a.- Quilla - Roda
Profundidad = 8t
Ancho = 4 t
- b.- Zapata, depende de la longitud de la embarcación y varía de $2 \frac{1}{2}$ a 4 pulgadas.
- c.- Sobrequilla
Ancho = 4t
Profundidad = 4 t.
- d.- Sobrequillas laterales, sólo para embarcaciones mayores de 95 pies.
Ancho = 3.2 t
Profundidad = $0.3 \times$ Ancho = 2.56 t

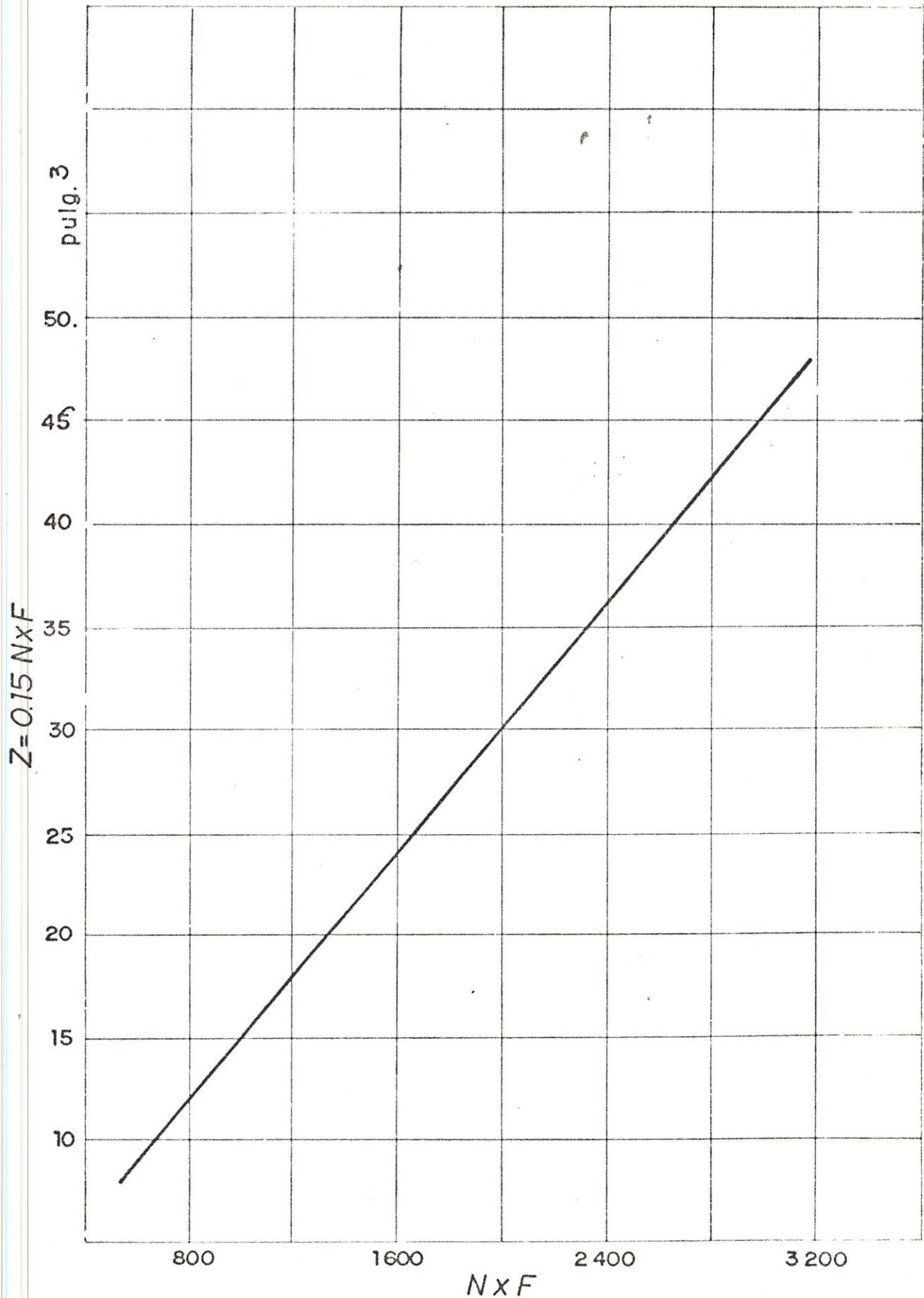
C U A D R O N- 8

TABLA N- 1

$$N = \sqrt[3]{\frac{L \times B \times D}{2,83}}$$

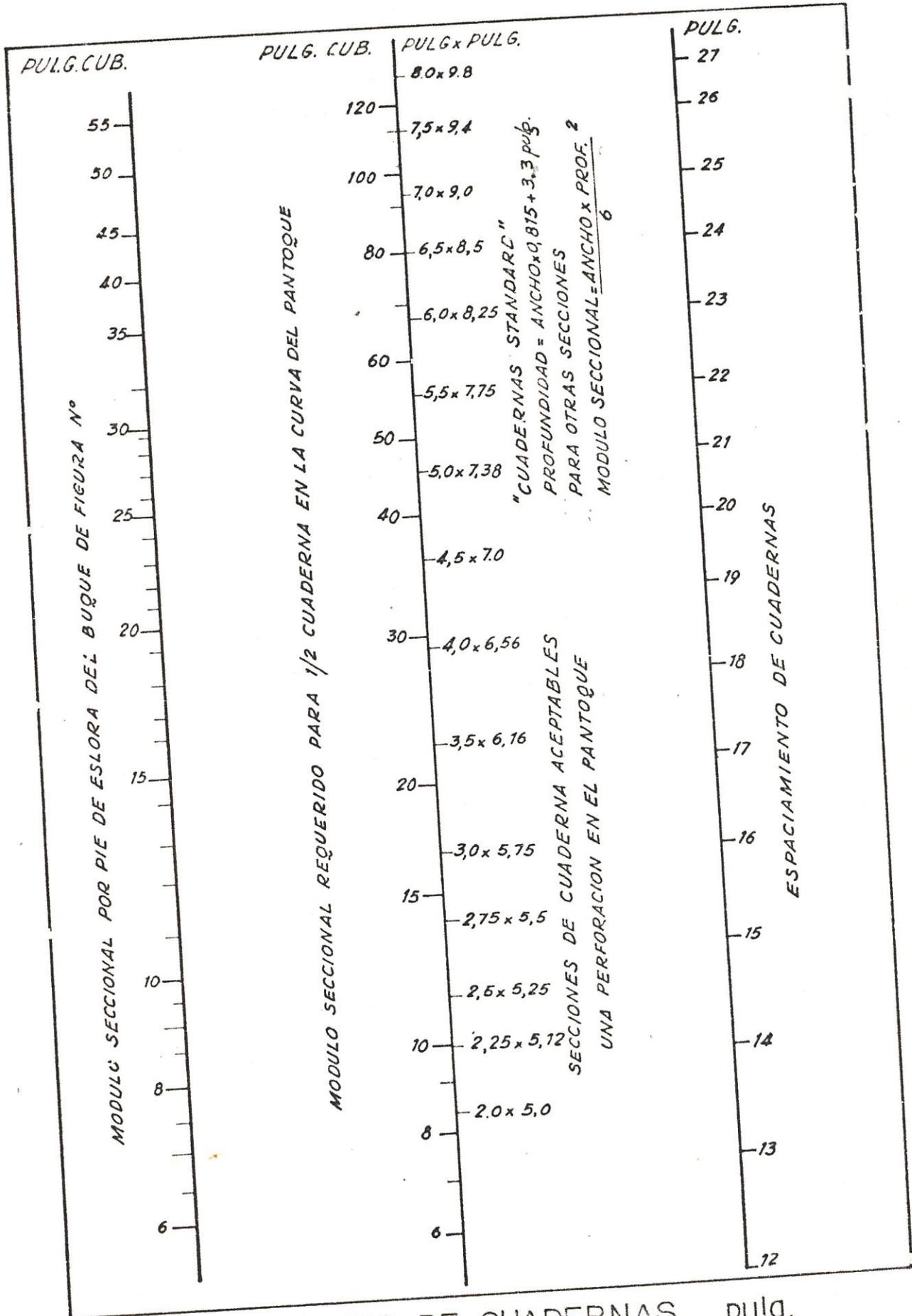
ESPACIAMIENTO STANDARD DE CUADERNAS Y ESPESOR DEL FORRO

N-	ESPACIAMIENTO DE CUADERNAS		ESPESOR DEL FORRO	
	Pulg.	mm	Pulg.	mm.
4 00	12	305	1 1/2	38
4 25	13	330	1 5/8	41
4 50	14	356	1 3/4	44
4 75	15	380	1 7/8	48
5 00	16	406	2	51
5 25	17	432	2 1/8	54
5 50	18	457	2 1/4	57
5 75	18	457	2 3/8	60
6 00	19	483	2 1/2	64
6 25	20	508	2 5/8	67
6 50	21	533	2 3/4	70
6 75	22	559	2 7/8	73
7 00	22	559	3	76
7 25	23	584	3 1/8	79
7 50	24	610	3 1/4	83
7 75	25	635	3 3/8	86
8 00	26	686	3 1/2	89



MODULO SECCIONAL DE CUADERNAS

FIG. 19



DIMENSIONES DE CUADERNAS pulg.

FIG. 20

OPTIMIZACION DE DIMENSIONES DE CUADERNA

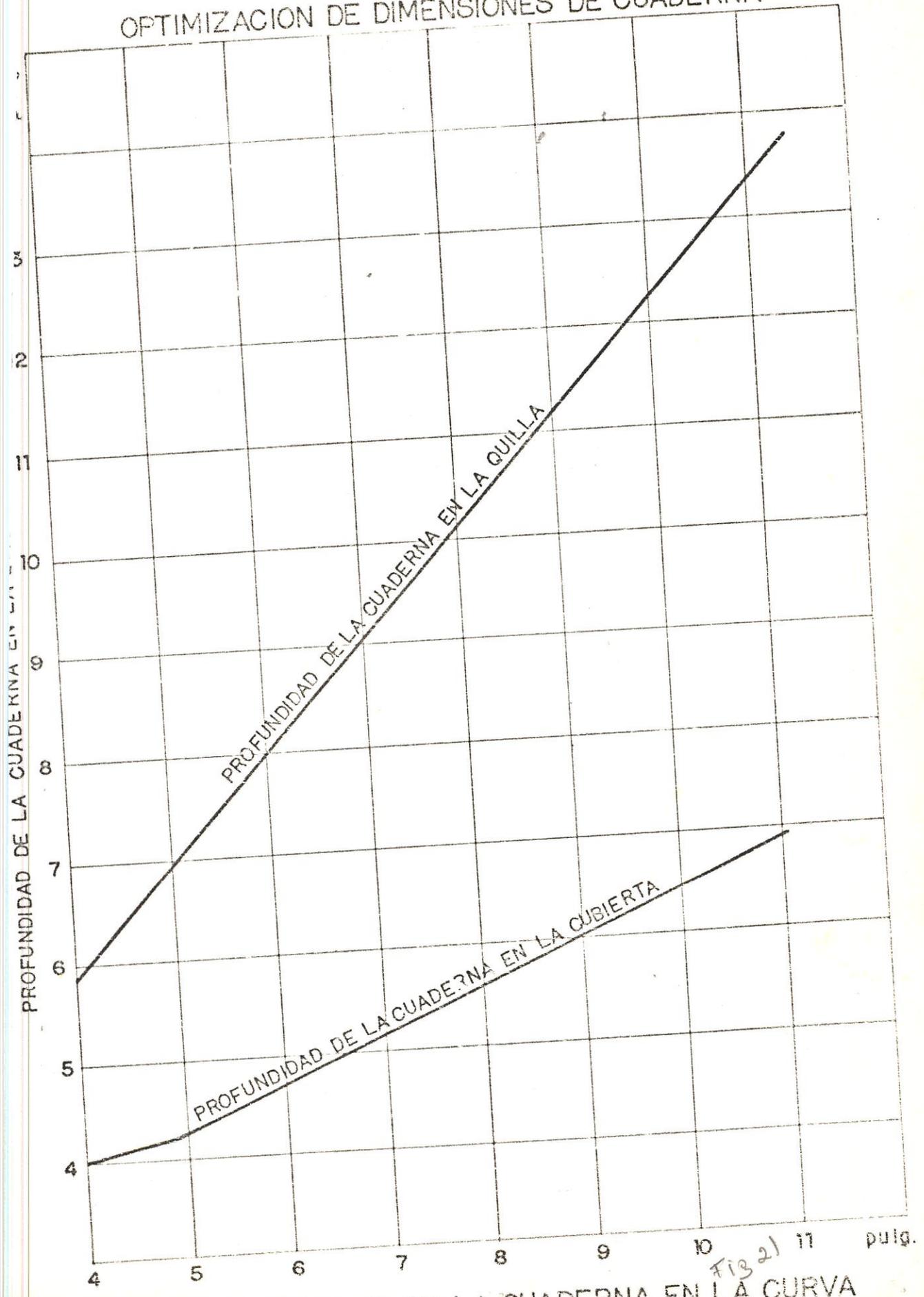


Fig 2) PROFUNDIDAD DE LA CUADERNA EN LA CURVA

BAOS: MODULO SECCIONAL

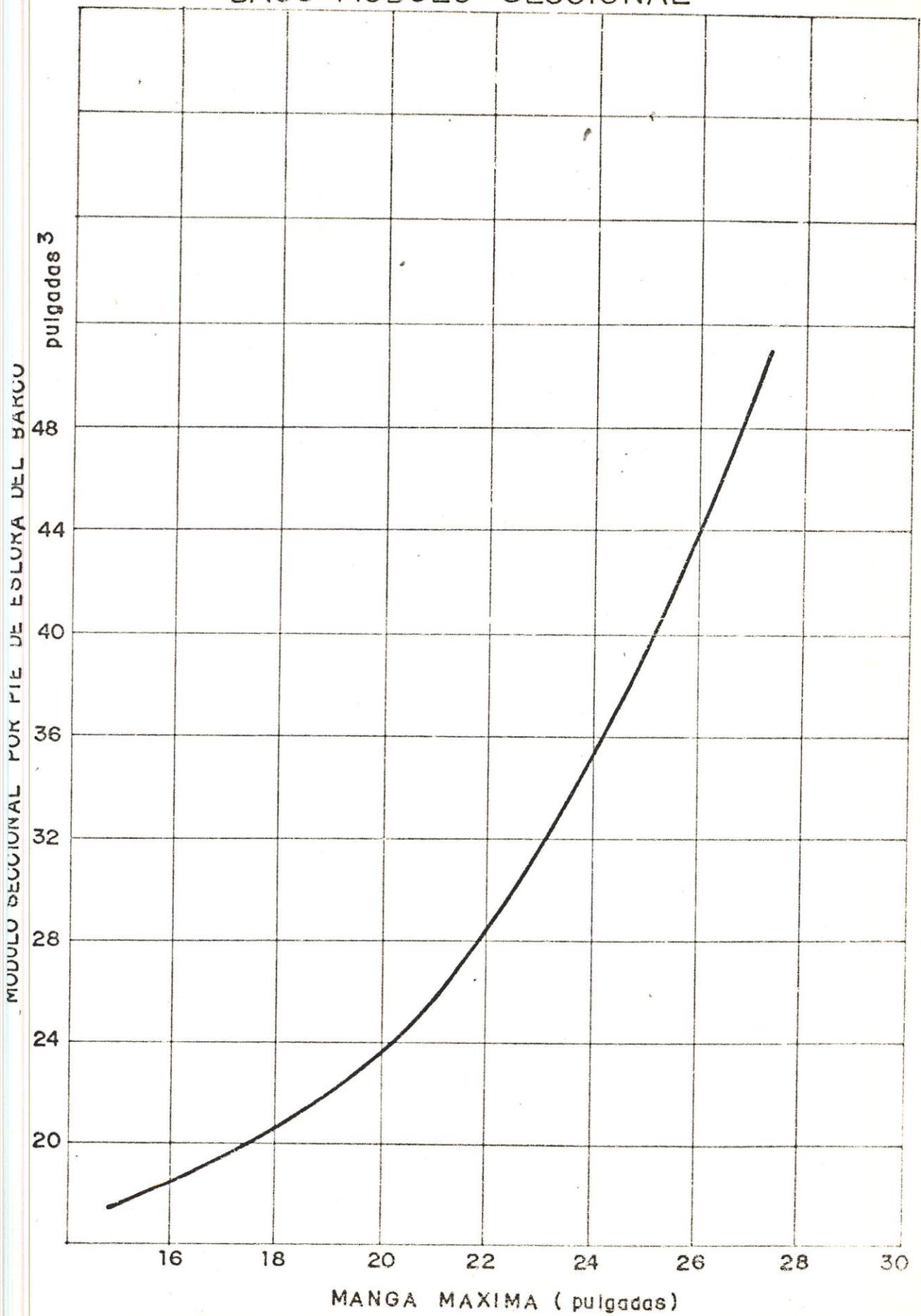


FIG. 22

PULG. CUB. 44

PULG. CUB.

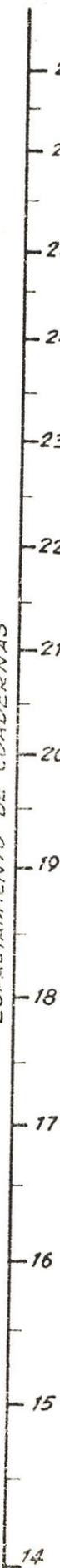
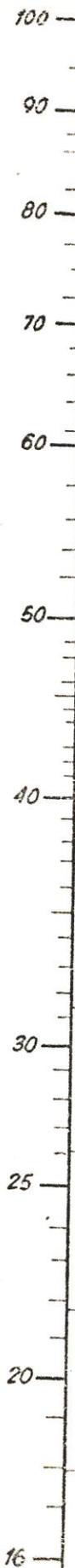
PULG.

MÓDULO SECCIONAL POR PIE DE ESORA DE FIG. N°

MÓDULO SECCIONAL REQUERIDO

ANCHO Y PROFUNDIDAD PARA BAOS (MADERA PESADA)

ESPACIAMIENTO DE CUADERNAS



6.75 x 9.64
PULG x PULG.

6.50 x 9.26

6.25 x 8.93

6.00 x 8.58

5.75 x 8.22

5.50 x 7.86

5.25 x 7.50

5.00 x 7.14

4.75 x 6.79

4.50 x 6.43

4.25 x 6.07

4.00 x 5.71

3.75 x 5.35

27

26

25

24

23

22

21

20

19

18

17

16

15

14

BAOS STANDARD
ANCHO = 0.70 x PROFUNDIDAD
MÓDULO SECCIONAL = 0.117 x PROF.³

BAO NO STANDARD
MÓDULO SECCIONAL
ANCHO x PROF.²
6

DIMENSIONES DE BAOS

e.- Codaste.

Profundidad = $1.3 \times$ Ancho quilla = 7.2 t.

f.- Túnel del eje.

No menor de $3 \times D$ (Diámetro del eje)

g.- Primera hilada de la Quilla

Espesor = 1.5 t.

Ancho = 3 a 4t.

h.- Segunda hilada de la Quilla

Espesor = 1.2 t

i.- Palmejares

Espesor = 1.25 t

Ancho = $6.75 \times$ Espesor = 8.43 t.

j.- Grumentos

Espesor=1.25 t.

Ancho = $13 \times$ Espesor = 16.2 t.

k.- Cubierta, generalmente se utiliza el mismo espesor del forro, pero no debe ser menor de 2 pulgadas.

l.- Mamparos, se utiliza el doble del espesor del forro.

b.- Reglas de escantillones.- (NEVINS)

Estas reglas son en función del desplazamiento y sirven para pequeñas embarcaciones de madera. Los cálculos estructurales se realizan por medio de

gráficos en combinación con las siguientes fórmulas:

a.- Quilla

$$\text{Alto} \geq (\text{Volumen})^{1/3} \times 0.7$$

$$\text{Ancho} \geq 2 \times \text{Alto máximo de la quilla.}$$

b.- Roda

$$\text{Ancho parte superior} \geq 4 \times \text{espesor del forro.}$$

$$\text{Ancho parte inferior} \geq \text{ancho de la quilla}$$

$$\text{Alto} \geq \text{Ancho de la roda}$$

c.- Codaste

$$\text{Ancho} \geq 4 \times \text{Espesor del forro.}$$

$$\text{Alto} \geq \text{ancho del codaste}$$

d.- Cuadernas

Dobladas a vapor: Area seccional Fig. 24

Acerradas: 1.5 Area seccional Fig. 24.

e.- Forro exterior

Espesor de Fig. 24

f.- Forro interior, es necesario cuando $V^{1/3} \geq 10$ y debe extender lo largo de la eslora en la línea de flotación.

$$\text{Espesor} \geq 0.4 \text{ Espesor del forro exterior.}$$

g.- Palmejares, son necesarios cuando no hay otro interior y deben extenderse hasta 3/4 de la eslora.

$$\text{Area seccional} = 3 \times \text{Area de la cuaderna Fig. 25}$$

h.- Grumento y Rudón, deben extenderse hasta $3/4$ de la eslora y pueden ser dos miembros o uno solo combinado.

Area combinada de sección = $3.5 \times$ Area de la cuaderna Fig. 25.

i.- Baos de Cubierta.

Area seccional Fig. 24

Espaciamiento = Espaciamiento de cuadernas Fig. 24

Ancho $\leq 6.5 \times$ Espesor del bao.

j.- Baos reforzados, cuando hay escotilla

Area de la sección = $1.75 \times$ Area bao de cubierta.

ESPESOR DEL FORRO EXTERIOR Y
 AREA DE LA SECCION DE LOS BAOS DE CUBIERTA

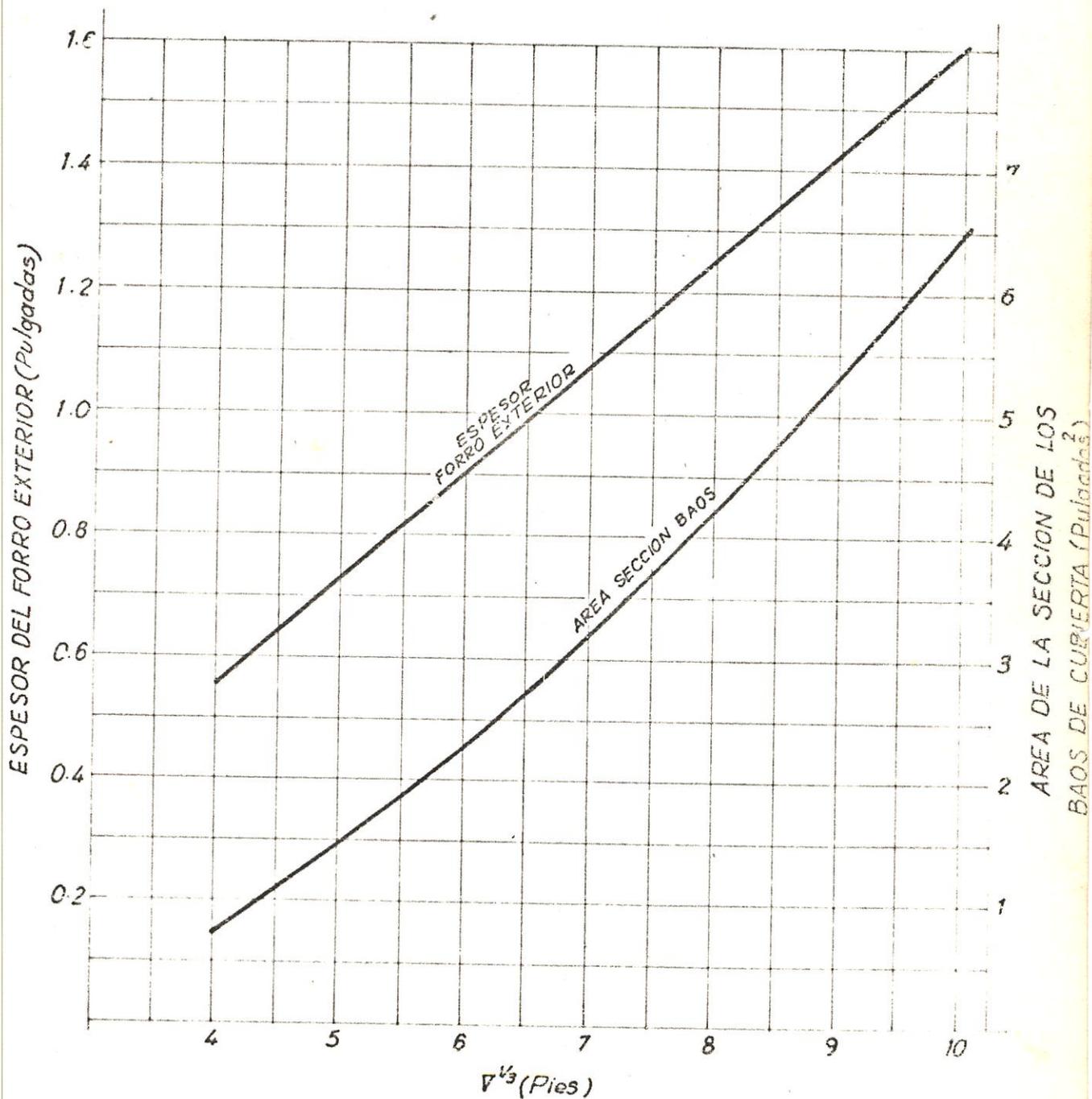


FIG. 24

ESPACIAMIENTO ENTRE CUADERNAS
Y AREA DE LA SECCION DE CUADERNAS

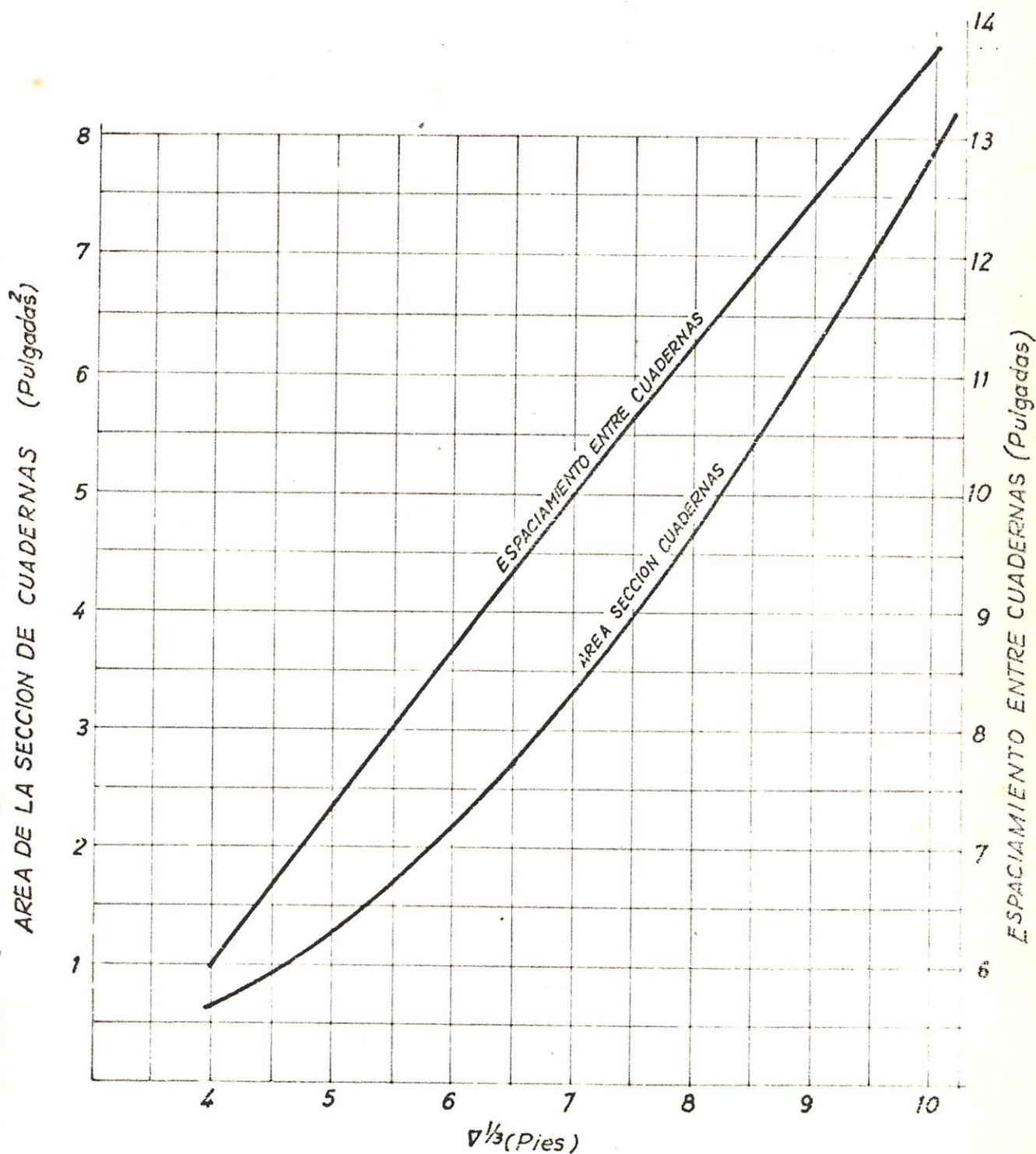


FIG. 25

5.- USOS RECOMENDABLES PARA MADERAS NACIONALES EN CONSTRUCCION NAVAL.-

CUADERNAS	Guayacán	Guachapelí	Jele	Amarillo	
FORRO	Amarillo Lagarto Cedro	Laurel Amarillo Tainde (Alcanfor)	Moral	Palealta	Roble Guayacán
RODA	Bálsamo	Guachapelí	Guayacán	Amarillo	
CODASTE	Bálsamo	Guachapelí	Guayacán	Amarillo	
BAOS	Bálsamo	Mangle	Caoba		
SOBREQUILIA	Bálsamo	Cuiba	Guayacán	Mangle	Moral
QUILLA	Cuiba	Guayacán	G. Pechiche	Moral	Mangle Madera Negra
CUBIERTA	Amarillo Lagarto Roble	Laurel	Caoba	Guachapelí	Laurel Paleaita
GRUMENTOS	Bálsamo	Moral			
LIGAZONES	Guachapelí	Guayacán	Jelé		
DESCANSOS EJE	Madera Negra	Guayacán			
MASTILES		Laurel prieto			

GASETAS Amarillo Roble Cedro Laurel
 DURMIENTES Mangle Guayacán Moral
 PISOS Roble Amarillo Laurel Cedro
 PALA Amarillo Guayacán

CASSETAS	Amarillo	Roble	Cedro	Laurel
DURMIENTES	Mangle	Guayacán	Moral	
PISOS	Roble	Amarillo	Laurel	Cedro
PALA	Amarillo	Guayacán		

Bibliografía

- 1.- WOOD: A manual for its use as A SHIPBUILDING MATERIAL
volumen I, II, III, IV
1957 - 1958 - 1962
- 2.- STANDARD METHODS OF TESTING SMALL CLEAR SPECIMENS
OF TIMBER A.S.T.M.
D 143 - 52
- 3.- TENTATIVE METHODS OF EVALUATING WOOD PRESERVATIVES
BY FIELD TEST WITH STAKES
A.S.T.M.
D 1758 - 60T
- 4.- LABORATORIO DE ENSAYOS INDUSTRIALES
González Arias - Palaxón
- 5.- TIMBER OF ECUADOR BEST SUITED FOR WOODEN SHIPS
Laurence V. Teesdale
U.S.F.P.L. 1943
- 6.- MADERAS DE CONSTRUCCION Y DECORACION
Juan Bergos
- 7.- THE DECAY RESISTANCE OF CERTAIN CENTRAL AMERICAN
AND ECUADORIAN WOODS
Theodore C. Scheffer

Catherine G. Duncan

U. S. F. P. L. 1947

- 8 - RESISTENCIA NATURAL DE LA MADERA A LA DETERIORACION
MICROBIAL

Theodore C. Scheffer

Ellis B. Cowling

- 9 - BOATBUILDING MANUAL

Bob Steward

- 10 - CONSTRUCCION DEL YATE

Jorge M. Iturbide

- 11 - TECNICAS DE LABORATORIO PARA PRUEBAS DE MATERIALES

Carl A. Kayser

- 12 - MANUAL DEL INGENIERO MECANICO

Baumeister y Marks

- 13 - RESISTENCIA DE MATERIALES

S. Timoshenko

- 14 - OPTIMIZACION DE EMBARCACIONES PARA LA PESCA ARTESANAL

T. J. Nolan

- 15 - RESISTENCIA CONTRA PUDRICION DE SIETE ESPECIES DE RO
BLE DE LOS EE UU

U.S.F.P.L. 1949

- 16 - DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA CONTRA EL DETERIORO MICROBIAL
U.S.F.P.L. 1966
- 17 - FUNGOSIDAD ASOCIADA CON DETERIORO DE PRODUCTOS MADEREROS EN LOS EE UU
U.S.F.P.L. 1965
- 18 - SECTOR MADERA, PULPA y PAPEL
CENDES 1972
- 19 - MADERA PRESERVADA
CENDES 1969
- 20 - MADERA AGLOMERADA
CENDES 1967
- 21 - SOLAR DRYING OF TROPICAL HARDWOODS
Institute of Tropical Forestry. Río Piedras, Puerto Rico
- 22 - FISHING BOATS OF THE WORLD: 2
F.A.O. Jan Olof Traung
- 23 - FORMULAS DE RESISTENCIA DE MATERIALES, ESFUERZOS Y DEFORMACIONES
Raymond J. Roark