

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

"ENSAYO DE MAQUINABILIDAD DE LAS FUNDICIONES DE HIERRO"

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO

PRESENTADA POR:

ANGEL GONZALO LOPEZ ZARABIA

GUAYAQUIL - ECUADOR

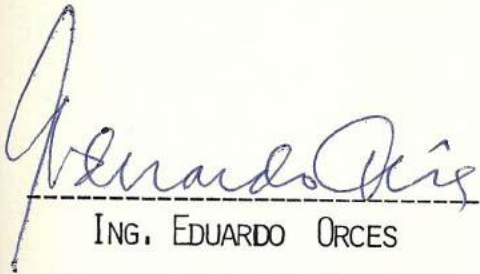
1.987

AGRADECIMIENTO

AL ING. MANUEL HELGUERO G., DIRECTOR DE TESIS, POR SU AYUDA Y COLABORACION PARA LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO , Y AL PERSONAL DE LA ESPOL, QUE DE UNA U OTRA MANERA AYUDARON A LA CULMINACION DE LA PARTE EXPERIMENTAL.-

DEDICATORIA

ESTE TRÁBAJO REALIZADO A BASE DE
ESFUERZO Y PACIENCIA VA DEDICADO
A MIS PADRES: GONZALO Y ORFELINA,
QUIENES SIEMPRE CON AMOR Y SACRI
FICIO, ME HAN APOYADO A LA OBTEN
CION DE MI PROFESION, SIENDO DE
ESTE MODO LOS FACTORES FUNDAMENTA
LES PARA ALCANZAR ESTA META.



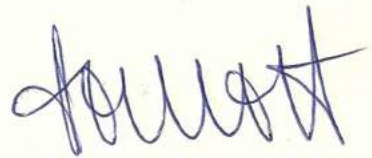
ING. EDUARDO ORCES
DECANO DE LA FACULTAD DE
INGENIERIA MECANICA .



ING. MANUEL HELGUERO
DIRECTOR DE TESIS



ING. IGNACIO WIESNER
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



ING. HOMERO ORTIZ
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

"LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS, IDEAS Y DOCTRINAS
EXPUESTOS EN ESTA TESIS, ME CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE;
Y, EL PATRIMONIO INTELECTUAL DE LA MISMA, A LA ESCUELA
SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(REGLAMENTO DE EXAMENES Y TITULOS PROFESIONALES DE LA
ESPOL).



ANGEL GONZALO LOPEZ ZARABIA

RESUMEN

En el presente trabajo se usa cinco tipos de fundiciones de distinto grado de dureza, a las cuales se les realiza un ensayo de maquinabilidad, en una operación de cilindrado - utilizando para el efecto pastillas de carburo de tungsteno como herramienta de corte.

Este ensayo consiste en analizar el desgaste uniformemente - creciente de la herramienta hasta llegar a la destrucción - de la misma, para cuyo efecto se han realizado gráficas : desgaste del flanco Vs. tiempo de mecanizado; tiempo de mecanizado Vs. velocidad de corte; rugosidad real Vs. avance; y rugosidad real Vs. velocidad de corte. Estas relaciones permiten establecer un índice de maquinabilidad a determinada - condición de corte, indicándonos en forma porcentual el mayor o menor grado de mecanización.

INDICE GENERAL

	<u>Pags.</u>
RESUMEN -----	VI
INDICE GENERAL -----	VII
INDICE DE FIGURAS -----	X
INDICE DE TABLAS -----	XIV
INTRODUCCION -----	18
CAPITULO I	
PROBLEMAS QUE TIENE LA MECANIZACION DE FUNDICIONES -----	20
1.1. DEFINICION DEL PROBLEMA -----	21
1.2. INFLUENCIA DE LA MICROESTRUCTURA -----	22
1.3. ESTADO NORMAL -----	28
1.4. EFECTO DE ELEMENTOS ALEANTES -----	28
1.5. EFECTO DEL RECOCIDO -----	30
CAPITULO II	
FACTORES QUE SE TIENEN EN CUENTA EN UN ENSAYO DE MAQUINABILIDAD -----	33

VIII

	<u>Págs.</u>
2.1. FENOMENOS TERMICOS -----	35
2.2. DESGASTE Y DESTRUCCION DE LA HERRAMIENTA -----	39
2.3. ESFUERZOS MECANICOS -----	44
2.4. ALTERACIONES GEOMETRICAS (DIMENSIONES Y ESTADO <u>SU</u> PERFICIAL) -----	47
2.5. ENSAYO GLOBAL DE MECANIZACION -----	53
2.5.1. Duración de la herramienta y rugosidad ----	54
CAPITULO III	
ANALISIS EXPERIMENTAL -----	61
3.1. DEFINICION DE LA HERRAMIENTA Y CONDICIONES DE <u>COR</u> <u>TE</u> -----	63
3.1.1. Selección o diseño de la herramienta de <u>cor</u> te -----	69
3.1.1.1. HERRAMIENTA DE ACERO RAPIDO:-----	75
3.1.1.2. HERRAMIENTA DE CARBURO DE TUNGSTE- NO: -----	76
3.2. FUNDICION A MECANIZARSE -----	80
3.2.1. Tipos de fundiciones -----	80
3.2.2. Análisis metalográfico -----	80
3.2.3. Propiedades mecánicas -----	86
3.2.4. Tratamientos térmicos -----	86
3.3. ENSAYO DE MECANIZADO -----	87

	<u>Págs.</u>
3.3.1. Análisis del desgaste y destrucción de la herramienta -----	87
3.3.2. Análisis del estado superficial-----	118
3.3.3. Índice de maquinabilidad para determinada <u>con</u> dición de corte -----	138
CAPITULO IV	
ANALISIS DE RESULTADOS -----	140
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	143
APENDICES -----	145
BIBLIOGRAFIA -----	168

INDICE DE FIGURAS

Nº		<u>Pags.</u>
CAPITULO I		
1.1.	DIAGRAMA DE EQUILIBRIO HIERRO - CARBURO DE HIERRO -----	24
CAPITULO II		
2.1.	ZONAS DE GENERACION O DESARROLLO DE CALOR--	37
2.2.	DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS EN LA PIEZA Y LA VIRUTA DURANTE EL CORTE ORTOGONAL DE ACE RO DULCE -----	38
2.3.	ZONAS DE DESGASTE DE LA HERRAMIENTA EN EL CORTE DE METALES -----	41
2.4.	DESGASTE DEL FLANCO DE UNA HERRAMIENTA ----	43
2.5.	DESCOMPOSICION DE LA FUERZA QUE LA PIEZA - APLICA A LA HERRAMIENTA EN LAS DIRECCIONES X-Y-Z-----	46
2.6.	MODELO IDEALIZADO DEL ACABADO SUPERFICIAL - PARA UNA HERRAMIENTA CON PUNTA REDONDEADA--	49
2.7.	COMPARACION DE RESULTADOS EXPERIMENTALES -	

XI

<u>Nº</u>		<u>Pags.</u>
	CON MODELO DE ACABADO SUPERFICIAL---	50
2.8.	EFFECTO DE LA VELOCIDAD DE CORTE EN EL - ACABADO SUPERFICIAL -----	52
2.9.	CARACTERISTICAS DEL DESGASTE DE UNA HE RRAMIENTA EN EL TORNEADO -----	55
2.10.	RELACION ENTRE LA DURACION DE LA HERRA- MIENTA Y LA VELOCIDAD DE CORTE -----	58
CAPITULO III		
	TORNO TIPO PARALELO TURRI T-220 (TALLER MECANICO DE LA ESPOL) -----	62
3.1		
3.2	PORTAHERRAMIENTA T MAX P PTNR 2525 M22-	70
3.3	DIMENSIONAMIENTO DE LA PLAQUITA -----	77
3.4	DIMENSIONAMIENTO DEL PORTAHERRAMIENTA---	79
3.5	MICROSCOPIO DE ANALISIS METALOGRAFICO---	80
3.6	MICROESTRUCTURA DE LA PRIMERA FUNDICION-	81
3.7	MICROESTRUCTURA DE LA SEGUNDA FUNDICION-	82
3.8	MICROESTRUCTURA DE LA TERCERA FUNDICION-	83
3.9	MICROESTRUCTURA DE LA CUARTA FUNDICION--	84
3.10	MICROESTRUCTURA DE LA QUINTA FUNDICION-	85
3.11	CILINDRADO DE HIERRO FUNDIDO DURANTE EN SAYO DE DESGASTE - DURACION DE LA HERRA- MIENTA -----	89
3.12	MACROSCOPIO MARCA: WILD -----	90

XII

	<u>Pags.</u>
3.13a	DESGASTE DEL FLANCO DE LA HERRAMIENTA----- 92
3.13b	DESGASTE DE LA CARA DE LA HERRAMIENTA----- 92
3.14	DESGASTE CARA - FLANCO (EN PERSPECTIVA)--- 93
3.15a	DESGASTE DE CARA - FLANCO (EN PERSPECTIVA) 94
3.15b	DESGASTE DEL FLANCO DE LA HERRAMIENTA ----- 94
3.16	CURVA DE DESGASTE DEL FLANCO Vs. TIEMPO DE MECANIZADO (PRIMERA FUNDICION) ----- 98
3.17	CURVA DE TIEMPO MECANIZADO Vs. VELOCIDAD DE CORTE (PRIMERA FUNDICION)----- 100
3.18	CURVA DE DESGASTE DEL FLANCO Vs. TIEMPO DE MECANIZADO (SEGUNDA FUNDICION)----- 103
3.19	CURVA DE TIEMPO DE MECANIZADO Vs. VELOCIDAD DE CORTE (SEGUNDA FUNDICION)----- 105
3.20	CURVA DE DESGASTE DEL FLANCO Vs. TIEMPO DE MECANIZADO (TERCERA FUNDICION)----- 107
3.21	CURVA DE TIEMPO DE MECANIZADO Vs. VELOCIDAD DE CORTE (TERCERA FUNDICION)----- 109
3.22	CURVA DE DESGASTE DEL FLANCO Vs. TIEMPO DE MECANIZADO DE LA CUARTA FUNDICION----- 111
3.23	CURVA DE TIEMPO DE MECANIZADO Vs. VELOCIDAD DE CORTE DE LA CUARTA FUNDICION----- 113
3.24	CURVA DE DESGASTE DEL FLANCO Vs. TIEMPO DE MECANIZADO DE LA QUINTA FUNDICION ----- 115
3.25	CURVA DE TIEMPO DE MECANIZADO Vs. VELOCIDAD DE CORTE DE LA QUINTA FUNDICION ----- 117

XIII

		<u>Pags.</u>
3.26	RUGOSIDAD PALPADOR SIGMA -----	120
3.27	PALPADOR DEL RUGOSIMETRO -----	121
3.28	CURVA DE RUGOSIDAD Vs. AVANCE (PRIMERA FUNDI CION)-----	124
3.29	CURVA DE RUGOSIDAD Vs. VELOCIDAD DE CORTE - (PRIMERA FUNDICION) -----	125
3.30	CURVA DE RUGOSIDAD Vs. AVANCE (SEGUNDA FUNDI CION) -----	127
3.31	CURVA DE RUGOSIDAD Vs. VELOCIDAD DE CORTE (SE GUNDA FUNDICION) -----	128
3.32	CURVA DE RUGOSIDAD Vs. AVANCE (TERCERA FUNDI CION)-----	130
3.33	CURVA DE RUGOSIDAD Vs. VELOCIDAD DE CORTE - TERCERA FUNDICION) -----	131
3.34	CURVA DE RUGOSIDAD Vs. AVANCE (CUARTA FUNDI- CION) -----	133
3.35	CURVA DE RUGOSIDAD Vs. VELOCIDAD DE CORTE - (CUARTA FUNDICION) -----	134
3.36	CURVA DE RUGOSIDAD Vs. AVANCE (QUINTA FUNDI- CION) -----	136
3.37	CURVA DE RUGOSIDAD Vs. VELOCIDAD DE CORTE - (QUINTA FUNDICION) -----	137

INDICE DE TABLAS

<u>Nº</u>		<u>Pags.</u>
1.	RECOMENDACIONES PRACTICAS PARA RECOCIDO DEL HIERRO FUNDIDO GRIS -----	32
2	VALORES DE RUGOSIDAD RECOMENDADOS POR LA ISO -----	60
3	VALORES DE AMPLITUD DE VIBRACION -----	63
4	TABLA DE CAMPO DE APLICACION DE LA HERRAMIE <u>N</u> TA -----	65
5	GAMA DE VELOCIDADES DEL HUSILLO -----	67
6	SELECCION DE AVANCES -----	68
7	PROPIEDADES MECANICAS (NUMERO DE DUREZA - BRINEL) -----	86
8	TABLA DE DATOS EXPERIMENTALES (PRIMERA FUN <u>D</u> DICION)-----	96
9	TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (PRIMERA FUN <u>D</u> DICION CON RECOCIDO)-----	97
10	TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (PRIMERA FUN <u>D</u> DICION) -----	99
11	TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (SEGUNDA FUN <u>D</u> DICION)-----	101

<u>Nº</u>		<u>Pags.</u>
12	TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (SEGUNDA FUN DACION CON RECOCIDO)-----	102
13	TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (SEGUNDA FUN DACION) -----	104
14	TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (TERCERA FUN DACION) -----	106
15	TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (TERCERA FUN DACION) -----	108
16	TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (CUARTA FUN DACION) -----	110
17	TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (CUARTA FUN DACION) -----	112
18	TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (QUINTA FUN DACION) -----	114
19	TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (QUINTA FUN DACION) -----	116
20	TABLA DE VALORES EXPERIMENTALES DE RUGOSIDAD (PRIMERA FUNDICION) -----	123
21	TABLA DE VALORES EXPERIMENTALES DE RUGOSIDAD (SEGUNDA FUNDICION) -----	126
22	TABLA DE VALORES EXPERIMENTALES DE RUGOSIDAD (TERCERA FUNDICION) -----	129
23	TABLA DE VALORES EXPERIMENTALES DE RUGOSIDAD (CUARTA FUNDICION) -----	132

N ^o		<u>Pags.</u>
24	TABLA DE VALORES EXPERIMENTALES DE RUGOSI DAD (QUINTA FUNDICION) -----	135
25	ABACO DE VELOCIDADES DE CORTE DE UN TORNO CUMBRE 022 (ESCALAS DECIMALES) -----	146
26	ABACO DE VELOCIDADES DE CORTE DE UN TORNO CUMBRE 022 (ESCALAS LOGARITMICAS)-----	147
27	CARACTERISTICAS DEL TRABAJO DE TORNO CON METAL DURO -----	148
28	VALORES RECOMENDADOS DEL ANGULO DE DESPREN DIMIENTO PARA TRABAJAR DISTINTOS MATERIA LES CON VARIOS TIPOS DE HERRAMIENTAS-----	149
29	VALORES RECOMENDADOS DEL ANGULO DE INCI DENCIA PARA TRABAJAR DISTINTOS MATERIALES CON DISTINTAS CLASES DE HERRAMIENTAS-----	150
30	VARIACION DE LA DURACION DE LA HERRAMIENTA CUANDO SE HACE VARIAR EL ANGULO DE INCIDEN CIA MANTENIENDO CONSTANTE TODAS LAS DEMAS CIRCUNSTANCIAS -----	151
31	CLASIFICACION DE LOS MATERIALES DE LAS HE RRAMIENTAS SEGUN LA DUREZA EN CALIENTE-----	152
32	VALORES INDICATIVOS DEL DESGASTE VB Y KT - ADMISIBLES EN LAS HERRAMIENTAS DE TORNEAR-	153
33	RUGOSIDADES SUPERFICIALES REQUERIDAS SE GUN LA APLICACION-----	154

XVII

Nº		<u>Pags.</u>
34	SISTEMA DE SUJECION DEL PORTAHERRAMIENTA	155
35	FORMA DE LA PLAQUITA -----	156
36	TIPO DE MANGO EN FUNCION DEL ANGULO DE POSICION -----	157
37	ANGULO DE INCIDENCIA DE LA PLAQUITA ----	158
38	ACCION DE LA HERRAMIENTA -----	159
39.a.	ALTURA DEL MANGO -----	160
39.b.	ANCHO DEL MANGO -----	160
40.a.	LONGITUD DEL PORTAHERRAMIENTA -----	161
40.b.	LONGITUD DE LA ARISTA DE CORTE -----	161
41.a.	FORMA DE LA PLAQUITA -----	162
41.b.	FILO DE CORTE PRINCIPAL CON ANGULO DE <u>IN</u> CIDENCIA -----	162
42.a.	TOLERANCIAS DE LA GEOMETRIA DE LA HERRA- MIENTA -----	163
42.b.	TIPO DE ESTACION -----	163
43	TAMAÑO DE LA PLAQUITA -----	164
44.a.	ESPESOR -----	165
44.b.	RADIO -----	165
45.a.	TIPO DE FILO DE CORTE -----	166
45.b.	DIRECCION DEL AVANCE -----	166
46.	OPCIONES DEL FABRICANTE -----	167

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

En nuestras industrias metalmecánicas existe un problema en mecanizar las fundiciones de hierro, repercutiendo por ende en un muy limitado campo de utilización. La falta de conocimiento de datos que guíen en mejor forma a mecanizar ocasiona el desgaste prematuro de las herramientas de corte y un mal acabado superficial.

Investigaciones últimas sobre las herramientas de corte han dado lugar a la aplicación de nuevos materiales en la construcción de herramientas de corte. Pero desgraciadamente, son muchos los técnicos de máquinas - herramientas que desconocen las posibilidades que ofrecen estas herramientas.

El descubrimiento de los carburos metálicos constituye un gran adelanto tecnológico que se ha hecho en el campo de las herramientas de corte, obteniéndose un rendimiento muy superior a las herramientas de acero rápido, pero si hay que destacar la fragilidad como principal inconveniente, lo cual implica tomar las debidas precauciones durante el proceso de mecanizado.

El uso de hierro fundido en la industria metalmecánica es como

cada vez creciente; de ahí que desde el punto de vista de producir piezas mecanizadas de este material implica un conocimiento previo del comportamiento del material, así como de la herramienta. El ensayo de maquinabilidad analiza estos factores, sacando resultados que servirán de guía para una mejor toma de decisiones en la selección de parámetros de mecanizado.

C A P I T U L O I

PROBLEMAS QUE TIENE LA MECANIZACION DE FUNDICIONES

Hay que destacar que la mecanización de fundiciones de hierro implica una operación de arranque de metal con una herramienta cortante; es decir define una relación clara entre la herramienta de corte y el metal mecanizado, dependiendo lógicamente del grado de maquinabilidad del material, así como también de las características de la herramienta y sobre todo de las condiciones de corte.

Muy a menudo se aplica la palabra maquinabilidad para explicar las propiedades de mecanización, teniendo varios significados según el proceso que esté bajo consideración.

Así por ejemplo se dice que el material A es más mecanizable que el material B, significando que tiene un menor desgaste de la herramienta por unidad de tiempo el material A; o también puede decirse - que se obtiene un mejor acabado superficial en el material A.

Los metales ferrosos son los materiales más frecuentemente empleados

como materia prima para obtener piezas, sobre todo el acero; pero las fundiciones también están tomando aceptabilidad debido a - que se va encontrando posibilidades aceptables para ser mecanizadas. Piezas fundidas típicas son: bloques de motores, bancadas de máquinas, carcasas, engranajes, volantes, bastidores, superficies de mecanizado, discos, rodillos, etc. La fundición tiene mayor resistencia a la compresión que la tracción, siendo relativamente frágil, y con una característica de maquinabilidad de la fundición es que produce virutas cortas, lo que quiere decir que no necesita rompevirutas la herramienta.

1.1. DEFINICION DEL PROBLEMA

Una dureza elevada como la de las fundiciones implica una maquinabilidad baja, produciéndose un alto consumo de potencia, una elevación de la temperatura y sobre todo un rápido desgaste de la herramienta.

La fundición gris es un tipo de fundición utilizada para propósitos casi generales. Esta tiene gráfito debido a que en un enfriamiento lento se ha permitido que el exceso de carbono se separe en estado libre en forma de láminas, y de ésta manera ayuda a una mejor maquinabilidad debido a tener propiedades lubricantes y antivibratorias.

Generalmente es el más empleado: bloques de máquina, -
tambores, cajas, ruedas, rodillos, etc. Al requerir más
dureza, ésta fundición puede ser endurecida a través de
elementos aleantes o tratamiento térmico.

1.2. INFLUENCIA DE LA MICROESTRUCTURA

La microestructura construye la influencia de mayor importancia
sobre la duración de la herramienta, ya que ésta in-
cide directamente en el desgaste de la misma.

Basicamente una fundición es una aleación de hierro y
carbono, siendo modificada por pequeños contenidos de si-
licio, manganeso, fosforo y azufre. Tiene un elevado -
contenido de carbono 2.5 - 4.0 % ; la resistencia a la
compresión es mayor que a la tracción, siendo relativa-
mente frágil.

En la fundición el carbono está presente en estado li
bre como grafito o también químicamente combinado con
el hierro como carburo de hierro llamado cementita. Las
cantidades de grafito y cementita dependen principalmente
del régimen de enfriamiento y de la cantidad de silicio pre
sente.

La maquinabilidad no es una propiedad directa del mate

rial de la pieza, sino de los factores que demanda cuando se da forma a un material mediante corte.

Factores como los térmicos, desgaste - duración de la herramienta, fuerzas de corte y acabado superficial dependen en parte de como el material de la pieza se comporta cuando está siendo mecanizada bajo ciertas condiciones.

El grafito en las fundiciones produce discontinuadas que favorecen la ruptura de la viruta, así como también favorece a la herramienta de corte por tener propiedades de lubricación.

En la solidificación de la fundición y el enfriamiento - subsecuente ocurren cambios que pueden ser determinados en el diagrama hierro - carburo de hierro (Ver figura N° 1.1.), según la composición de carbono da lugar a la naturaleza del grano, siendo los más importantes:

CEMENTITA:

(Carburo de hierro Fe_3C) contiene 6.67 % de C por peso. Es un compuesto intersticial duro y frágil con baja resistencia a la tensión y alta resistencia a la compresión; su estructura es la más dura.

FIG. Nº 1.1

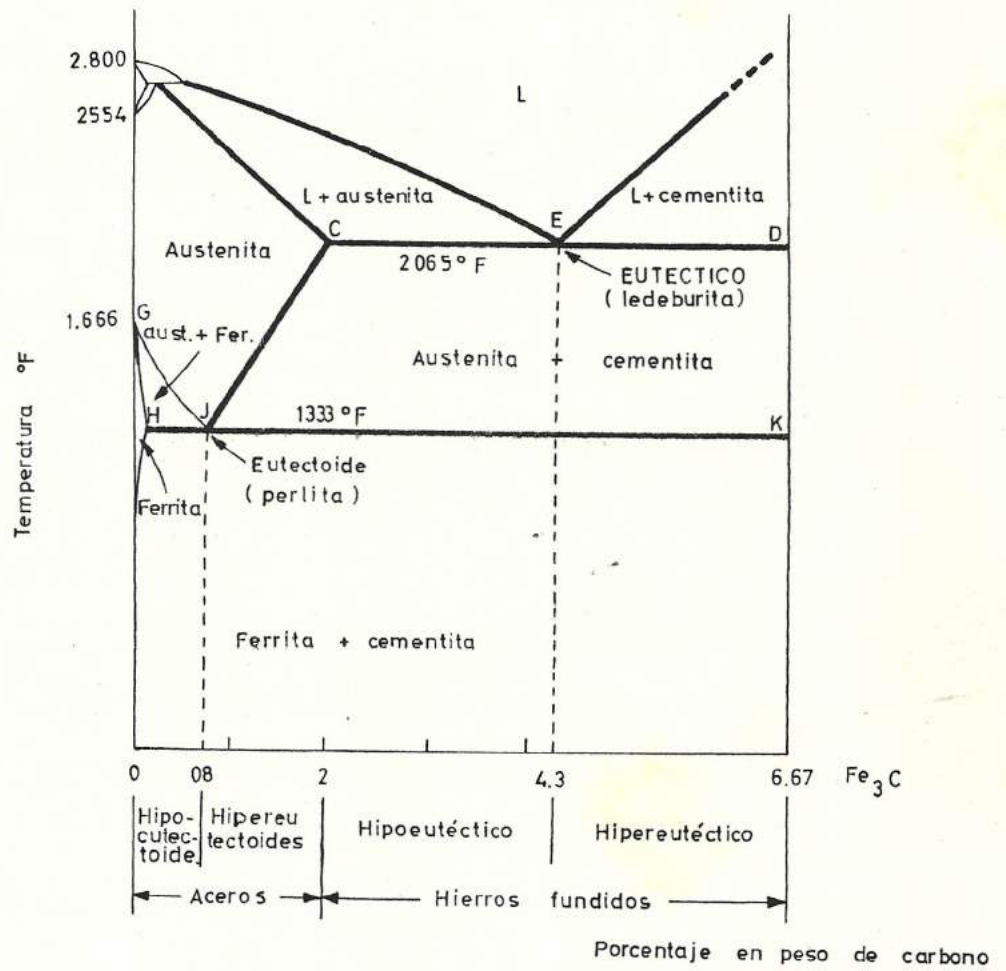


DIAGRAMA DE EQUILIBRIO HIERRO CARBURO DE HIERRO

AUSTENITA:

Es una solución sólida de C en hierro γ en la que los átomos del primero ocupan los huecos que existen en la red cúbica centrada en las caras del segundo (f. c.c.).

La red cúbica centrada en las caras dispone de mayores huecos entre los átomos de C que la red cúbica centrada ^{el cuerpo} y esa es la razón por la que la austenita, a diferencia de la ferrita, puede contener una máxima solubilidad al 2 % de C a 1.130°C (2.065°F).

LEDEBURITA:

Es una mezcla eutéctica de austenita y cementita; contiene un 4.3 % de C a una temperatura de 1.130°C (2.065°F).

FERRITA:

Es prácticamente hierro puro, a temperatura ambiente contiene una pequeñísima cantidad de carbono 0,008 % que se encuentra disuelto en la red cristalina de hierro α (b.c.c). Es decir los átomos de carbono ocupan los huecos que dejan los de hierro en la red centrada. Tiene una máxima solubilidad

a 0.025 % de C a 723°C (1.333°F).

Su estructura es la más suave del diagrama

PERLITA:

Es una mezcla eutectoide (punto J), contiene 0.80 % de C a una temperatura de 723°C (1.333°F) con enfriamiento lento. Es una mezcla muy fina, tipo laminar de ferrita y cementita. La matriz ferrítica blanca forma la mayoría de la mezcla eutectoide (86.5% de ferrita y 13.5 % de cementita) y tiene delgadas placas de cementita (tipo huella dactilar).

En la solidificación del hierro fundido gris, la tendencia de la cementita a separarse en gráfita y austenita o ferrita es favorecida controlando la composición de aleación y rapidez de enfriamiento. La mayoría de los hierros fundidos grises son aleaciones hipo eutécticas que contienen entre 2.5 y 4 %, de carbono. Solidifican formando primero austenita primaria; la apariencia inicial de carbono combinado está en la cementita que resulta de la reacción eutéctica a 1.130°C (2.065°F). La grafitización es ayudada por el alto contenido de carbono, la alta temperatura - así como la cantidad adecuada de elementos de gra-

fitización como el silicio.

La aleación seguirá el diagrama de equilibrio estable hierro-grafito, forma austenita y grafito a la temperatura eutéctica de 1.135°C (2.075°F). Cualquiera cementita que se forme se grafitará con rapidez, en forma de hojuelas irregulares, generalmente alargadas y curvas. Durante el enfriamiento continuado hay precipitación adicional de carbono por decremento en solubilidad de carbono en austenita, el cual se precipita como grafito o como cementita proeutectoide que grafita muy rápidamente.

La matriz en que está incrustado el grafito determina la resistencia del hierro fundido gris, la cual es determinada por la condición de la cementita eutécticoide. Si la composición y rapidez de enfriamiento son tales que la cementita eutécticoide también grafita, entonces la matriz será completamente ferrítica; por otro lado, si la grafitación de la cementita eutécticoide se evita, la matriz será completamente perlítica. La matriz puede variar desde perlita pasando por mezclas de perlita y ferrita en diferentes proporciones hasta llegar a la ferrita prácticamente pura. La mezcla grafito - ferrita es el hierro gris más suave y débil, aumentando la dureza al incrementarse la combinación de carbono.

1.3. ESTADO NORMAL

El uso del hierro fundido en condiciones normales requiere un conocimiento de las propiedades para una correcta aplicación, ya que comparado con el acero tiene la gran ventaja de fundirse fácilmente en formas complicadas y ser mucho más barato. Mediante aleaciones apropiadas, buen control de la fundición y tratamientos térmicos adecuados se puede variar las propiedades del hierro fundido.

1.4. EFECTO DE ELEMENTOS ALEANTES

Los elementos de aleación influyen notablemente sobre las características de mecanización del hierro fundido a través del efecto sobre la relativa estabilidad del carburo de hierro (Fe_3C) y del grafito en el campo de la microestructura.

El silicio (Si) constituye un elemento importante en la metalurgia del hierro gris, aumenta la fluidez y tiene efecto en la solidificación de aleación fundida. La composición eutectica toma un desplazamiento hacia la izquierda, (aproximadamente 0.30 % de carbono por cada 1 % de silicio), abatiendo la temperatura en donde la alea

ción empieza a solidificarse. A medida que aumenta el contenido de silicio, el área austenítica decrece, el contenido de carbono eutectoide decrece y la transformación amplía su intervalo. En definitiva el silicio es un elemento grafitizador, favorece a la solidificación en concordancia con el sistema estable hierro - grafito.

El azufre (S) es un elemento que está presente en la mayoría de los hierros fundidos grises 0.06 - 0.12 % de azufre. Los efectos del azufre son contrarios que el del silicio, es decir que a mayor contenido de azufre, mayor será la cantidad de carbono combinado, con tendencia a salir hierro blanco, duro y fragil. Tam bién el azufre forma sulfuro de hierro (FeS) al reaccionar con el hierro, así también en grandes cantidades reduce la fluides y causa cavidades de aire atrapado en las piezas fundidas.

El manganeso (Mn) actúa como estabilizador del carburo - con tendencia a aumentar la cantidad de carbono combi nado pero menos eficaz que el azufre.

El fosforo (P) está presente entre 0.10 - 0.90 % en la gran mayoría de los hierros grises siendo originario del mineral de hierro. Se combina con el hierro en su

mayor parte para formar el fosforo de hierro (Fe_3P).

En general, puede decirse que si los contenidos de silicio (Si), azufre (S), manganeso (Mn) y fosforo (P) se controlan adecuadamente, entonces la única variable que afectaría la resistencia de un hierro perlítico gris es la hojuela de grafito, siendo esta suave y débil; entonces la forma, tamaño y distribución determinan las propiedades mecánicas del hierro fundido. Menor tamaño de las hojuelas de grafito y el aumento de la distribución mejora la calidad del hierro gris.

1.5. EFECTO DEL RECOCIDO

El hierro gris sin tratamiento térmico posee tensiones residuales, debido a que la rapidez de enfriamiento es muy variada a través de todas las secciones de una pieza fundida. Estas tensiones residuales pueden producir deformación o en casos extremos fisuras. La temperatura en la que se logra la supresión de tensiones está generalmente debajo del intervalo de transformación de perlita a austenita, $538^{\circ}C$ ($1.000^{\circ}F$) a $565^{\circ}C$ ($1.050^{\circ}F$).

El recocido del hierro gris consiste en calentarlo a una

temperatura alta para suavizarlo y mejorar así la maquinabilidad. Para el hierro gris se recomienda una temperatura de recocido entre 704°C (1.300°F) y 760°C (1.400°F), en donde el carburo de hierro se descompone en ferrita más grafito. La pieza fundida debe mantenerse a cierta temperatura durante un lapso de tiempo para lograr una perfecta grafitización. A continuación se detallan unas recomendaciones prácticas del recocido del hierro fundido gris. (Ver tabla N° 1).

TABLA N° 1

RECOMENDACIONES PRACTICAS PARA RECOCIDO DEL HIERRO FUNDIDO GRIS				
TIPO DE RECOCIDO	OBJETIVO	TEMPERATURA	TIEMPO	ENFRIAMIENTO
TEMPERATURA BAJA	Para convertir la perlita a ferrita para una máxima maquinabilidad.	700 - 760° C	45 minutos por pulg. de sección.	Al horno (55° C por hora) a 315° C.
TEMPERATURA MEDIA RECOCIDO COMPLETO	Para convertir la perlita a ferrita. Para eliminación de carburos dispersos.	815 - 900° C	1 hora por pulg. de sección.	Al horno a 315° C.
TEMPERATURA ALTA	Eliminación de carburos en manchas y convertir la perlita en ferrita para máxima maquinabilidad.	900 - 950° C	1 a 3 horas por pulg. de sección.	Al horno a 315° C
RECOCIDO NORMAL	Eliminación de carburos con retención de perlita para fuerzas y durezas.	870 - 950° C	1 a 3 horas por pulg. de sección.	Enfriado al aire a temperatura de recocido bajo de 480° C

C A P I T U L O I I

FACTORES QUE SE TIENEN EN CUENTA EN UN ENSAYO DE MAQUINA BILIDAD

Al efectuarse un ensayo de maquinabilidad debe considerarse que tanto la herramienta como las condiciones de corte, están perfectamente definidas. Resulta un tanto difícil de cumplir, sobre todo en lo concerniente a la herramienta, debido a que la capacidad de corte está sujeta a muy complejas variaciones.

Es importante que las condiciones de corte se mantengan - constantes a lo largo del ensayo, ya que ésto obliga a estabilizar la velocidad de corte, caso contrario los resultados serían totalmente nulos.

Una vez satisfechas estas condiciones se puede apreciar la maquinabilidad examinando varios criterios que se desprenden :

- FENOMENOS TERMICOS:

Mientras más se calienta la herramienta mucho más difícil

es la mecanización. La temperatura de la herramienta y la cantidad de calor desprendido puede ser objeto de apreciación.

- DESGASTE Y DESTRUCCION DE LAS HERRAMIENTAS:

La herramienta se desgasta hasta llegar a su destrucción total llegando de ésta manera a ser inútil. Las medidas del desgaste permite ver la importancia del deterioro, fenómeno éste que varía inversamente con la facilidad con que se mecaniza, conduce a una evaluación de su maquinabilidad.

- ESFUERZOS MECANICOS:

La herramienta está sometida a esfuerzos cuya cuantía - depende de las condiciones de corte, así como también de la maquinabilidad del material.

- ALTERACIONES GEOMETRICAS:

La pieza mecanizada adquiere una forma geométrica, caracterizada ya sea por las dimensiones, cuya estabilidad depende del desgaste de la herramienta; así como - también por un estado superficial que es función así mismo de la maquinabilidad del material, de las condiciones de corte y de la forma geométrica de la herramienta.

2.1. FENOMENOS TERMICOS

Los parámetros térmicos que nos ayudan en la apreciación de la maquinabilidad son: la temperatura de la herramienta - y la cantidad de calor desprendido durante el mecanizado.

Hay que mencionar que, según la división de problemas - de mecanización de la Asociación de Siderúrgicos Alemanes, la medida de la temperatura de la herramienta nunca ha proporcionado resultados muy significativos en cuanto a una correlación clara con el desgaste, lo cual no permite - sacar conclusiones exactas sobre la maquinabilidad.

Durante el arranque de la viruta tiene lugar un proceso de deformación plástica de tipo disipativo, en donde de la energía mecánica para la deformación casi toda se transforma en calor en su mayor parte, y solo una mínima parte queda almacenada en el material.

Cuando un material es deformado elásticamente, la energía requerida se almacena en el material como energía de deformación sin generación de calor; pero en cambio - cuando el material es deformado plásticamente, la mayor parte

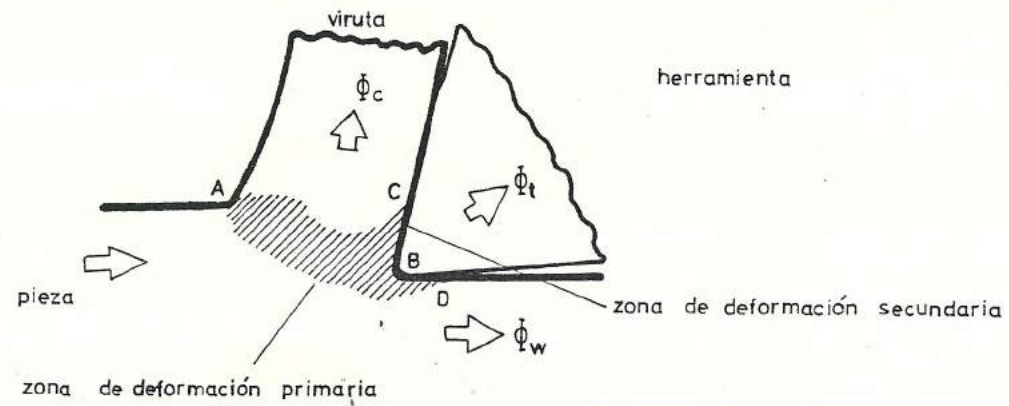
te de la energía se convierte en calor. Es decir que en el corte de materiales éste es sometido a deformaciones muy grandes, en donde podría decirse que la deformación elástica corresponde tan sólo a una pequesísima parte de la deformación total y que prácticamente casi toda la energía es convertida en calor.

En la figura N° 2.1., se muestra como el calor se genera en las dos regiones principales de deformación plástica: la zona de cizalladura o zona de deformación primaria AB y la zona de deformación secundaria BC. La energía térmica que se desarrolla en la zona de deformación primaria se transmite parcialmente a la viruta y a la pieza; en cambio la energía térmica de rozamiento se transmite a la viruta y a la herramienta.

En la figura N° 2.2. (según Boothroyd), se muestra la distribución de temperaturas en la viruta y en la pieza que ha sido determinado experimentalmente durante un corte ortogonal tomada mediante fotografía infrarroja.

FIG. Nº 2.1

- Φ_c = Calor transportado por la viruta.
- Φ_t = Calor conducido hacia la herramienta.
- Φ_w = Calor conducido hacia la pieza.



ZONAS DE GENERACION O DESARROLLO DE CALOR

FIG. Nº 2.2

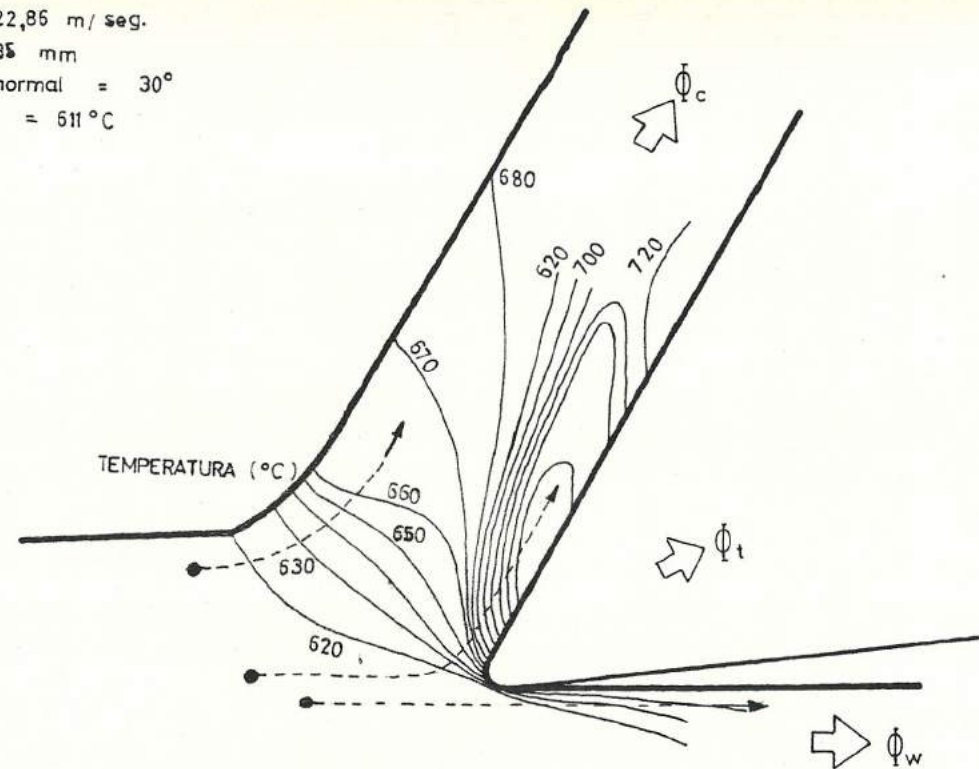
CONDICIONES:

Velocidad de corte = 22,86 m/seg.

Ancho de corte = 6,35 mm

Angulo de inclinacion normal = 30°

Temperatura de la pieza = 611°C



DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS EN LA PIEZA Y LA VIRUTA
DURANTE EL CORTE ORTOGONAL DE ACERO DULCE (Fotografía infrarroja)

Según Boothroyd.

2.2. DESGASTE Y DESTRUCCION DE LA HERRAMIENTA

En las labores de maquinabilidad, la duración de las herramientas de corte empleadas constituye el factor más significativo para valorar el empleo más conveniente de la herramienta en determinado material. Durante las operaciones de desbaste, los ángulos de la herramienta, las velocidades de corte y los avances se escogen de tal manera que se logre obtener una mayor duración de la herramienta. Resultan antieconómicas las herramientas que en ciertas condiciones de trabajo representan una vida relativamente corta, ya que hay que considerar costos de reafilado o de reemplazo de la misma que es muy alto. Así mismo el uso de velocidades y avances muy pequeños con los que obtendría una gran duración de la herramienta es también antieconómico en razón a la baja productividad. Es decir que cualquier mejora ya sea en la herramienta o en el material de trabajo que den como resultado un aumento de la duración de la herramienta es muy ventajoso.

Puede llegar a su fin la vida útil de una herramienta por varias causas, las mismas que pueden ser separadas en dos grandes grupos:

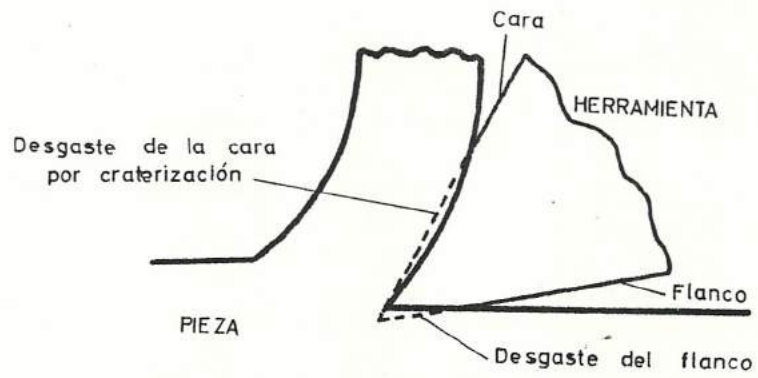
1. Por el desgaste gradual o progresivo de ciertas regiones en la cara y en el flanco de la herramienta.
2. Por fallas mecánicas que ocasionen la vida de la herramienta un tanto prematuro.

Ahora bien el desgaste progresivo de una herramienta tiene lugar en dos zonas, tal como se indica en la figura N° 2.3.:

A. DESGASTE DE LA CARA DE LA HERRAMIENTA:

Debido a la formación de un cráter por acción de la viruta al deslizarse a lo largo de la cara. El cráter formado se debe a la forma de la viruta y se limita al área de contacto viruta.- herramienta.

Las temperaturas más elevadas se presentan a alguna distancia del filo a lo largo de la cara de la herramienta; (ver Figura N° 2.2) y a velocidades muy altas de corte estas temperaturas pueden llegar al orden de los 1.000°C. Para condiciones de temperatura altas, las herramientas de acero rápido se desgasta muy rápidamente ya que sufre -



ZONAS DE DESGASTE DE LA HERRAMIENTA EN
EL CORTE DE METALES

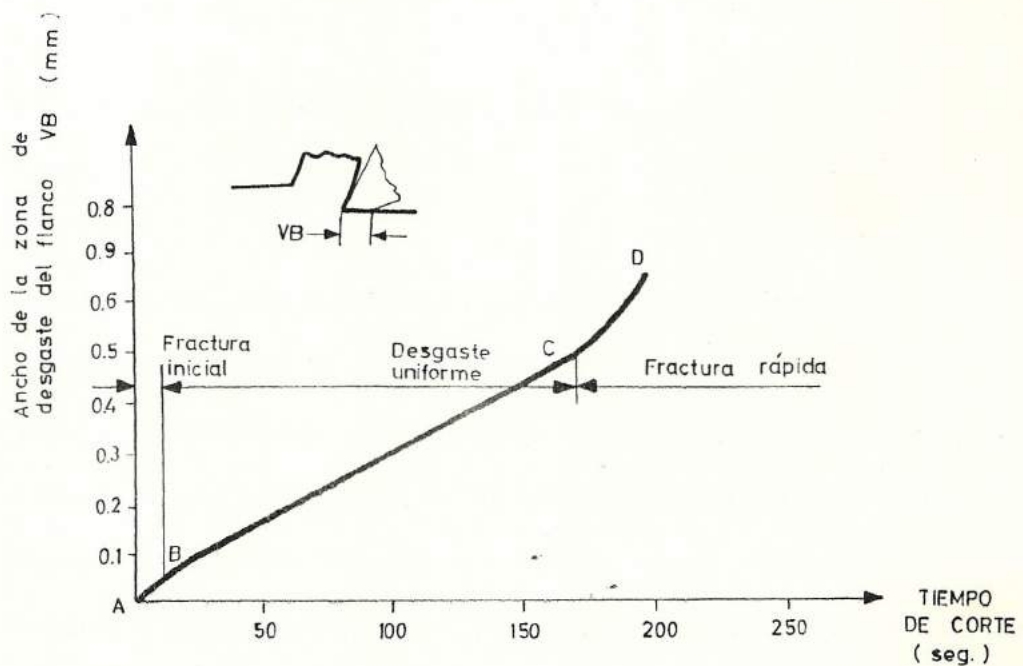
ablandamiento térmico el material, en tanto que las herramientas de carburo mantienen su dureza a temperaturas elevadas.

Para condiciones de velocidad de corte altas el crecimiento del cráter es el factor determinante - en la vida o duración de la herramienta, ya que el crecimiento del mismo debilita el filo hasta que llegue a fracturar. Pero cuando las herramientas - son usadas bajo el criterio de duración económica es el desgaste del flanco el factor predominante en la vida de la herramienta.

B. DESGASTE DEL FLANCO DE LA HERRAMIENTA:

Debido a la acción de la fricción entre la superficie de la pieza y el área del flanco en contacto con ella. Generalmente el ancho de la zona de desgaste es considerada como una medida de desgaste, pudiendo determinarse fácilmente con un macroscopio.

En la figura N° 2.4., se indica una gráfica del ancho de la zona de desgaste del flanco VB Vs. el tiempo de corte, donde se puede ver el progreso con el tiempo del desgaste del flanco. Esta curva la podemos analizar -



DESGASTE DEL FLANCO DE UNA HERRAMIENTA

previamente dividiéndola en tres regiones:

1. La región AB en donde el filo de la herramienta se despostilla muy rápidamente y continuar con desgaste progresivo de dimensiones finitas.
2. La región BC, donde el desgaste progresa uniformemente.
3. La región CD, donde la tasa de desgaste aumenta crecientemente. Además indica que el desgaste se ha vuelto sensible a temperaturas elevadas debido a la presencia de desgaste de grandes proporciones. En la práctica resulta recomendable reafilar la herramienta, antes que entre el desgaste del flanco a ésta última región.

2.3. ESFUERZOS MECANICOS

El esfuerzo de corte constituye un medio indirecto para valorar la mecanización de un material. Valores elevados de esfuerzos de corte pueden provocar una variación de la precisión de la misma por causa de la flexión por efecto del peso, así mismo un empe

ramiento de la finura superficial. a causa de la vibración y acabado prematuro de la herramienta.

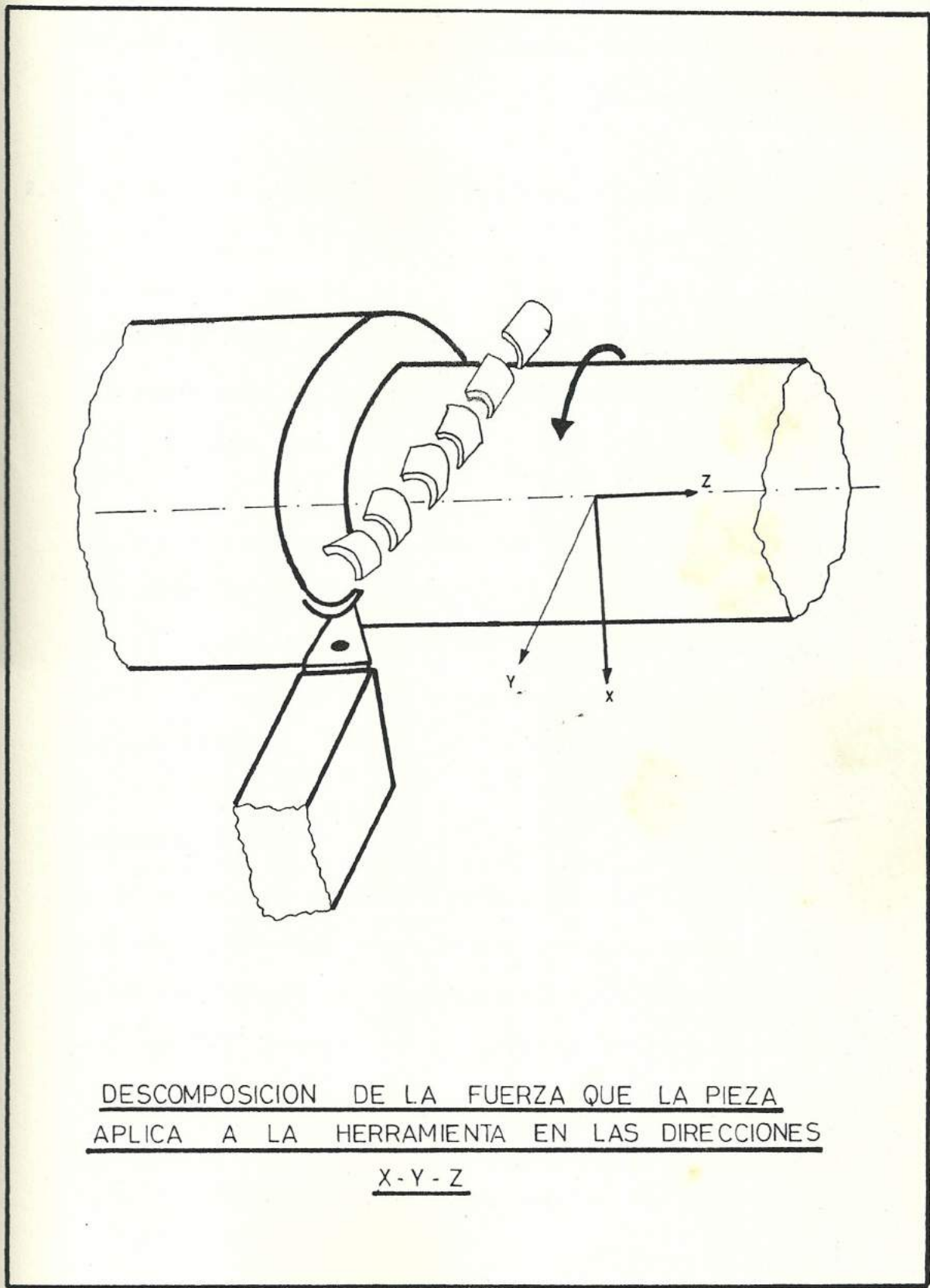
En la figura N° 2.5., se puede apreciar la descomposición de la fuerza resultante en tres direcciones (X,Y,Z) F_x , F_y , F_z .

La F_x es la fuerza principal de corte, dirigida tangencialmente a la pieza en la dirección de la velocidad y es la que absorbe la mayor parte de la potencia. La F_y es la fuerza de repulsión o normal, - ejerce a la herramienta una igual acción tendiente a alejar la pieza. La F_z es la fuerza de avance, está orientada en oposición al avance, la potencia absorbida es muy pequeña.

Como idea general la F_x es siempre la más elevada; F_y a alcanzado valores comprendidos entre $1/2$ a $1/4$ de F_x ; mientras F_z tiene valores comprendidos de $1/3$ a $1/6$ de F_x .

Para confirmar algunos de los resultados más importantes de los cálculos relativos al corte de metales y arranque de viruta es necesario efectuar mediciones y son los dinamómetros los instrumentos capaces

FIG. Nº 2.5



de medir fuerzas a través de otras magnitudes físicas como por ejemplo deformaciones o desplazamientos.

2.4. ALTERACIONES GEOMETRICAS (DIMENSIONES Y ESTADO SUPERFICIAL)

La aspereza superficial o rugosidad que se obtiene en una operación de mecanizado se la debe considerar la resultante de la suma de dos asperezas superficiales la ideal con la natural.

La aspereza superficial ideal es el resultado de la geometría de la herramienta y de la velocidad de avance. En tanto que la aspereza superficial natural que es el resultado de las irregularidades en la operación de mecanizado.

RUGOSIDAD IDEAL:

Esta constituye el menor acabado que se puede obtener con una determinada forma de herramienta y avance. Puede obtenerse siempre y cuando se elimine las vibraciones - así también como las imprecisiones de la máquina herramienta.

Para las herramientas de corte dotadas con punta re

dondeadas (Figura N° 2.6.) la rugosidad ideal (R_a) (según Boothroyd) puede demostrarse la siguiente aproximación:

$$R_a = \frac{0.0312 f^2}{r_e} \quad (2.1)$$

Donde:

f : es el avance

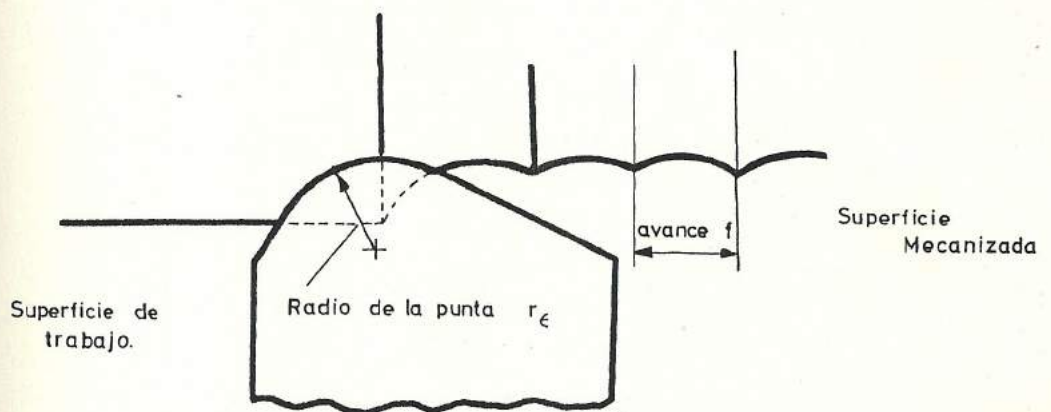
r_e : es el radio de la punta

En la figura N° 2.7., se compara la ecuación (2.1), con resultados experimentales y con condiciones de corte cuidadosamente escogidas para obtener aspereza superficial natural casi nula. Se puede notar que la rugosidad real o natural estuvo muy cerca de la ideal.

RUGOSIDAD NATURAL:

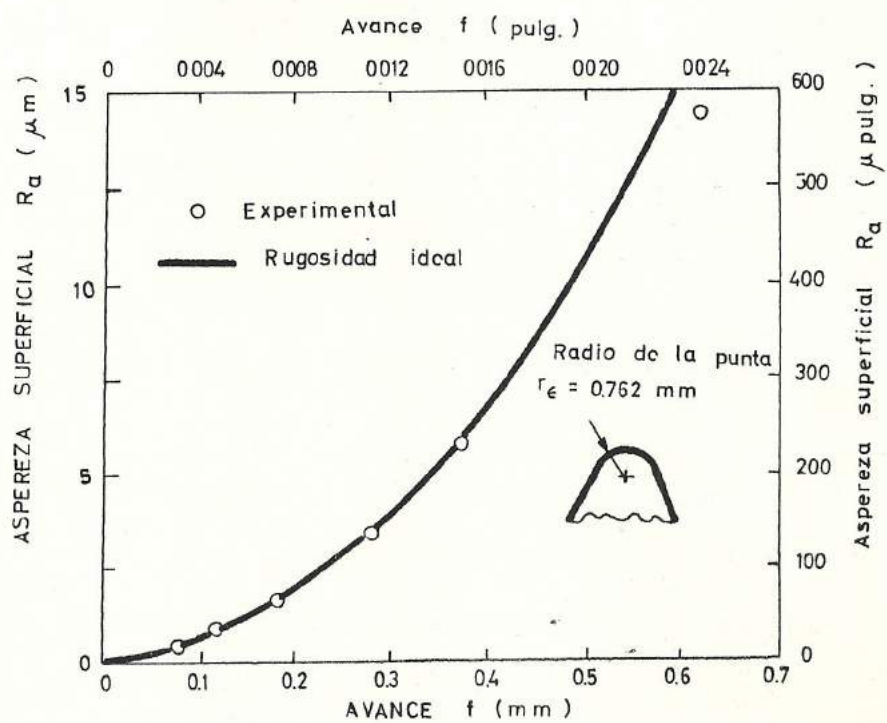
Resulta muy difícil obtener condiciones tales que anulen las imperfecciones en el corte siendo una principal causa el apareamiento del filo recrecido. A medida que es mayor el filo recrecido, mayor es la aspereza

FIG. Nº 2.6



MODELO IDEALIZADO DEL ACABADO SUPERFICIAL PARA
UNA HERRAMIENTA CON PUNTA REDONDEADA.

FIG. Nº 2.7



COMPARACION DE RESULTADOS EXPERIMENTALES
CON UN MODELO IDEALIZADO DE ACABADO SUPER-
FICIAL.

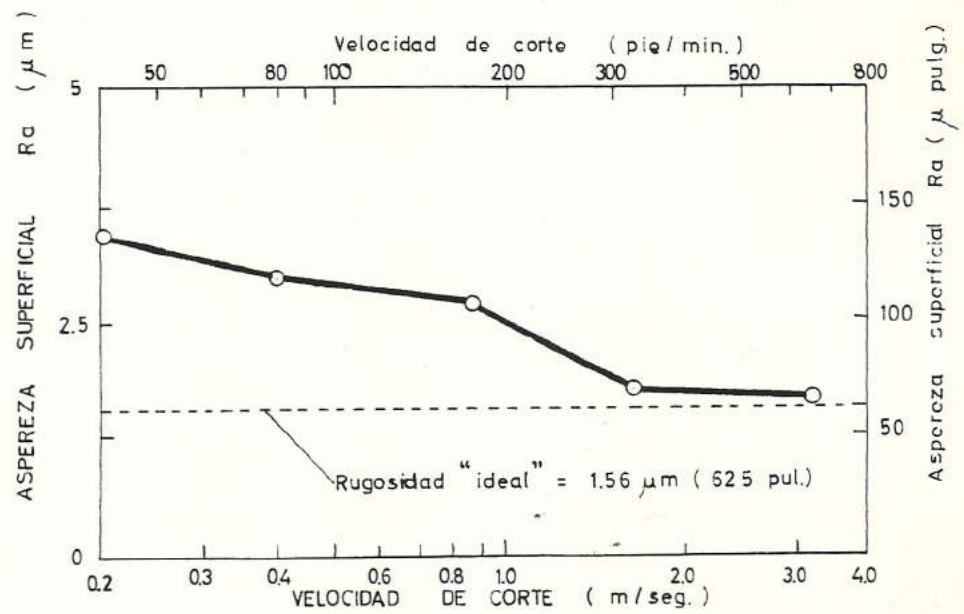
en la superficie.

En la figura N^o 2.8., se indica el efecto de la velo ci dad de corte en el acabado superficial en tornea do de acero suave; donde para una pieza torneada es mejor la rugosidad con velocidades de corte al tas, llegando a aproximarse a la aspereza ideal.

Hay que destacar otros factores que influyen en los resultados de la aspereza natural y son:

1. Las vibraciones de la máquina herramienta
2. Imprecisión en el movimiento de la máquina
3. Irregular mecanismo de avance
4. Formación discontinua de viruta cuando se mecanizan materiales frágiles. El hierro fundido por ejemplo.
5. Daños superficiales causados por el flujo de viru ta.

FIG: N° 2.8



EFFECTO DE LA VELOCIDAD DE CORTE EN EL ACABADO
SUPERFICIAL (Torneado de piezas en acero de baja dureza)

2.5. ENSAYO GLOBAL DE MECANIZACION

Conviene recalcar tal como se dijo anteriormente que la medida de la temperatura de la herramienta no proporciona resultados muy significativos. Los alemanes, han comprobado que no existe una clara correlación entre las características del desgaste de la herramienta con los resultados de las medidas de temperatura, de tal forma que no permita sacar conclusiones ciento por ciento acertadas.

De la misma manera se han puesto a punto numerosos sistemas dinamométricos para la determinación de los esfuerzos de corte que se desarrollan en las distintas operaciones de maquinabilidad. Estos dispositivos han permitido a varios investigadores determinar las correlaciones que pueden existir entre los resultados obtenidos y la maquinabilidad de los materiales ensayados. Pero el diseño de un dinamómetro involucra un compromiso grande debido a que este debe tener una rigidez muy elevada y que además posea una gran sensibilidad. Además como se dijo el esfuerzo de corte constituye un medio indirecto para valorar la mecanización, existen factores que influyen en la precisión.

Según Bethlehem Steel se ha podido determinar la maquinabilidad de los aceros de fácil mecanizado midiendo el estado superficial y la duración de las herramientas. A partir de estos resultados se puede calcular un índice de maquinabilidad para determinadas condiciones de corte, permitiendo estudiar la influencia de la composición sobre la maquinabilidad.

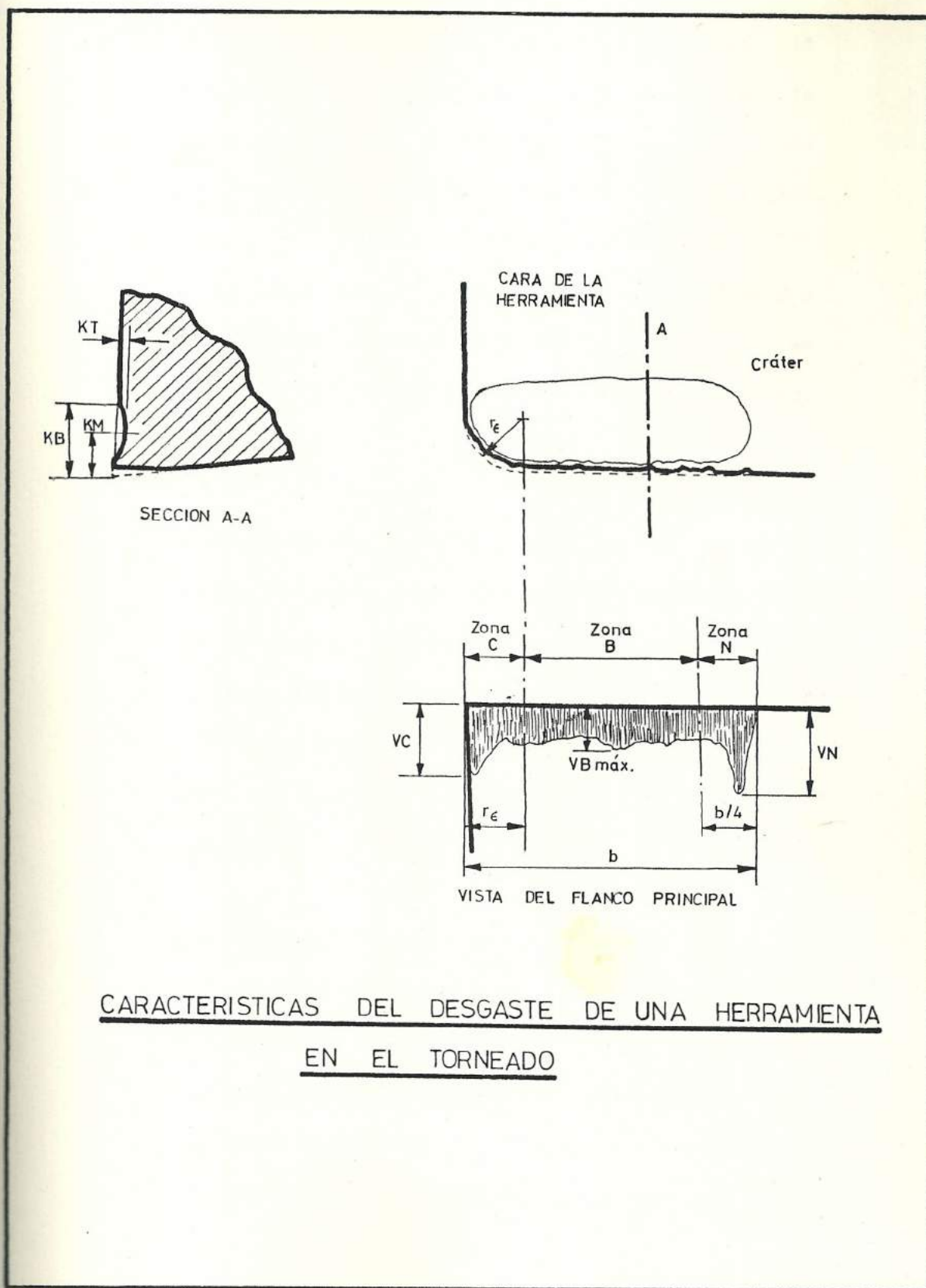
2.5.1. Duración de la herramienta y rugosidad

DURACION DE LA HERRAMIENTA:

Se define como criterio de duración de una herramienta a un mínimo valor predeterminado del desgaste. El desgaste en la cara y en el flanco de la herramienta de corte no ocurre uniformemente a lo largo del filo principal; en tal virtud se considera indispensable especificar el grado de desgaste permisible antes de reafilar la herramienta.

En la figura N° 2.9., se puede ver una herramienta desgastada, notándose que la profundidad del cráter KT es medida en el punto más profundo del mismo. El desgaste del flanco generalmente es mayor en los extremos del filo princi-

FIG. Nº 2.9



CARACTERISTICAS DEL DESGASTE DE UNA HERRAMIENTA
EN EL TORNEADO

pal, ya que las condiciones en la punta de la herramienta tiende a ser más severa que en la parte central del filo, en razón de la forma complicada como fluye la viruta en esa región.

En la parte central del filo principal (Zona B) el desgaste es casi uniforme, sin embargo se considera el ancho promedio de la zona de desgaste VB.

La duración de la herramienta es el tiempo de corte requerido para alcanzar un criterio de duración (valor mínimo predeterminado del desgaste). La velocidad es el factor más importante que afecta a la duración de una herramienta para una combinación dada de material de trabajo y forma de la herramienta.

Las relaciones entre la vida de la herramienta y velocidad de corte son el resultado de determinaciones experimentales. Taylor efectuó series sistemáticas estableciendo el criterio de duración de la herramienta, llegando a una ecuación para la determinación velocidad - duración.

Los resultados de los ensayos proporcionaron pares de valores de velocidad de corte - duración del filo de la herramienta, que trasladados a una gráfica determinan puntos dispuestos según una curva exponencial (en coordenadas cartesianas) o una recta (en escalas doble logarítmicas). Ver figura N° 2.10.

La forma analítica de la ecuación es:

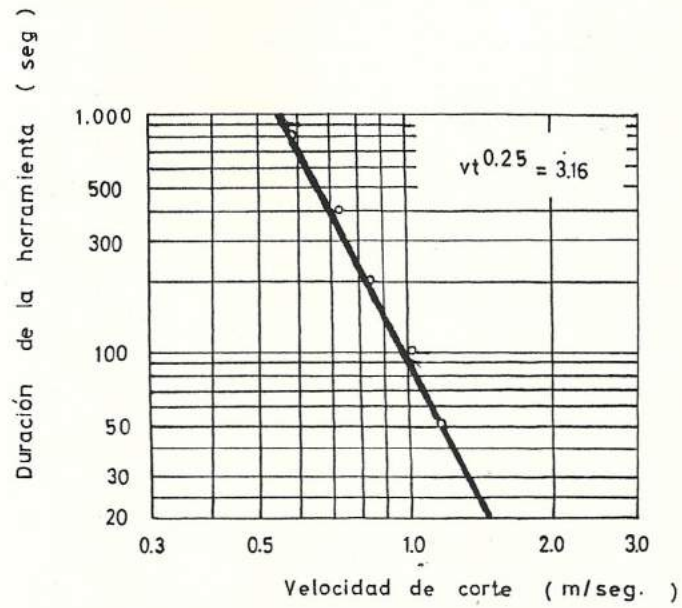
$$v T^n = c$$

Donde:

n : es el exponente de Taylor, dependiendo del material de la herramienta y define la pendiente de la recta (trazada en escalas logarítmicas).

c : expresa la velocidad de corte correspondiente a una duración de la herramienta igual a la unidad de tiempo ($T = 1$).

FIG. Nº 2.10



RELACION ENTRE LA DURACION DE LA HERRA-
MIENTA Y LA VELOCIDAD DE CORTE

RUGOSIDAD:

Es importante notar que al realizar mediciones de rugosidad existen imperfecciones en la superficie, llamadas fallas superficiales así como también existen ondulaciones.

Las fallas superficiales son irregularidades - bastante separadas presentadas al azar. Las ondulaciones son una forma de imperfección regular donde la longitud de onda es mayor que un valor especificado. Las rugosidades son - irregularidades más finas que las ondulaciones y van superpuestas sobre estas.

La ISO recomienda una serie de valores de rugosidad con los correspondientes grados a la que corresponden, los cuales son usados cuando se especifican acabados superficiales en dibujos técnicos.

VALORES DE RUGOSIDAD R_a		GRADOS DE RUGOSIDAD
μm	μ pulg	
50	2.000	N 12
25	1.000	N 11
12.5	500	N 10
6.3	250	N 9
3.2	125	N 8
1.6	63	N 7
0.8	32	N 6
0.4	16	N 5
0.2	8	N 4
0.1	4	N 3
0.05	2	N 2
0.025	1	N 1

VALORES DE RUGOSIDAD RECOMENDADOS POR LA ISO

C A P I T U L O I I I

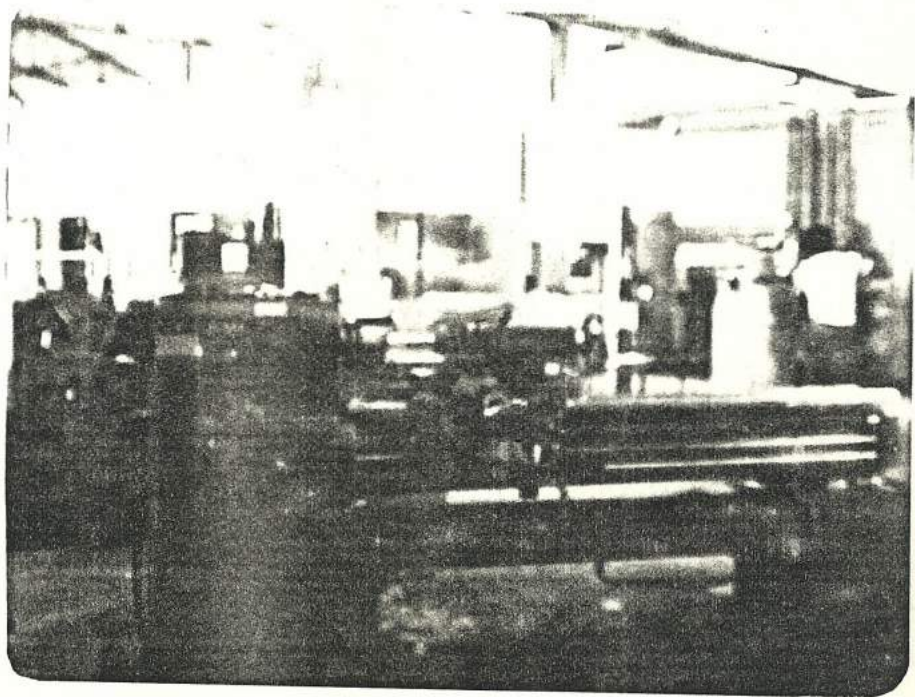
ANALISIS EXPERIMENTAL

Para el presente ensayo de maquinabilidad se ha seleccionado un torno tipo paralelo T-220 del taller mecánico de la ESPOL (Figura N° 3.1.), en consideración a que presenta mayor grado de precisión de los que se encuentran al alcance.

Las características técnicas más importantes del torno se detallan a continuación:

Peso máximo pieza sujeta entre puntas-----	800 Kg
Peso máximo pieza sujeta en el plato -----	450 Kg
Potencia del motor normal -----	8/10HP
RPM del motor -----	1.400/2.800HP
Distancia entre puntas -----	2.700 mm
Volteo máximo sobre carros -----	320 mm.

FIG. Nº 3.1



TORNO TIPO PARALELO TURRI T-220 (Taller Mecánico
ESPOL)

Los datos de la amplitud de vibración del torno son los expresados en la tabla N° 3. Los cuales son admisibles en cuanto a máquinas herramientas se refiere.

TABLA N° 3

LUGARES DE MEDICION	VALOR DE LA AMPLI TUD DE VIBRACION.	VALOR ADMISIBLE EN TABLAS DE SEVERIDAD
Husillo del mandril	0.011 mm.	0.005 min.-0.025 máx.
Carro longitudinal	0.018 mm.	0.005 min.-0.025 máx.
Estructura	0.025 mm.	0.005 min.-0.025 máx.

3.1. DEFINICION DE LA HERRAMIENTA Y CONDICIONES DE CORTE

Una consideración importantísima en el ensayo de maquinabilidad de las fundiciones de hierro constituye encontrar una herramienta que tenga mayor resistencia al desgaste, lo cual implica un aumento en la remoción de metal por unidad de tiempo. El desarrollo de la metalurgia y de la tecnología en general han contribuido a la introducción de nuevos materiales tales como carburos sintetizados.

Para efecto del presente ensayo se ha utilizado el tipo de herramienta existente en el mercado como son las plaquitas intercambiables, las cuales no son muy aceptadas en nuestro medio, pero en cambio son muy eficientes por su contribución a mejorar el rendimiento, así como también a reducir los costos de mecanizado.

Según el Código ISO la herramienta y portaherramienta a utilizarse:

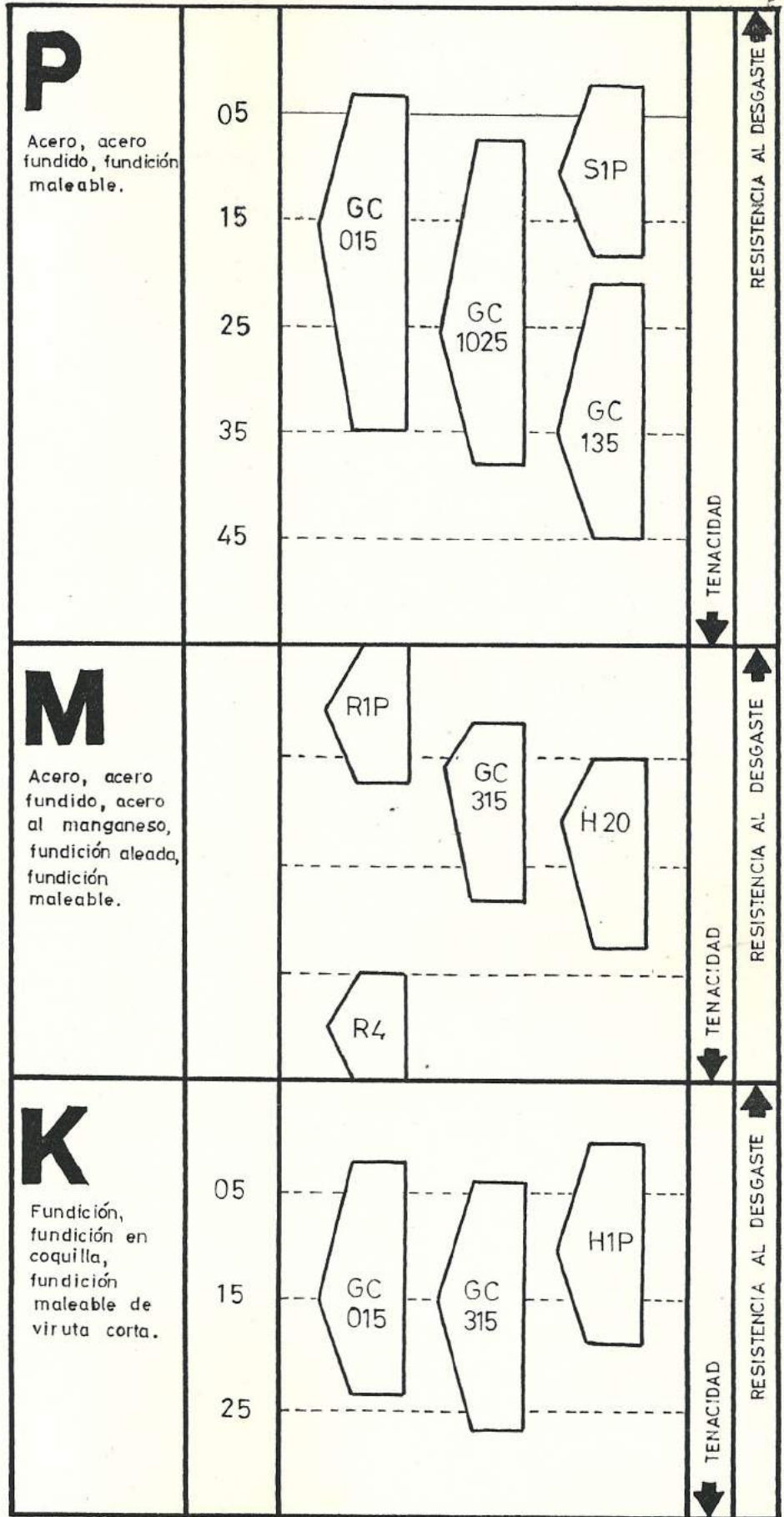
TIPO DE HERRAMIENTA:

TNMG 220408 TR-15 con calidad ISO P15(GC015), recomendable para acabados y ligeros desbastes del acero, acero fundido - fundición maleable y fundición nodular de viruta larga. La extremadamente resistencia al desgaste permite elevados volúmenes de metal removido para un amplio campo de aplicación (Ver Tabla N° 4).

TIPO DE PORTAHERRAMIENTAS:

T - MAX P PTTNR 2525 M22

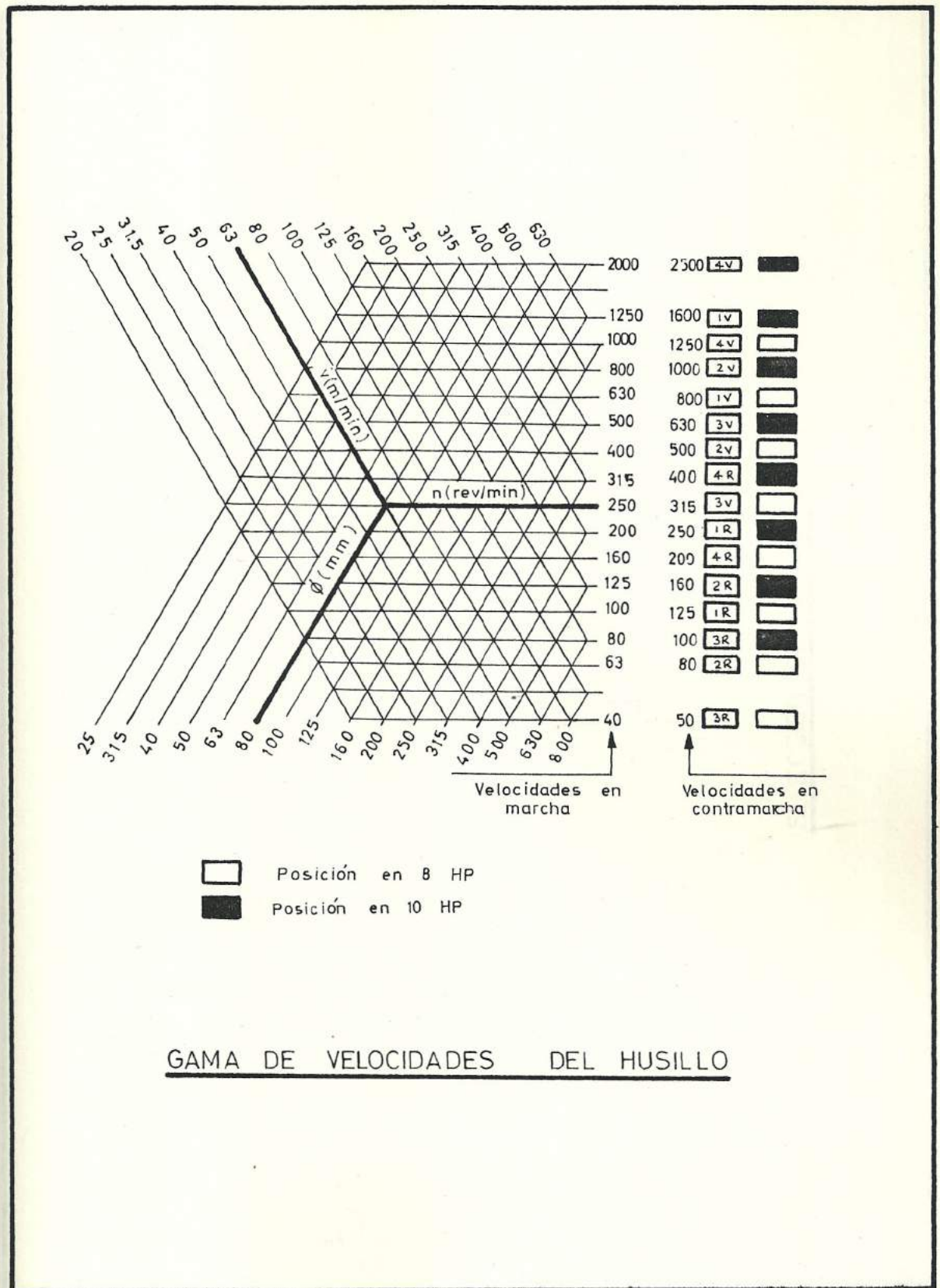
Las condiciones de corte se han seleccionado en base a la gama de velocidades del husillo del torno (Tabla N°5)




CAMPO DE APLICACION DE LA HERRAMIENTA A USARSE

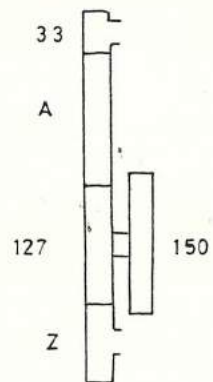
en donde tenemos la velocidad de corte v (m / min) en función de la velocidad angular n (rev/min) y del diámetro de la pieza a ensayarse \varnothing (mm) . En la tabla N° 6 se hace referencia a la selección de avances a es cogerse.

TABLA Nº 5



 mm / rev.
 

0.060	0.070	0.076	0.084	0.088	0.093	0.105	0.120	0.140	0.153	0.168	0.177	0.187	0.211	Z
							B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	6 6
B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	13 2
0.241	0.281	0.307	0.337	0.355	0.375	0.422	0.482	0.562	0.675	0.614	0.710	0.750	0.844	
A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	C 1	C 2	C 4	C 3	C 5	C 6	C 7	6 6
C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7								13 2



SELECCION DE AVANCES

TABLA Nº 6

3.1.1. Selección y diseño de la herramienta de corte

Ante todo es importante señalar los factores - prácticos que influyen en la selección de las herramientas de corte: la selección del tipo de portaherramientas según la operación a realizarse y la forma de la pieza. Finalmente se selecciona el tipo de plaquitas en función de la geometría y la calidad del trabajo.

PORTA HERRAMIENTA:

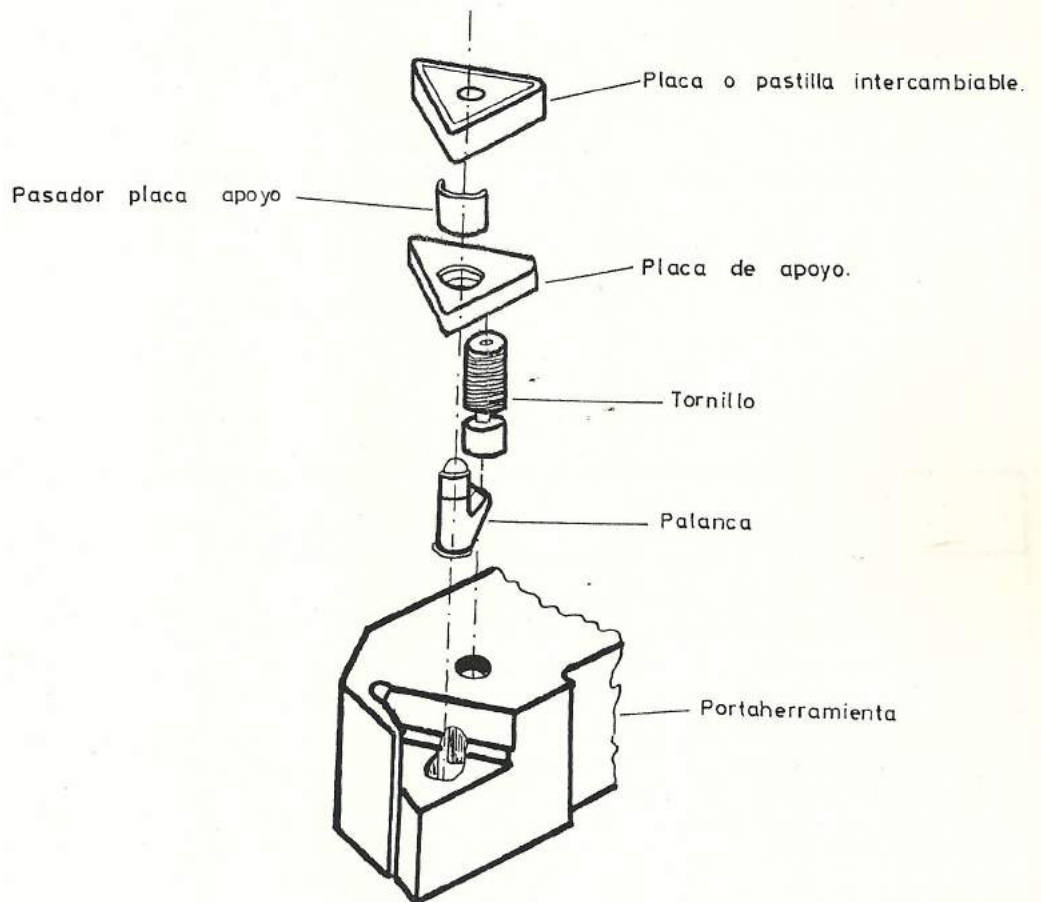
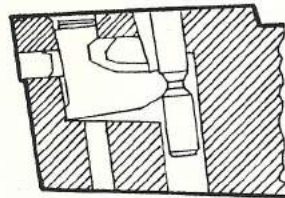
T - max P PTTNR 25 25 M 22

T-max P:

Corresponde a un porta herramienta con un diseño de palanca (Ver figura N° 3.2.), que permite el uso de una amplia gama de plaquitas y posee - las siguientes características:

- Permite el uso de todas las plaquitas T-maxP de forma básica negativa.
- En ángulo de desprendimiento efectivo puede variar de -6° a $+18^{\circ}$, dependiendo de la gama de modernas plaquitas T-max P + .

FIG. Nº 3.2



PORTAHERRAMIENTA

T- MAX P PTTNR 2525M22

- La firme sujeción por palanca permite una salida de virutas sin obstrucciones por encima de la cara superior de la plaquita.
- El agujero roscado y el pivote de palanca, no se ven afectados por la zona de calentamiento.
- Los alojamientos de doble pared, proporcionan el máximo apoyo a las plaquitas.
- El tornillo de la palanca de embridado es accesible tanto por la parte superior como por la parte inferior de la herramienta.

CODIGO ISO PARA PORTAHERRAMIENTAS	CARACTERISTICAS
T - MAX P	Diseño de palanca.
T - MAX U	Sujeción por tornillo.
T - MAX S	Sujeción por brida superior.
T - MAX	Sujeción por brida superior con rompevirutas ajustable.

PORTAHERRAMIENTA :

P	T	T	N	R	25	25	M	22
A	B	C	D	E	F	G	H	I

- PTTNR 2525 M 22: Corresponde a la nominación mediante el código IS₀
- ABCDEFGHI: explican el significado del código IS₀
- A: explica el sistema de sujeción del portaherramienta. Ver tabla N^o 34.
- B: indica la forma de la plaquita a utilizarse. Tabla N^o 35.
- C: indica el tipo de mango en función del ángulo de posición. Ver tabla N^o 36.
- D: indica el ángulo de incidencia de la plaquita. Ver tabla N^o 37.
- E: indica la acción de la herramienta. ver tabla N^o 38.
- F: indica la altura del mango. Ver tabla N^o 39.a.
- G: indica el ancho del mango. Ver tabla N^o 39.b.
- H: indica la longitud del portaherramienta. Ver tabla N^o 40.a.
- I: indica la longitud de la arista de corte. Ver tabla N^o 40.b.

HERRAMIENTA:

Para el ensayo se ha seleccionado como herramienta de corte plaquitas o pastillas de carburo, debido a que recomiendan gran resistencia al desgaste; y elevada dureza a temperaturas altas, siendo de esta manera adecuada para mecanizar fundiciones.

HERRAMIENTA:



TNMG 22 04 08 TR 15 corresponde a la nominación mediante el código ISO.

Así mismo, ABCDEFGHIJ es una nominación con carácter explicativo.

A : explica la forma de la plaquita. Ver tabla N^o 41.a.

- B : indica el filtro de corte principal con el ángulo de incidencia. Ver tabla N° 41.b.
- C : indica las tolerancias de la geometría de la herramienta. Ver tabla N° 42.a.
- D : Tipo de fijación. Ver tabla N° 42.b.
- E : explica el tamaño de la plaquita. Ver tabla - N° 43.
- F : indica el espesor. Ver tabla N° 44.a.
- G : indica el radio. Ver tabla N° 44.b.
- H : indica el tipo de filo de corte. Ver - tabla N° 45.a.
- I : indica la dirección del avance. Ver tabla N° 45.b.
- J : explica las opciones del fabricante. Ver tabla N° 46.

3.1.1.1. HERRAMIENTA DE ACERO RAPIDO:

Las herramientas de acero rápido son bastante usadas en las operaciones de mecanizado, pero para este ensayo se ha despreciado el uso de estas por considerarlas que para mecanizar fundiciones de hierro el rendimiento no es satisfactorio, debido al desgaste prematuro.

Por recomendación de tesis de grado anterior realizada por el Ing. Jaime Cuadrado, recomienda tan solo el uso de estas herramientas para trabajos unitarios de desbaste y cilindrado de aceros con ciertas limitaciones; tiene la ventaja que para ciertas circunstancias la habilidad, ingenio y paciencia se pueden dar diversas configuraciones para maquinar formas no muy comunes; en cambio las plaquitas de carburo, son recomendables para fundiciones, pero éstas vienen con forma determinada e invariable.

3.1.1.2. HERRAMIENTA DE CARBURO DE TUNGSTENO:

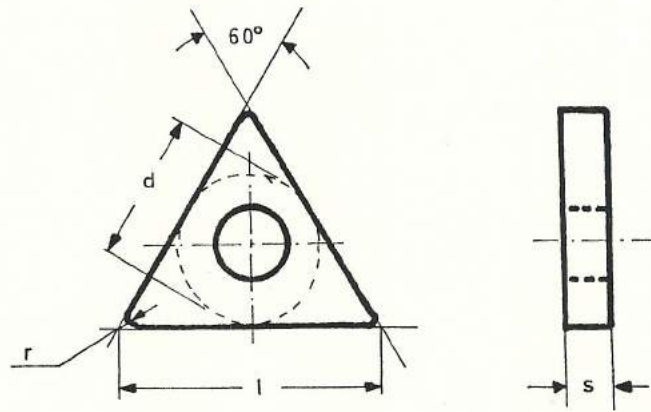
La plaquita de carburo de Tungsteno seleccionada TNMG 220408 TR 15 (Ver figura N° 3.3) tiene las siguientes características:

forma triangular, tiene un ángulo de incidencia de 0° , fijado al porta herramientas mediante un agujero central, tiene un tamaño de arista de 22 mm., un espesor de 4.76 mm., y un radio de curvatura, en las puntas de 0.8 mm.

Además posee una elevada dureza a altas temperaturas (1.200°C), tiene alta resistencia a la compresión, excelente resistencia al desgaste y a la corrosión, muy escasa resistencia al choque.

Estas características mejoran un tanto porque la herramienta usada para éste ensayo tiene una capa muy delgada de óxido de aluminio (aproximadamente 0.001 mm), la cual aumenta la resistencia al desgaste, y la fricción entre plaquita y viruta disminuye.

FIG. Nº 3.3



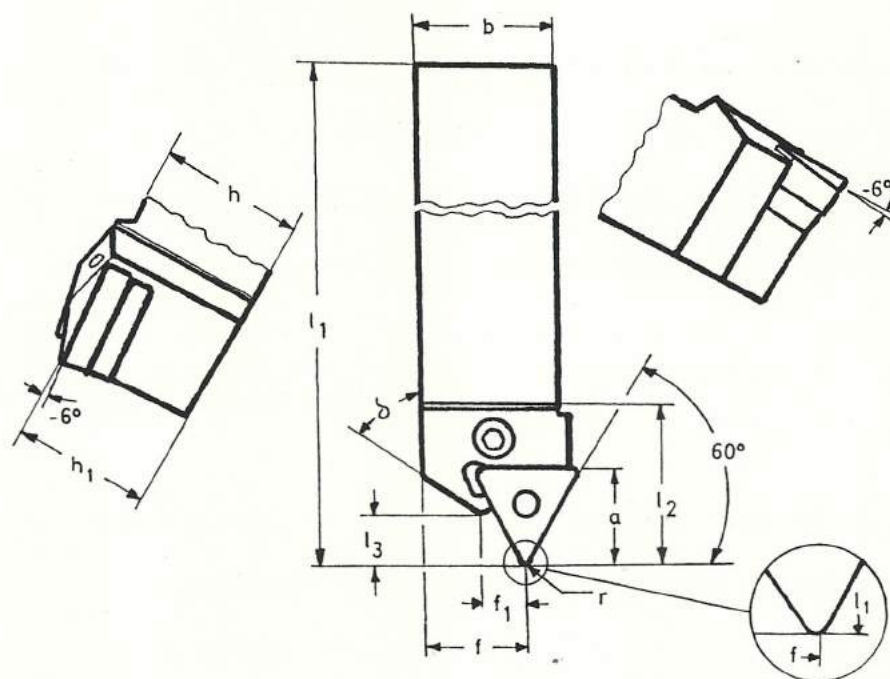
TIPO DE HERRAMIENTA	DIMENSIONES m.m.			
	l	d	s	r
TNMG 22 04 08	22	12.7	4.76	0.8

TOLERANCIAS: d = ± 0.08 mm
 s = ± 0.13 mm
 r = ± 0.10 mm

DIMENSIONAMIENTO DE LA HERRAMIENTA

En la figura N^o 3.4 , se dan detalles geométricos del porta herramientas PTTNR 2525M22 en el cual asienta la antes mencionada plaquita.

FIG. Nº 3.4



TIPO DE PORTAHERRAMIENTA	DIMENSIONES (mm)								
	$h=h_1$	b	l_1	l_2	l_3	f	f_1	δ	a
PTTNR 25 25 M22	25	25	150	31,9	66	22	7,4	54°	17

DIMENSIONAMIENTO DEL PORTAHERRAMIENTA

3.2. FUNDICIONES A MECANIZARSE

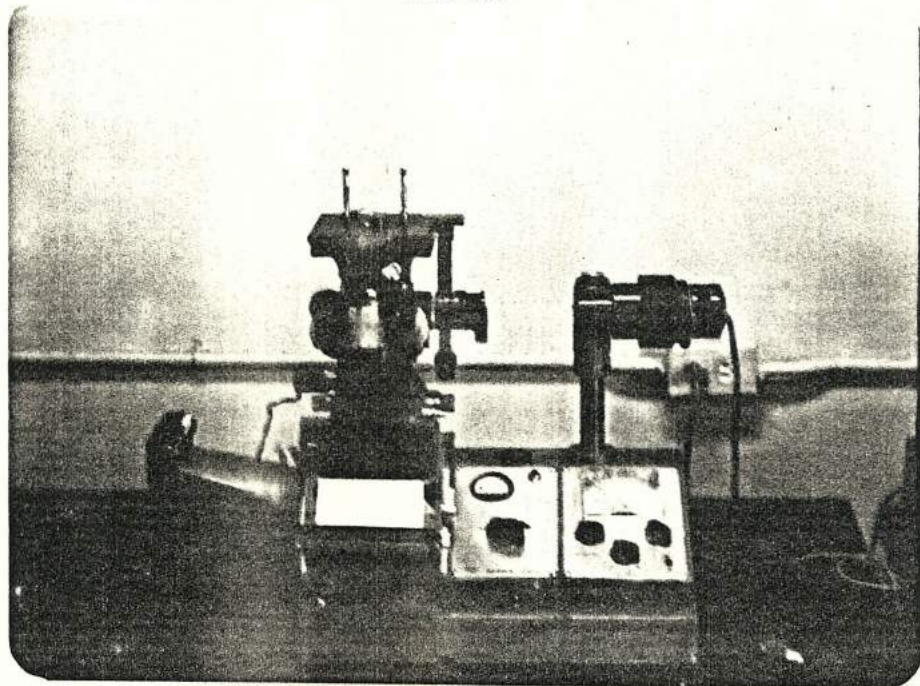
3.2.1. Tipos de fundiciones

Se han preparado piezas cilíndricas de cinco distintos tipos de fundiciones y a dos de éstas se efectuó recocidos, con el fin de tener una apreciación del maquinado en un material más blando.

3.2.2. Análisis metalográfico

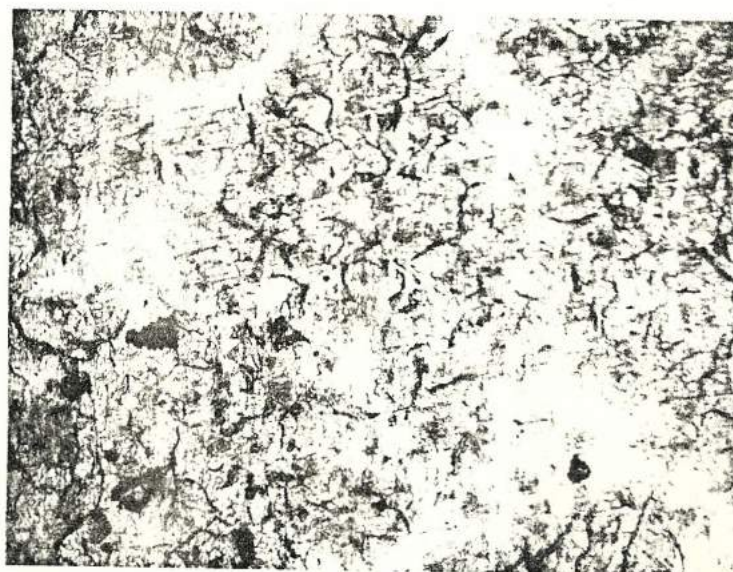
Las siguientes microfotografías se efectuaron en el microscopio (ver figura N° 3.18), del laboratorio de Metalografía.

FIG: 3.5



MICROSCOPIO

FIG. Nº 3.6



FUNDICION

HIERRO GRIS COMUN (matriz perlítica)



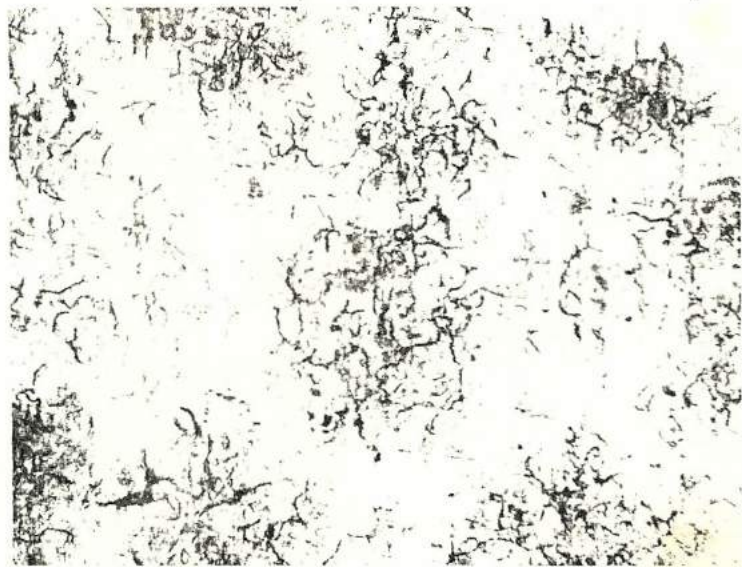
FUNDICION

30 % Ni

3 % Cr

0,5 % Cu

66,5 % Fe. gris
automotriz



FUNDICION

2,91 % C

1,10 % Si

0,34 % Mn

15,26 % Ni

1,36 % Cu

0,508 % Cr



FUNDICION

2,47 % C 1,12 % Si 0,29 % Mn 34,09 % Ni 4,76 % Cu



FUNDICION

2,69 % C

1,10 % Si

0,315 % Mn

15,16 % Ni

3,13 % Cu

0,574 % Cr

3.2.3. Propiedades mecánicas

TABLA N° 7

PROPIEDADES MECANICAS	
	NUMERO DE DUREZA BRINELL BHN
Fundición N° 1	300
Fundición N° 2	255
Fundición N° 3	331
Fundición N° 4	166
Fundición N° 5	255

3.2.4. Tratamientos térmicos

Con el ánimo de suavizarlo y apreciar una mejor ma-
quinabilidad, se hizo el recocido de las fundi-
ciones N° 1 y N° 2.

Para un recocido de temperatura baja, cuyo objetivo -
es convertirlo la perlita a ferrita se eleva la
temperatura hasta 760°C (1.400°F), manteniendo el
tiempo de 45 minutos por pulgada de sección ,

para luego ser enfriado al horno a 315°C -
(600°F).

El enfriamiento se hizo en el horno a 55°C
por hora.

Se han elaborado curvas de desgaste del flanco Vs. -
tiempo de mecanizado, en la que se puede hacer una
comparación con la fundición sin recocido.

3.3. ENSAYO DE MECANIZADO

Para efecto del presente ensayo de maquinabilidad aparte -
de usar las antes ya mencionadas herramientas, se ha efec-
tuado un análisis de desgaste, duración de la herramienta,
así como también la determinación del estado superficial de
cada tipo de fundición.

3.3.1. Análisis del desgaste y destrucción de la herramienta

La duración de la herramienta de corte constituye
uno de los aspectos económicos más importan-
tes en el corte de metales.

Se ha elaborado piezas cilíndricas de hierro fundido,

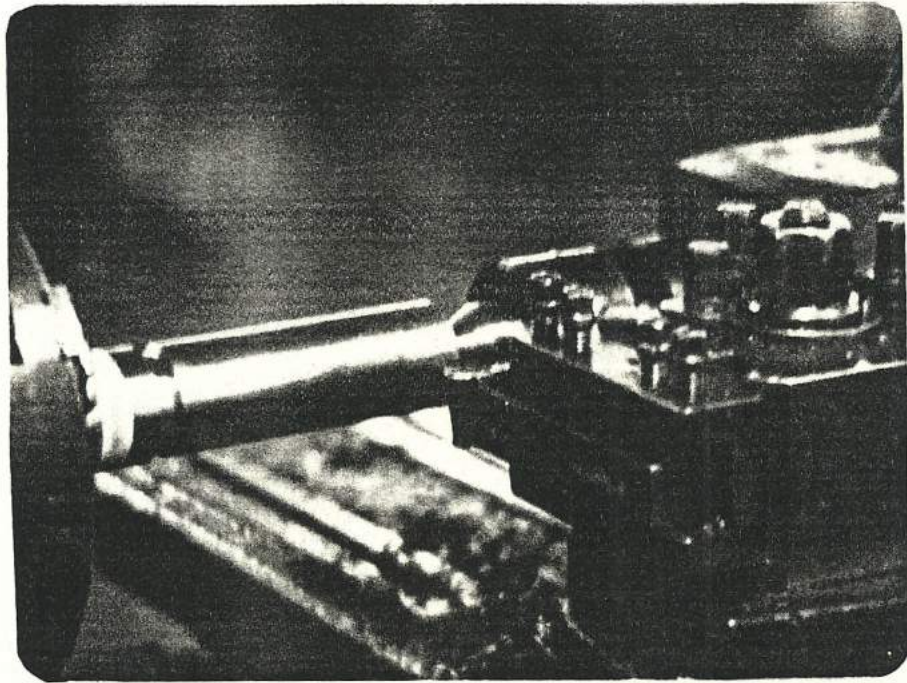
se ha desbastado durante un cierto tiempo de mecanización, se detiene la máquina y se remueve la pastilla de carburo para medir el ancho de la zona de desgaste. La pastilla se vuelve a posicionar cuidadosamente y el procedimiento se repite hasta que la herramienta muestre signos de falla total.

Para efecto de medición del ancho de la zona de desgaste se ha utilizado el macroscopio del laboratorio de Metalografía de la ESPOL (Ver figura - N° 3.12)

Aparte de las ya conocidas características geométricas de la herramienta y porta herramienta se conoce los siguientes parámetros:

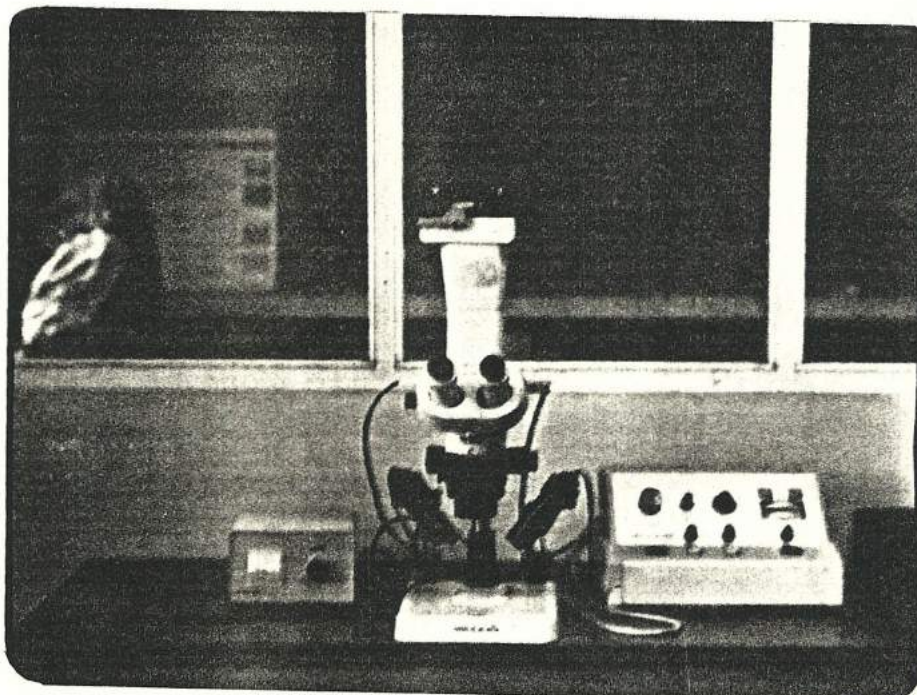
- Revoluciones por minuto del torno (RPM) (Tabla N°4)
- Avance f (mm/Rev) (Tabla N° 5)
- Diámetro d de la pieza a mecanizarse (mm)
- Longitud axial mecanizada L_m (mm)
- Número de dientes del piñón regulador del avance (66 ó 132 dientes)

FIG. Nº 3.11



CILINDRADO DEL HIERRO FUNDIDO DURANTE EL
ENSAYO DE DESGASTE-DURACION DE LA HERRA
MIENTA.

FIG. Nº 3.12



MACROSCOPIO

(Marca: WILD del Laboratorio de Metalografía
de la ESPOL)

Cuando las herramientas de corte son usadas con criterio de duración económica, el desgaste del flanco, es considerado como el principal factor de control. Este desgaste es el resultado de la fricción entre la superficie producida de la pieza y el área de contacto de la herramienta conocida como flanco. El ancho de la zona de desgaste del flanco observada en el macroscopio nos dá la pauta del aumento progresivo de éste hasta llegar a condiciones de fragmentación rápida o de destrucción.

Uno de los objetivos de este análisis consiste en observar el desarrollo del desgaste en el flanco de la herramienta de Carburo de Tungsteno TNMG 22 04 08 ; para cuyo efecto se grafica el desgaste del flanco con respecto al tiempo de mecanizado.

t_m = tiempo de mecanizado

$$t_m = \frac{\text{número de rev. totales (rev)}}{\text{RPM (rev/min)}} \quad (3.1)$$

siendo:

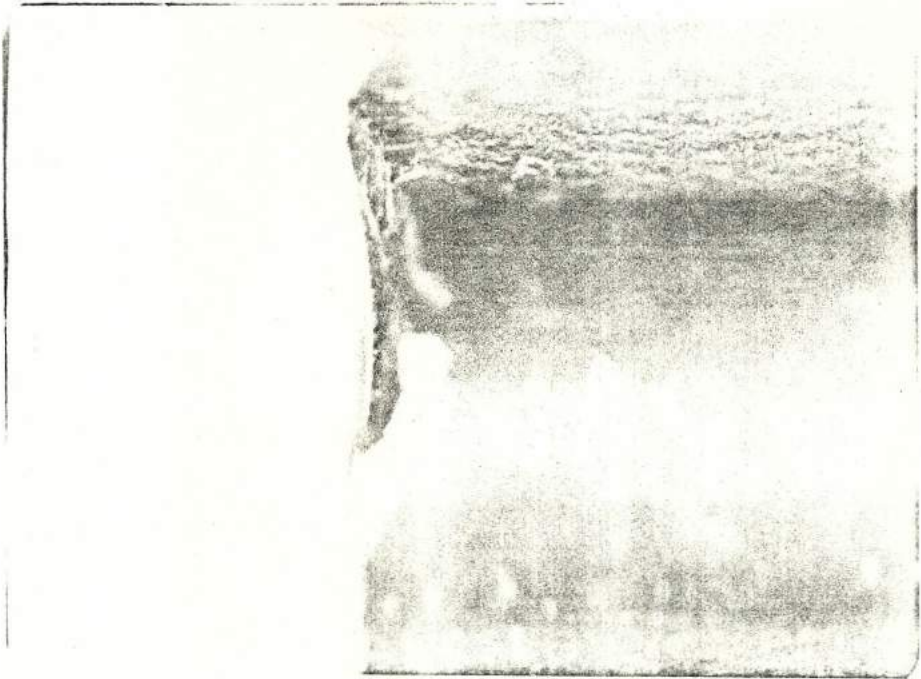


FIG. N^o. 3.13 a
DESGASTE DEL FLANCO DE LA HERRA-
MIENTA

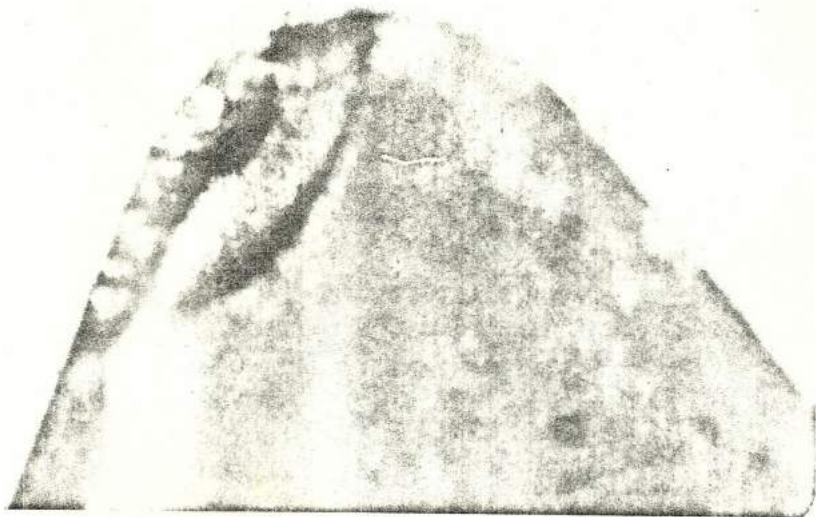


FIG. N^o. 3.13 b
DESGASTE DE LA CARA DE LA HERRAMIENTA

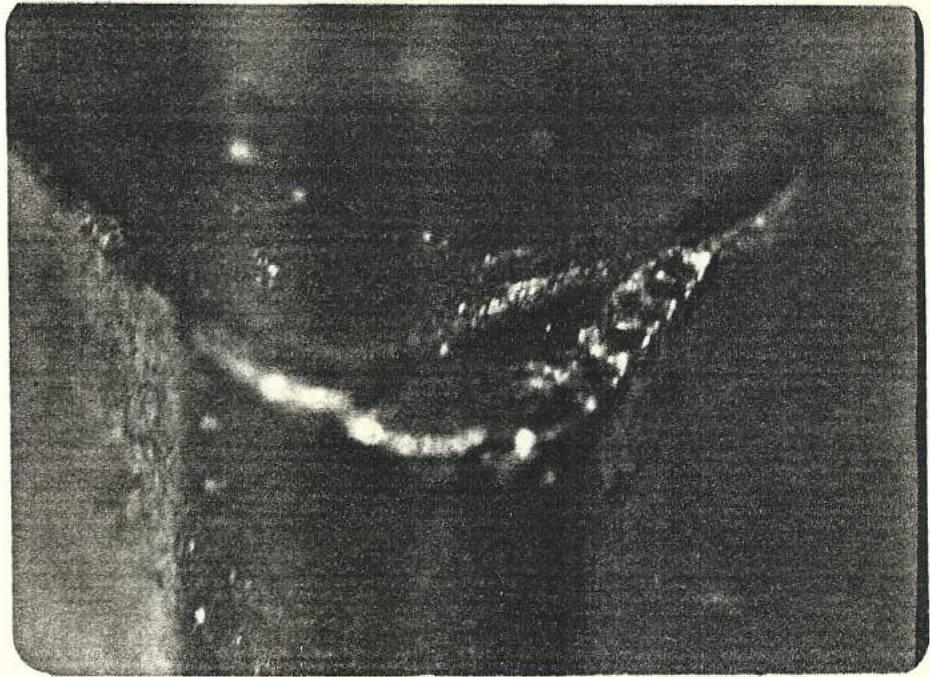


FIG: 3.14 DESGASTE CARA-FLANCO (PERSPECTIVA)



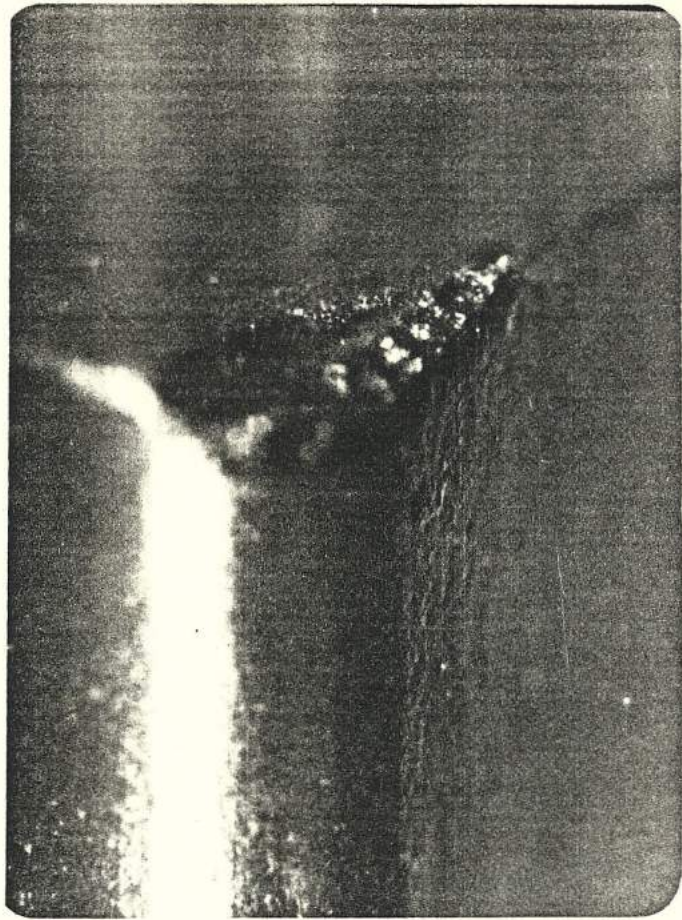


FIG: 3.15 a DESGASTE CARA - FLANCO
(PERSPECTIVA)

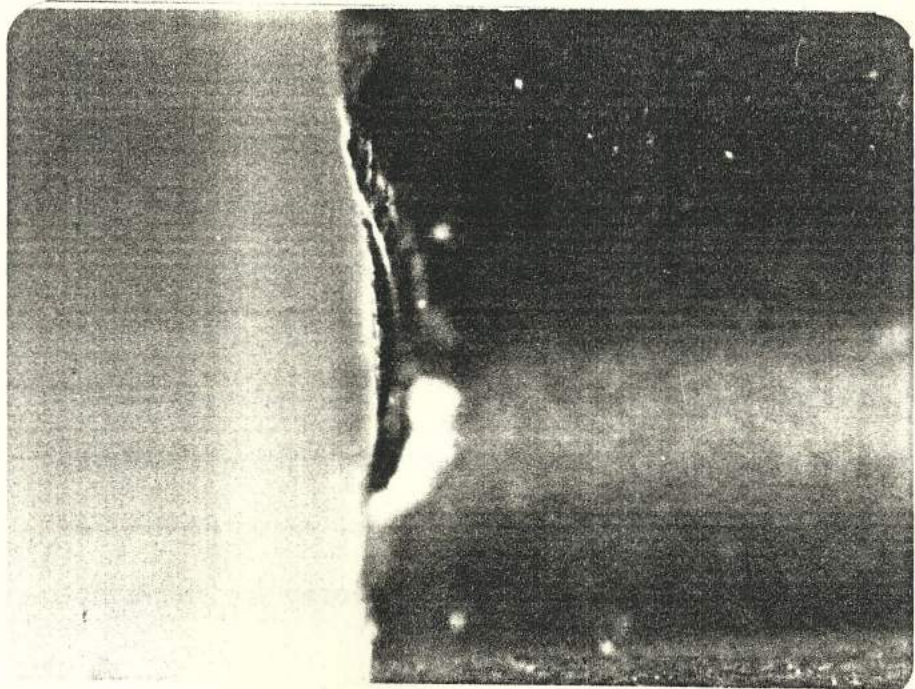


FIG: 3.15 b DESGASTE DEL FLANCO

$$\text{Num. de rev. totales} = \frac{L_m \text{ (mm)}}{f \text{ (mm/Rev)}} \quad (3.2)$$

Reemplazando (3.1) en (3.2), se tiene:

$$t_m = \frac{L_m \times (60)}{f \times (\text{RPM})} \text{ (seg)} \quad (3.3)$$

Esta fórmula (3.3), permite calcular el tiempo de mecanizado t_m , sin necesidad de utilizar un cronómetro, conociendo la longitud axial mecanizada L_m , el avance f y las revoluciones por minuto del torno RPM.

A continuación se detallan tablas y gráficos con datos experimentales para cada tipo de fundición indicada anteriormente. Cuidadosamente se ha ido ubicando la velocidad angular y por ende la velocidad de corte, se mantiene constante el avance, la longitud mecanizada se incrementará por tramos iguales y se notará el desgaste progresivo del flanco de la herramienta. Con el fin de notar la variación del desgaste, también se detallan los datos de los casos de fundiciones con recocido.

TABLA Nº 8

VELOCIDAD ANGULAR (RPM)	AVANCE B1 z = 132 (mm / rev)	DIAMETRO d (mm)	VELOCIDAD DE CORTE Vc (m/seg)	LONGITUD AXIAL MECANIZADA Lm (mm)	TIEMPO DE MECANIZADO tm (seg)	DESGASTE DEL FLANCO VB (mm)
800	0.060	47.8	2.00 (120.13 m/min)	37	46.25	0.1625
				74	92.50	0.2500
				111	138.75	0.3125
				148	185.00	0.3750
				185	231.25	0.4500
				222	277.50	0.5000
500	0.060	43.8	1.14 (68.80 m/min)	37	74.00	0.0875
				74	148.00	0.1350
				111	222.00	0.1625
				148	296.00	0.2000
				185	370.00	0.2250
				222	440.00	0.2650
400	0.060	44.70	0.94 (56.17 m/min)	37	92.50	0.0600
				74	185.00	0.0950
				111	277.50	0.1300
				148	370.00	0.1650
				185	462.50	0.2000
				222	555.00	0.2550
250	0.060	42.3	0.55 (33.22 m/min)	37	148.00	0.0375
				74	296.00	0.0625
				111	444.00	0.0750
				148	592.00	0.1125
				185	740.00	0.1375
				222	888.00	0.1750

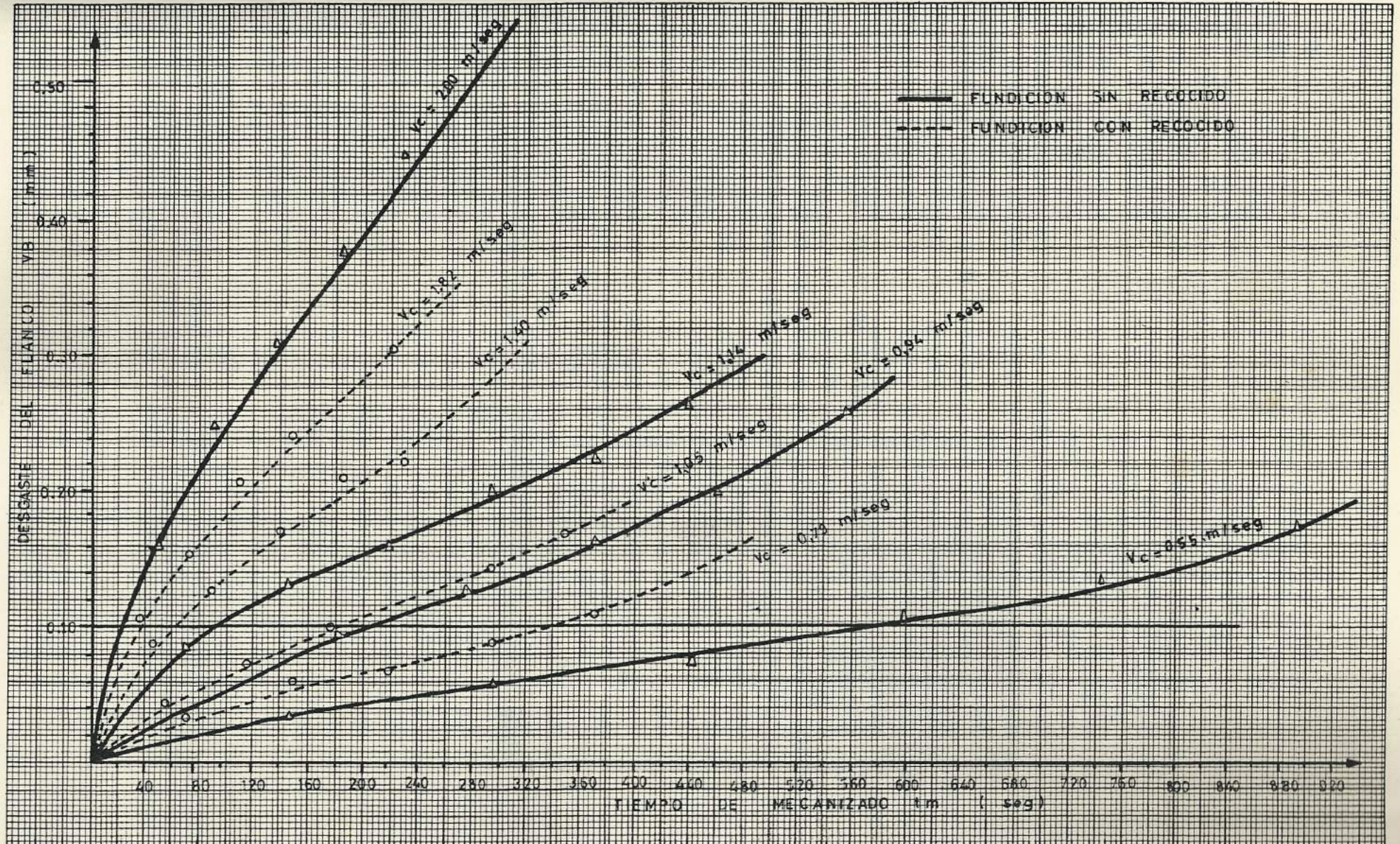
TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (1ª Fundición)

TABLA Nº 9

VELOCIDAD ANGULAR (RPM)	AVANCE B1 z = 132 (mm/rev)	DIAMETRO d (mm)	VELOCIDAD DE CORTE Vc (m/seg)	LONGITUD AXIAL MECANIZADA Lm (mm)	TIEMPO DE MECANIZADO tm (seg)	DESGASTE DEL FLANCO VB (mm)
1.000	0,060	34,90	1,82 (109,64 m/min)	37,00	37,00	0,1050
				74,00	74,00	0,1550
				111,00	111,00	0,2050
				148,00	148,00	0,2400
				185,00	185,00	0,2625
				222,00	222,00	0,3050
800	0,060	33,50	1,40 (84,19 m/min)	37,00	46,25	0,0850
				74,00	92,50	0,1250
				111,00	138,75	0,1700
				148,00	185,00	0,2100
				185,00	231,25	0,2200
				222,00	277,50	0,2650
630	0,060	31,90	1,05 (63,14 m/min)	37,00	58,73	0,0450
				74,00	117,46	0,0750
				111,00	176,19	0,1000
				148,00	234,92	0,1200
				185,00	293,65	0,1450
				222,00	352,38	0,1700
500	0,060	30,40	0,79 (47,75 m/min)	37,00	74,00	0,0350
				74,00	148,00	0,0625
				111,00	222,00	0,0700
				148,00	296,00	0,0925
				185,00	370,00	0,1125
				222,00	444,00	0,1400

TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (1ª Fundición con recocido).

FIG. Nº 3.16



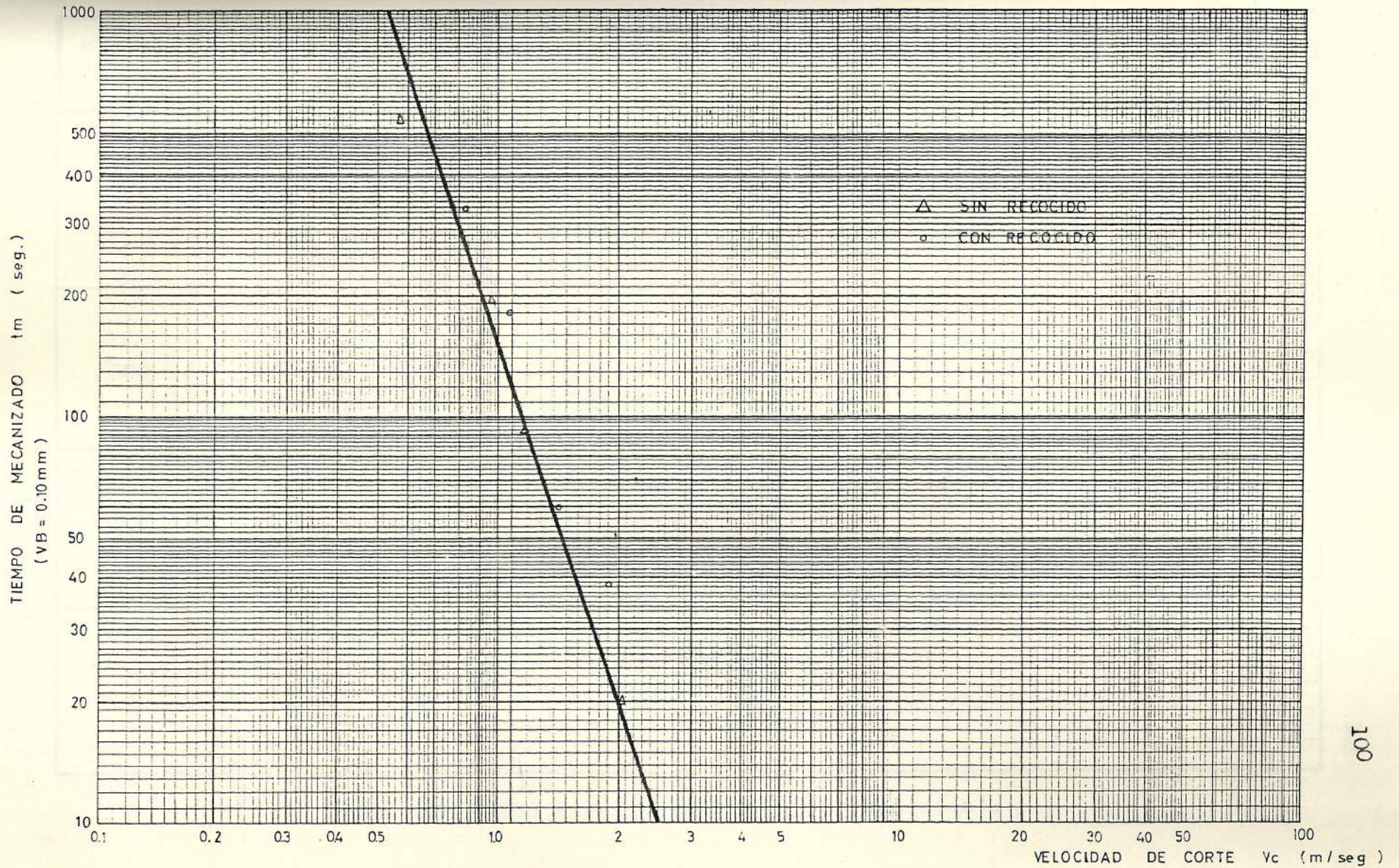
CURVA DE DESGASTE DEL FLANCO vs. TIEMPO DE MECANIZADO (1ª Fundición)

TABLA Nº 10

PROBETA SIN RECOCIDO		PROBETA CON RECOCIDO	
VELOCIDAD DE CORTE V_c (m / seg.)	TIEMPO DE MECANIZADO t_m (seg.)	VELOCIDAD DE CORTE V_c (m / seg.)	TIEMPO DE MECANIZADO t_m (seg.)
2.00	20	1.82	39
1.14	92	1.40	60
0.94	195	1.05	180
0.55	545	0.79	330

TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (1^{ra} Fundición)

FIG. Nº 3.17



CURVA DE TIEMPO DE MECANIZADO vs. VELOCIDAD DE CORTE (1ª F undición).

TABLA Nº 11

VELOCIDAD ANGULAR (RPM)	AVANCE B1 z 132 (mm/rev)	DIAMETRO d (mm)	VELOCIDAD DE CORTE Vc (m/seg)	LONGITUD AXIAL MECANIZADA Lm (mm)	TIEMPO DE MECANIZADO tm (seg)	DESGASTE DEL FLANCO VB (mm)
800	0,060	50,80	2,13 (127,00 m/min)	36,00	45,00	0,0750
				72,00	90,00	0,1125
				108,00	135,00	0,1625
				144,00	180,00	0,2500
				180,00	225,00	0,3500
				216,00	270,00	0,4250
500	0,060	49,20	1,29 (77,00 m/min)	36,00	72,00	0,0500
				72,00	144,00	0,0875
				108,00	216,00	0,1100
				144,00	288,00	0,1125
				180,00	360,00	0,1250
				216,00	432,00	0,1375
315	0,060	48,20	0,79 (47,70 m/min)	36,00	114,28	0,0625
				72,00	228,56	0,0750
				108,00	342,84	0,0875
				144,00	457,12	0,0875
				180,00	571,40	0,0875
				216,00	685,68	0,0925

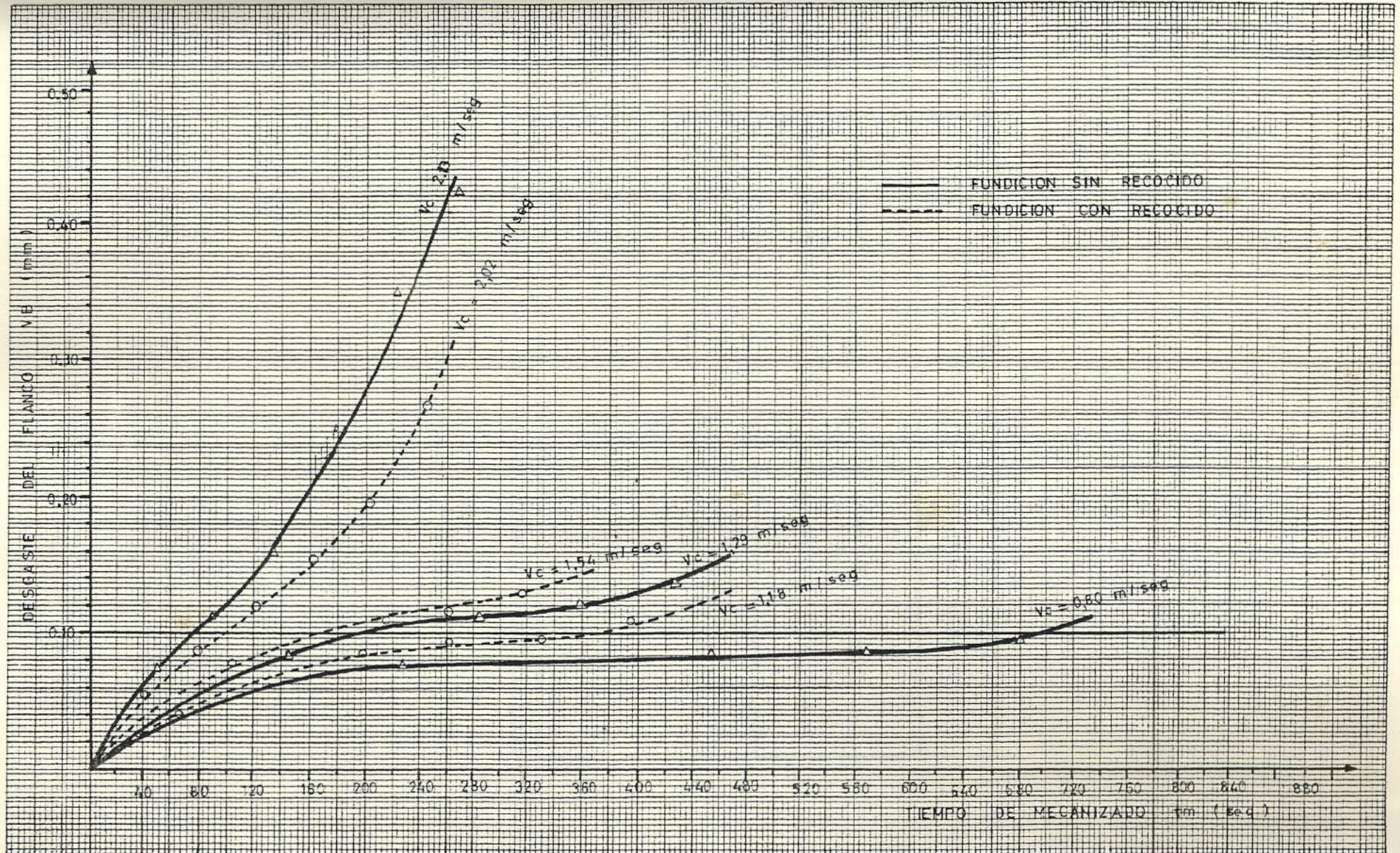
TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (2^{da} Fundición).

TABLA Nº 12

VELOCIDAD ANGULAR (RPM)	AVANCE B1 z = 132 (mm/ rev)	DIAMETRO d (mm)	VELOCIDAD DE CORTE Vc (m/seg)	LONGITUD AXIAL MECANIZADA Lm (mm)	TIEMPO DE MECANIZADO tm (seg)	DES GASTE DEL FLANCO VB (mm)
800	0,060	48,20	2,02 (121,14 m/min)	33,00	41,25	0,0525
				66,00	82,50	0,0900
				99,00	123,75	0,1200
				132,00	165,00	0,1525
				165,00	206,25	0,1950
				198,00	247,50	0,2650
630	0,060	46,70	1,54 (92,43 m/min)	33,00	52,38	0,0475
				66,00	104,70	0,0800
				99,00	157,14	0,0950
				132,00	209,52	0,1100
				165,00	261,90	0,1150
				198,00	314,28	0,1300
500	0,060	45,20	1,18 (71,00 m/min)	33,00	66,00	0,0425
				66,00	132,00	0,0750
				99,00	198,00	0,0850
				132,00	264,00	0,0925
				165,00	330,00	0,0950
				198,00	396,00	0,1100

TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (2^{da} Fundición con recocido)

FIG. Nº 3.18



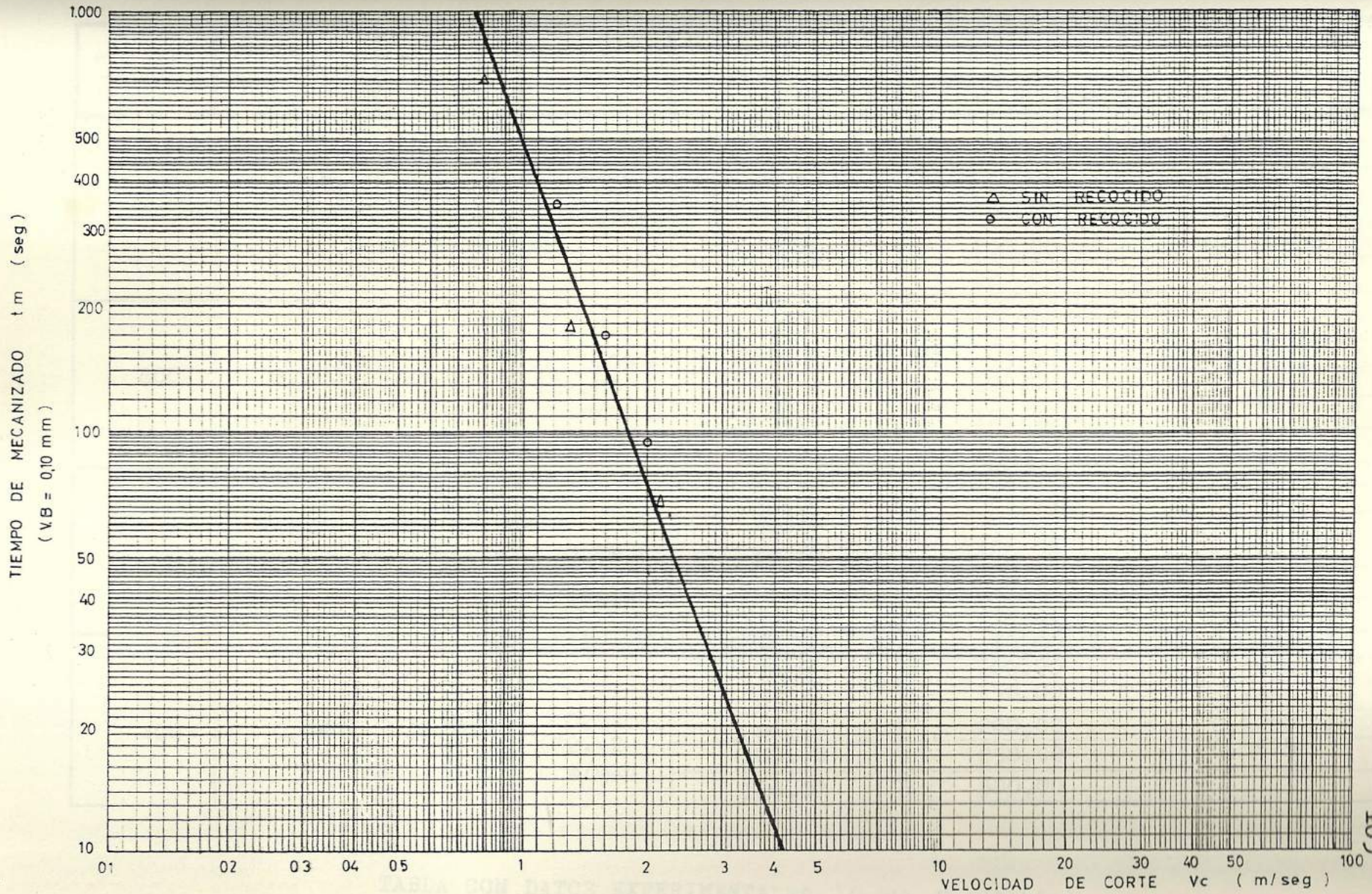
CURVA DE DESGASTE DEL FLANCO vs. TIEMPO DE MECANIZADO (2da Fundición)

TABLA Nº 13

PROBETA SIN RECOCIDO		PROBETA CON RECOCIDO	
VELOCIDAD DE CORTE v_c (m / seg)	TIEMPO DE MECANIZADO t_m (seg)	VELOCIDAD DE CORTE v_c (m / seg)	TIEMPO DE MECANIZADO t_m (seg)
2.13	68	2.02	96
1.29	192	1.54	170
0.80	700	1.18	350
—	—	—	—

TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (2^{da} Fundición)

FIG. Nº 3.19



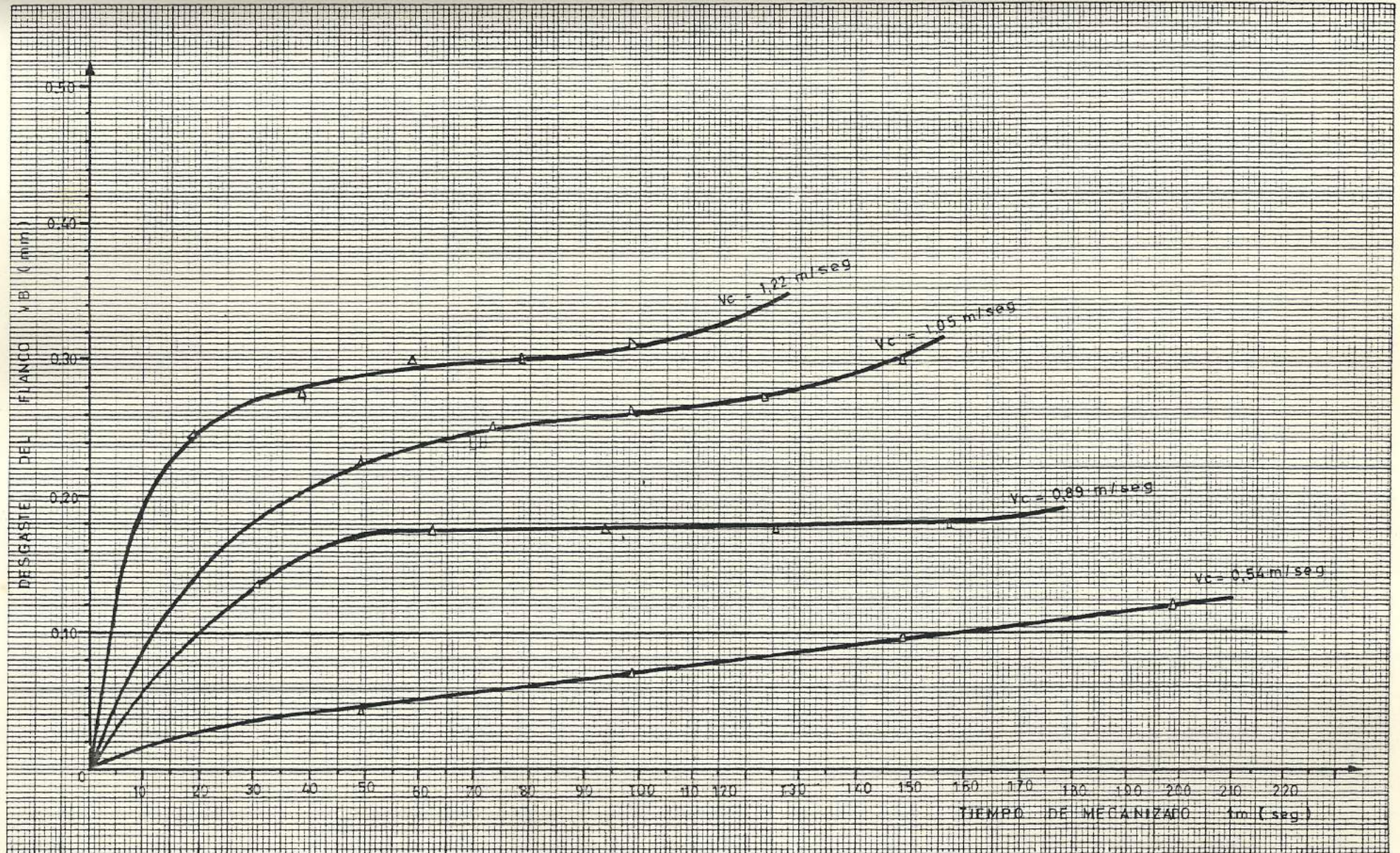
CURVA DE TIEMPO DE MECANIZADO vs. VELOCIDAD DE CORTE (2^{da} Fundición)

TABLA Nº 14

VELOCIDAD ANGULAR (RPM)	AVANCE B1 z = 132 (mm/rev)	DIAMETRO d (mm)	VELOCIDAD DE CORTE Vc (m/seg)	LONGITUD AXIAL MECANIZADA Lm (mm)	TIEMPO DE MECANIZADO tm (seg)	DESGASTE DEL FLANCO VB (mm)
1.000	0,060	23.30	1,22 (73,20 m/min)	20,00	20,00	0,2450
				40,00	40,00	0,2750
				60,00	60,00	0,3000
				80,00	80,00	0,3000
				100,00	100,00	0,3125
				120,00	120,00	0,3250
800	0,060	25.00	1,05 (62,83 m/min)	20,00	25,00	0,1625
				40,00	50,00	0,2250
				60,00	75,00	0,2500
				80,00	100,00	0,2625
				100,00	125,00	0,2750
				120,00	150,00	0,3000
630	0,060	27.00	0,89 (53,43 m/min)	20,00	31,74	0,1375
				40,00	63,49	0,1750
				60,00	95,240	0,1750
				80,00	126,98	0,1750
				100,00	158,73	0,180
				120,00	190,48	0,2000
400	0,060	25,80	0,54 (32,42 m/min)	20,00	50,00	0,0475
				40,00	100,00	0,0750
				60,00	150,00	0,1000
				80,00	200,00	0,1250
				100,00	250,00	0,1625
				120,00	300,00	

TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (3ª Fundición)

FIG. Nº 3.20



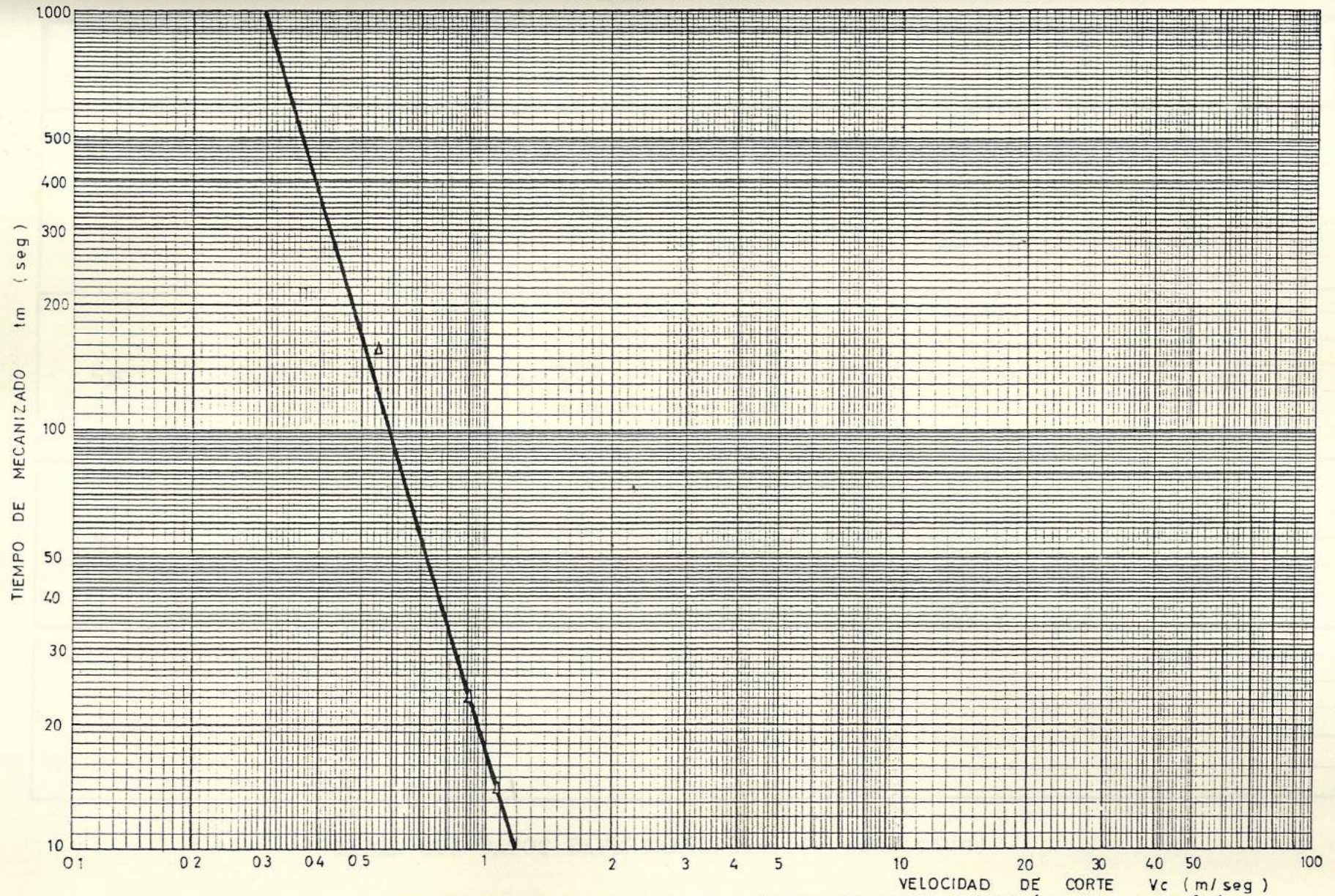
CURVA DE DESGASTE DEL FLANCO vs. TIEMPO DE MECANIZADO (3ª Fundición)

TABLA Nº 15

PROBETA	
VELOCIDAD DE CORTE V_c (m / seg.)	TIEMPO DE MECANIZADO t_m (seg)
1.22	4
1.05	14
0.89	23
0.54	155

TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (3^{ra} Fundición)

FIGURA Nº 3.21



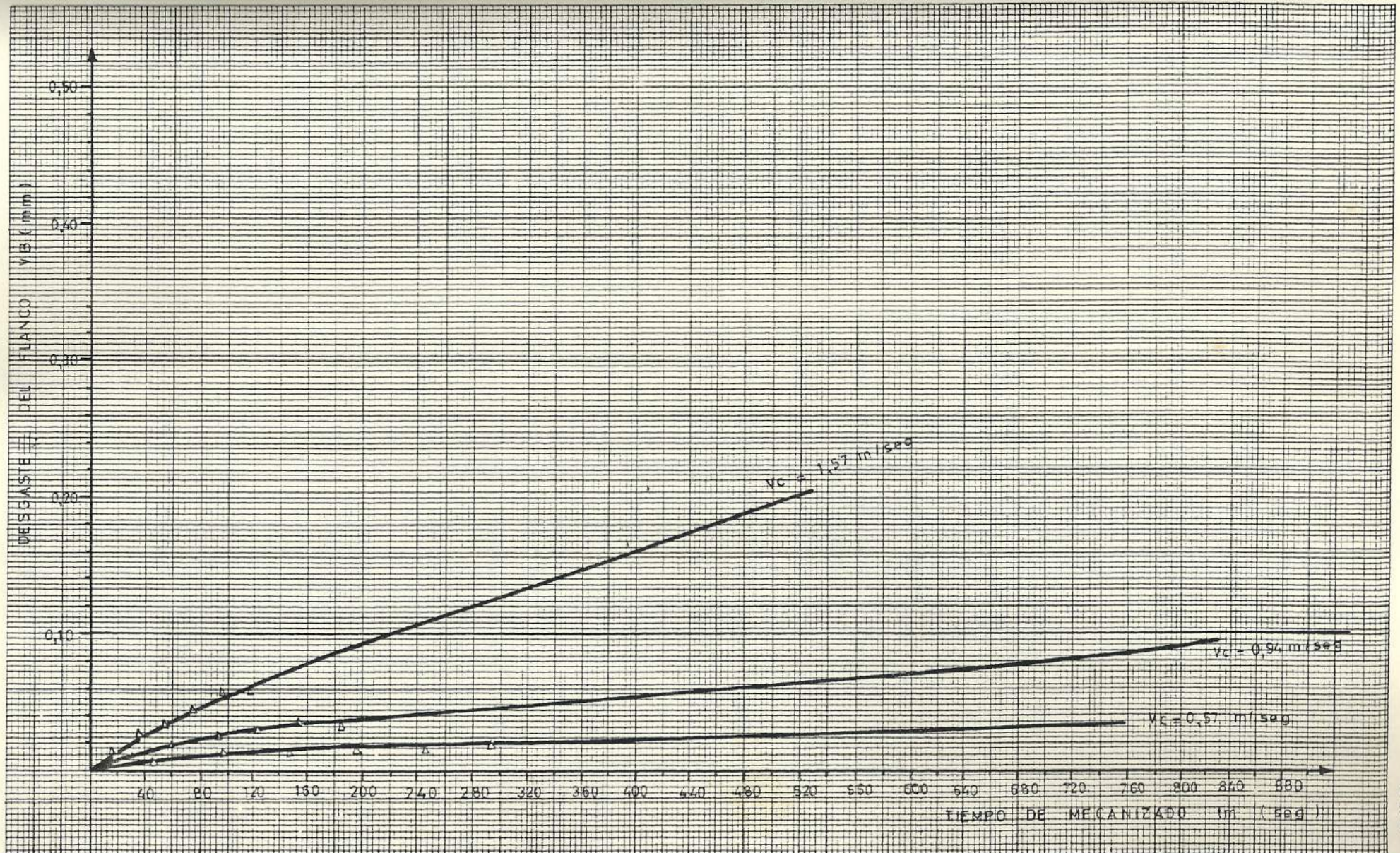
CURVA DE TIEMPO DE MECANIZADO vs. VELOCIDAD DE CORTE (3^{ra} Fundición)

TABLA Nº 16

VELOCIDAD ANGULAR (RPM)	AVANCE B1 z = 132 (mm/rev)	DIAMETRO d (mm)	VELOCIDAD DE CORTE Vc (m/seg)	LONGITUD AXIAL MECANIZADA Lm (mm)	TIEMPO DE MECANIZADO tm (seg)	DESGASTE DEL FLANCO VB (mm)
1.000	0,060	30,00	1,57 (94,25 m/min)	20,00	20,00	0,018
				40,00	40,00	0,030
				60,00	60,00	0,038
				80,00	80,00	0,050
				100,00	100,00	0,060
				120,00	120,00	0,062
630	0,060	28,50	0,94 (56,41 m/min)	20,00	31,74	0,012
				40,00	63,49	0,021
				60,00	95,24	0,026
				80,00	126,98	0,032
				100,00	158,73	0,037
				120,00	190,48	0,039
400	0,060	27,00	0,57 (33,93 m/min)	20,00	50,00	0,010
				40,00	100,00	0,016
				60,00	150,00	0,015
				80,00	200,00	0,018
				100,00	250,00	0,018
				120,00	300,00	0,022

TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (4^{ta} Fundición)

FIGURA Nº 3.22



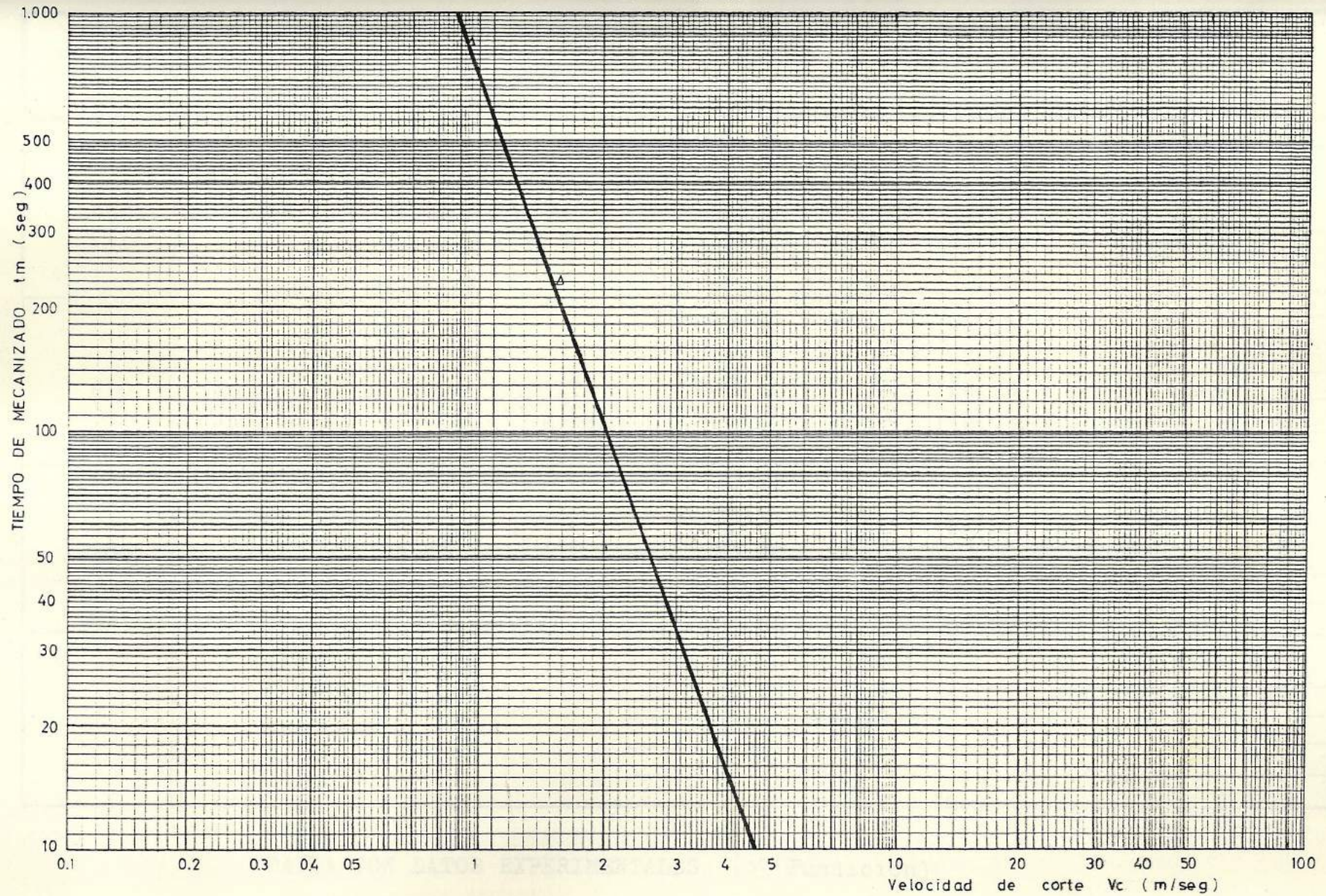
CURVA DE DESGASTE DEL FLANCO vs. TIEMPO DE MECANIZADO (4^{ta} Fundición)

TABLA N° 17

PROBETA	
VELOCIDAD DE CORTE V_c (m / seg.)	TIEMPO DE MECANIZADO t_m (seg.)
1.57	227
0.94	850
0.57	3000
—	—

TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (4^{ta} Fundición)

FIG. Nº 3.23



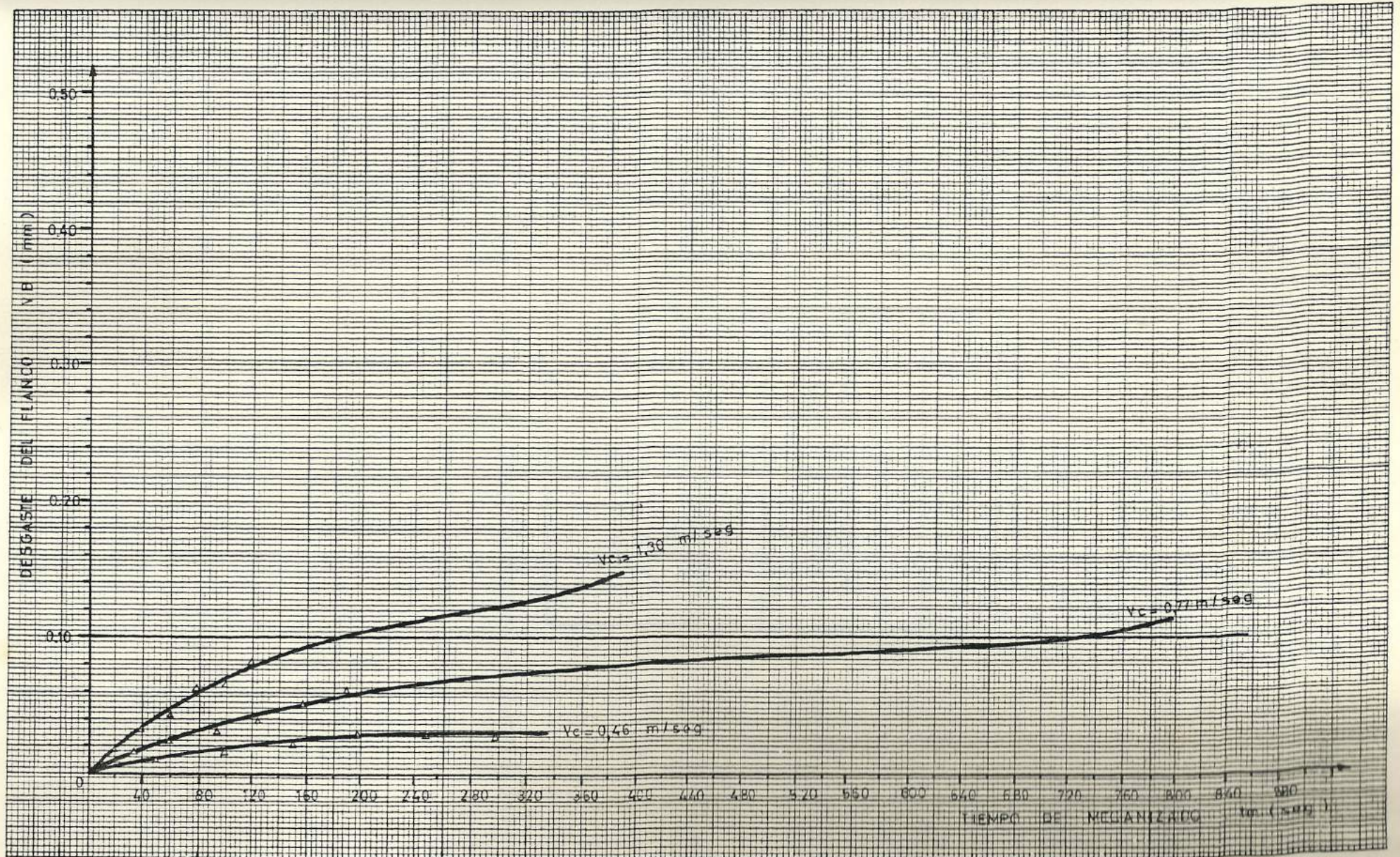
CURVA DE TIEMPO DE MECANIZADO vs. VELOCIDAD DE CORTE (4^{ta} Fundición)

TABLA N° 18

VELOCIDAD ANGULAR (RPM)	AVANCE B1 z = 132 (mm/rev.)	DIAMETRO d (mm)	VELOCIDAD DE CORTE Vc (m/seg)	LONGITUD AXIAL MECANIZADA Lm (mm)	TIEMPO DE MECANIZADO tm (seg)	DESGASTE DEL FLANCO VB (mm)
1.000	0,060	25,00	1,30 (78,54 m/min)	20,00	20,00	0,016
				40,00	40,00	0,030
				60,00	60,00	0,042
				80,00	80,00	0,060
				100,00	100,00	0,064
				120,00	120,00	0,080
630	0,060	23,50	0,77 (46,51 m/min)	20,00	31,74	0,014
				40,00	63,49	0,021
				60,00	95,24	0,030
				80,00	126,98	0,028
				100,00	158,73	0,050
				120,00	190,48	0,060
400	0,060	22,00	0,46 (27,65 m/min)	20,00	50,00	0,008
				40,00	100,00	0,015
				60,00	150,00	0,021
				80,00	200,00	0,028
				100,00	250,00	0,027
				120,00	300,00	0,027

TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (5^{ta} Fundición)

FIG. Nº 3.24



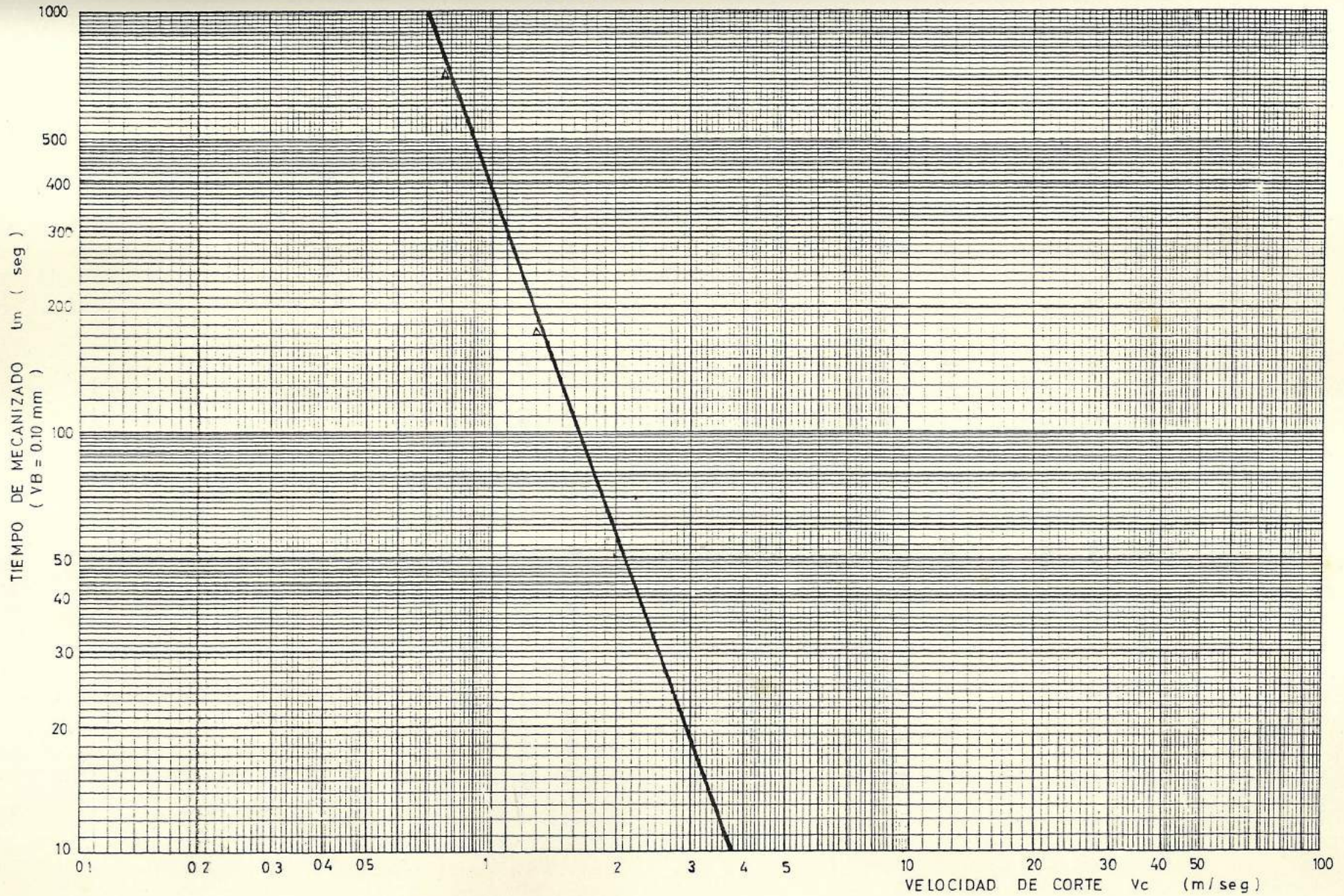
CURVA DE DESGASTE DEL FLANCO vs. TIEMPO DE MECANIZADO (5ª Fundición)

TABLA Nº 19

PROBETA	
VELOCIDAD DE CORTE V_c (m / seg)	TIEMPO DE MECANIZADO t_m (seg)
1.30	174
0.77	720
0.46	2790
—	—

TABLA CON DATOS EXPERIMENTALES (5^{ta} Fundición)

FIG. Nº 3.25



CURVA DE TIEMPO DE MECANIZADO vs. VELOCIDAD DE CORTE (5^{ta} Fundición)

3.3.2. Análisis del estado superficial

En una operación práctica de mecanizado para obtener la rugosidad final o real hay que considerar los dos efectos independientes:

- a. La rugosidad ideal de la superficie, que depende exclusivamente de la geometría de la herramienta y del avance.
- b. La rugosidad natural de la superficie, que es consecuencia de las irregularidades tanto en la operación de corte, como en la máquina.

La herramienta utilizada para la presente operación es de punto redondeada y según la ecuación (2.19), el valor de la rugosidad para una superficie torneada en condiciones ideales está dada por:

$$R_{ai} = 0.0321 \frac{f^2}{r_e} \quad (3.4)$$

Siendo:

f el avance; y,
 r_e el radio de la punta de la herramienta.

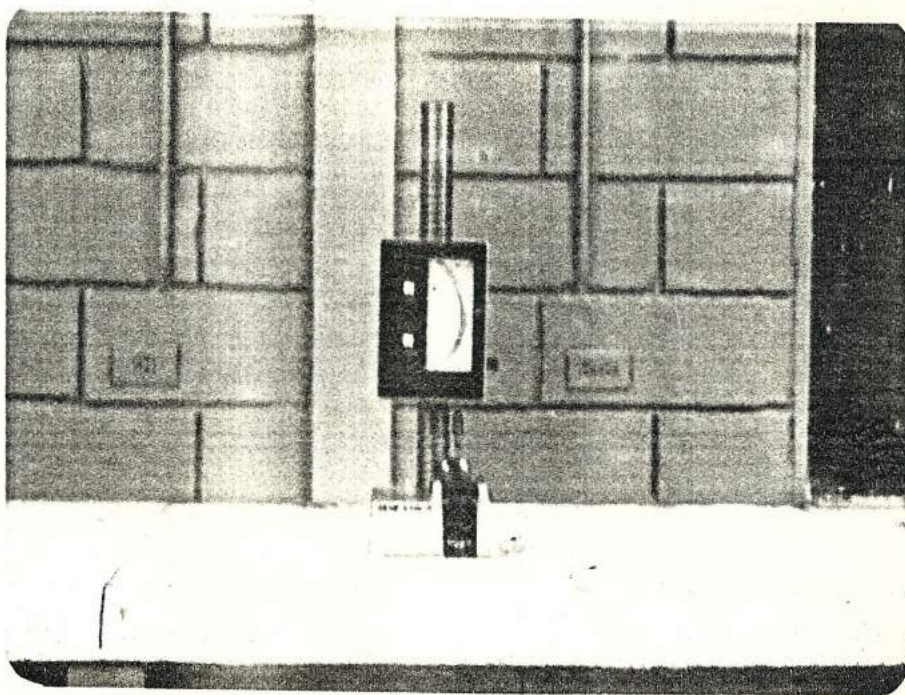
La rugosidad ideal es independiente de la velocidad de corte, y en la práctica la rugosidad natural de la superficie constituye una gran parte de la rugosidad real o final, siendo por lo tanto ésta mucho mayor que la rugosidad ideal.

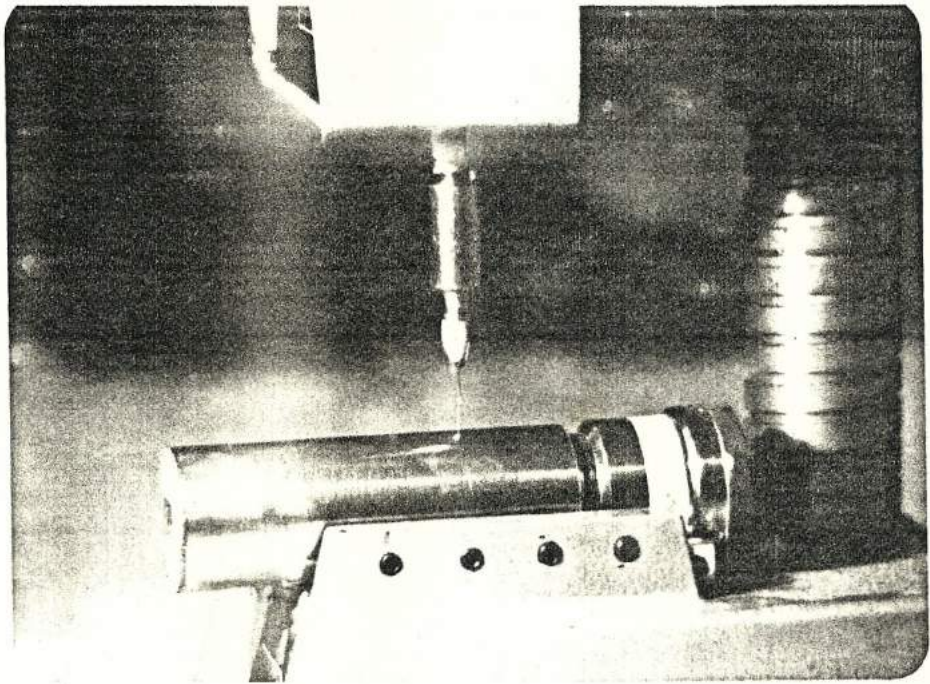
El presente análisis ilustra las magnitudes relativas de las rugosidades natural e ideal de la superficie en operación de torneado, examinando además el efecto de la velocidad de corte sobre la rugosidad natural de la superficie.

Cada una de las probetas de fundición se las divide en varias secciones de igual longitud, se tornea utilizando una velocidad de corte V_c y avance f diferente para cada sección. Se mide la rugosidad con un rugosímetro palpador SIGMA (Figura N° 3.26 y 3.27); y los resultados se grafican contra el avance, así como también contra velocidad de corte V_c .

La rugosidad ideal de la superficie se calcula a partir

FIG. № 3.26

RUGOSIMETRO PALPADOR SIGMA.



PALPADOR DEL RUGOSIMETRO

de la ecuación (3.4) donde f va variando y r_e es -
0.8 mm., para una pastilla de carburo de tungsteno -
TNMG 22 04 08.

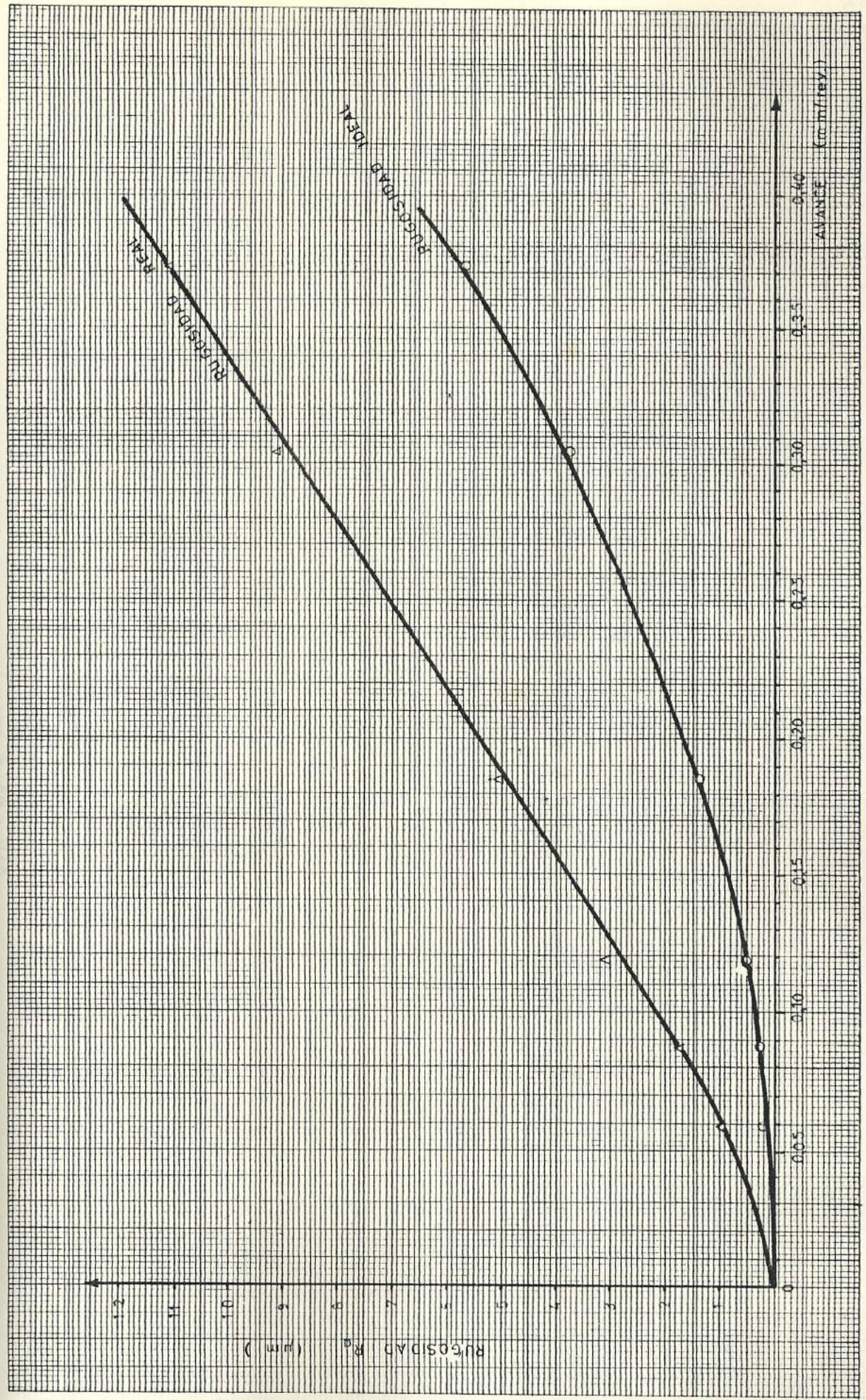
A continuación se detallan tablas y gráficos de datos
experimentales en las que se puede notar el aumento -
de la rugosidad a medida que se incrementa el avance;
así como también la variación de la rugosidad a medi-
da de la variación de la velocidad de corte.

TABLA Nº 20

VELOCIDAD ANGULAR ω (RPM)	AVANCE Z=132 (mm/rev)	PROFUNDIDAD DE CORTE (mm)	DIAMETRO d (mm)	VELOCIDAD DE CORTE V_c (m/seg)	RUGOSIDAD IDEAL R_{ai} (μm)	RUGOSIDAD REAL R_{ar} (μm)
800	B1=0.060	1.5	42.3	1.77	0.14	0.95
630	B5=0.068	1.5	42.3	1.39	0.31	1.75
500	A1=0.120	1.5	42.3	1.11	0.58	3.10
400	A6=0.187	1.5	42.3	0.89	1.40	5.00
315	C3=0.307	1.5	42.3	0.70	3.78	9.10
250	C6=0.375	1.5	42.3	0.55	5.64	11.05

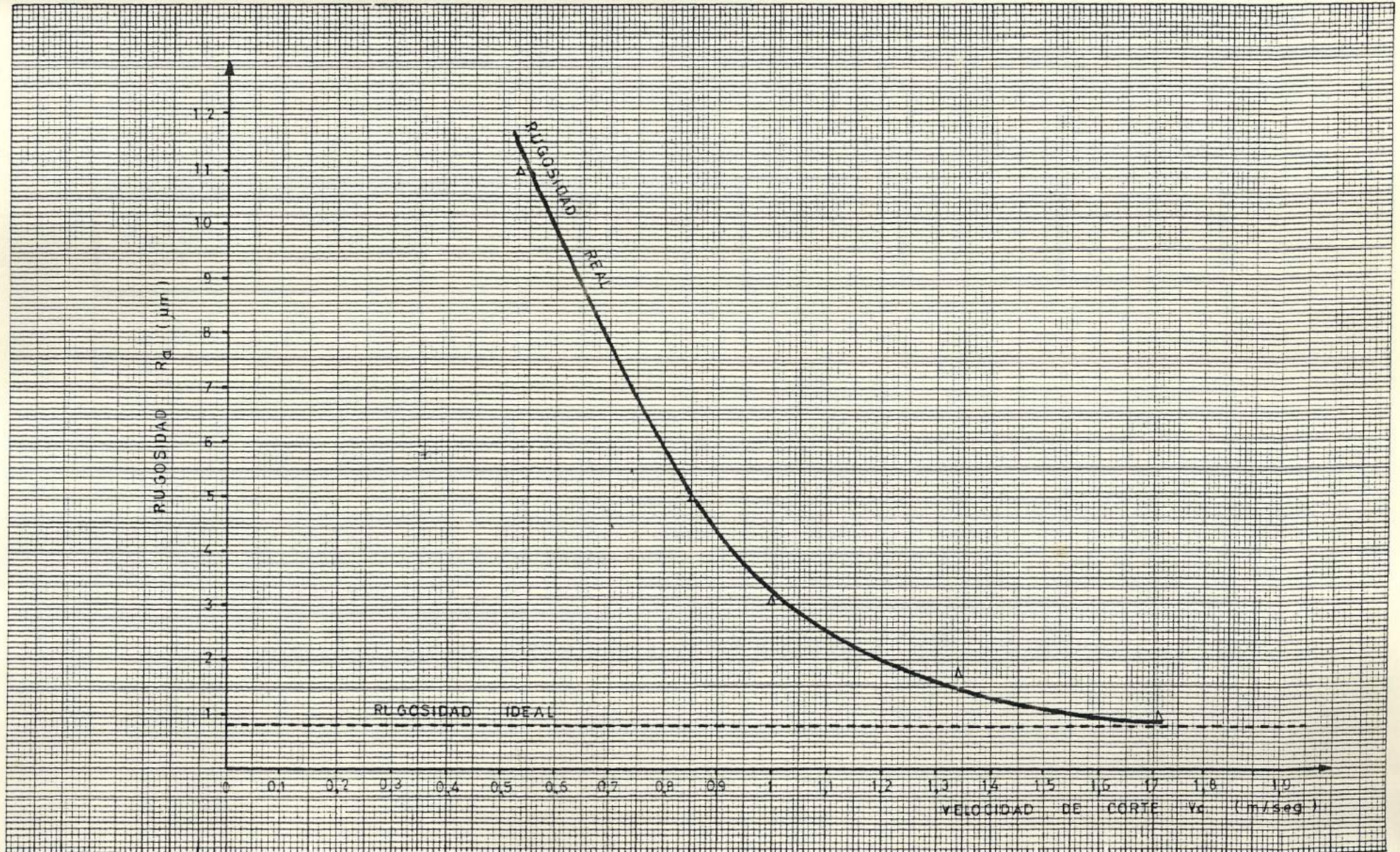
TABLA DE VALORES EXPERIMENTALES DE RUGOSIDAD (1ª Fundición)

FIG. Nº 3.28



CURVA DE RUGOSIDAD vs. AVANCE (1^{ra} Fundición)

FIG. Nº 3.29



CURVA DE RUGOSIDAD vs. VELOCIDAD DE CORTE (1ª Fundición)

TABLA Nº 21

VELOCIDAD ANGULAR ω (RPM)	AVANCE Z=132 (mm / rev)	PROFUNDIDAD DE CORTE (m m)	DIAMETRO d (m m)	VELOCIDAD DE CORTE V_c (m / seg)	RUGOSIDAD IDEAL R_{ai} (μ m)	RUGOSIDAD REAL R_{ar} (μ m)
1.000	B1 = 0,060	1,5	19,80	0,99	0,14	0,90
800	B5 = 0,088	1,5	19,80	0,80	0,31	1,50
630	A1 = 0,120	1,5	19,80	0,63	0,58	2,40
500	A 4 = 0,168	1,5	19,80	0,50	1,13	4,15
400	A7 = 0,211	1,5	19,80	0,40	1,79	5,70
250	C3 = 0,307	1,5	19,80	0,25	3,78	9,10

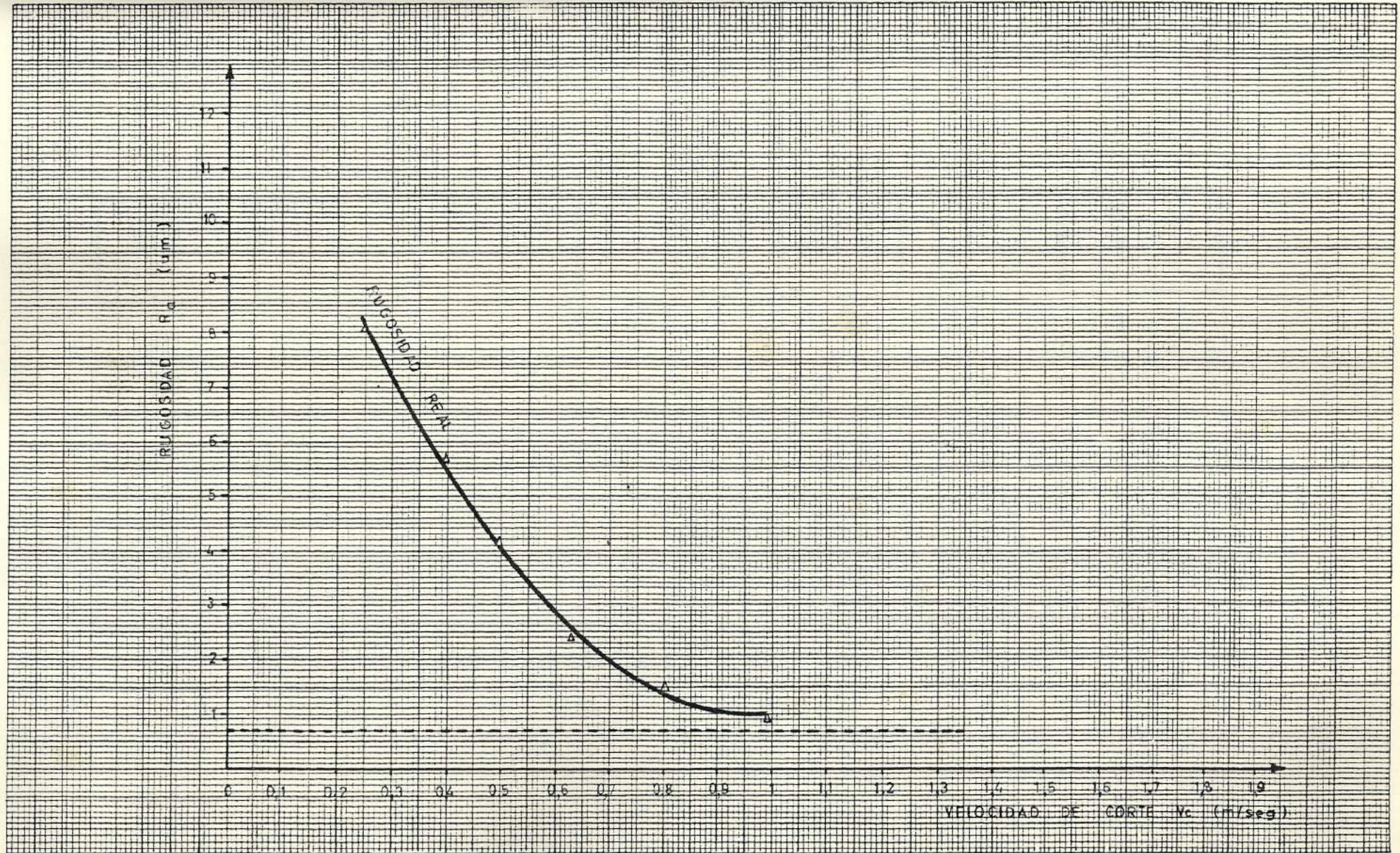
TABLA DE VALORES EXPERIMENTALES DE RUGOSIDAD (2^{da} Fundición)

FIG. Nº 3.30



CURVA DE RUGOSIDAD vs. AVANCE (2^{da} Fundición)

FIG. N° 3.31



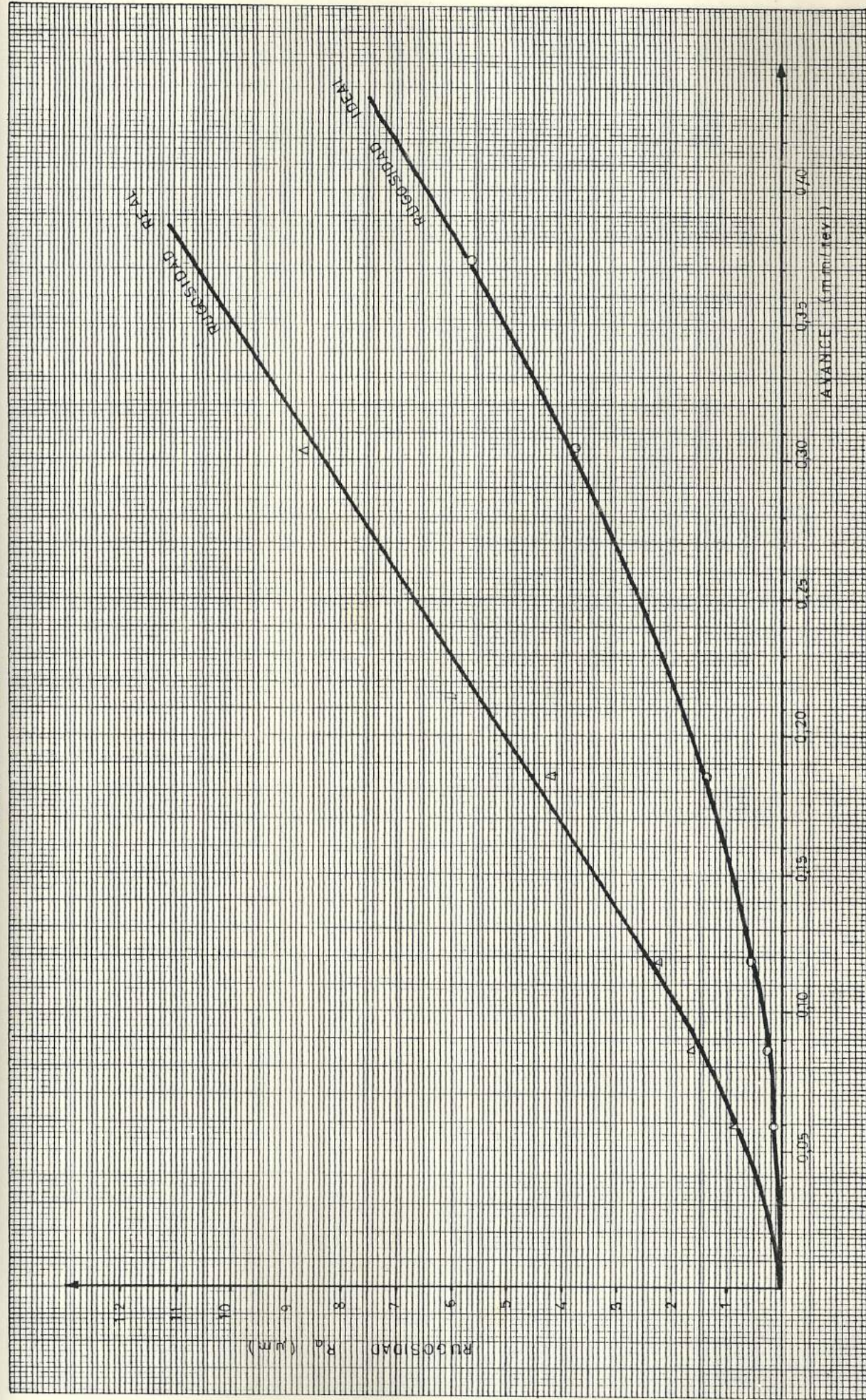
CURVA DE RUGOSIDAD vs. VELOCIDAD DE CORTE (2^{da} Fundición)

TABLA Nº 22

VELOCIDAD ANGULAR ω (RPM)	AVANCE Z = 132 (mm / rev)	PROFUNDIDAD DE CORTE (m m)	DIAMETRO d (m m)	VELOCIDAD DE CORTE V_c (m / seg)	RUGOSIDAD IDEAL R_{di} (μ m)	RUGOSIDAD REAL R_{dr} (μ m)
800	B1 = 0,060	1,5	41,50	1,74	0,14	0,85
630	B5 = 0,088	1,5	41,50	1,37	0,31	1,70
500	A1 = 0,120	1,5	41,50	1,09	0,58	2,30
400	A6 = 0,187	1,5	41,50	0,87	1,40	4,20
315	C3 = 0,307	1,5	41,50	0,68	3,78	8,70
250	C6 = 0,375	1,5	41,50	0,54	5,64	10,80

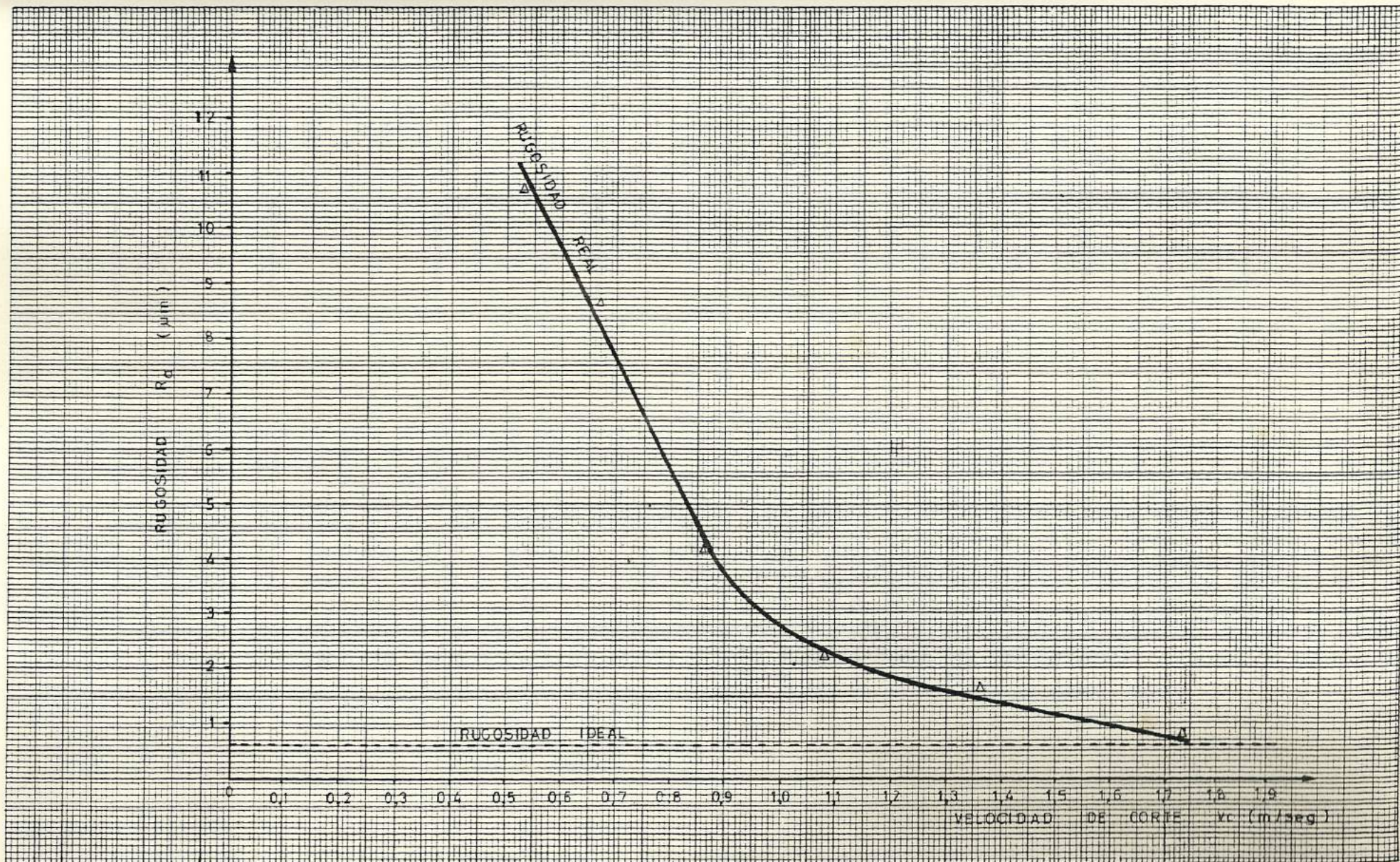
TABLA DE VALORES EXPERIMENTALES DE RUGOSIDAD (3^{ra} Fundición)

FIG. Nº 3.32



CURVA DE RUGOSIDAD VS. AVANCE (315 Fundición)

FIG. Nº 3.33



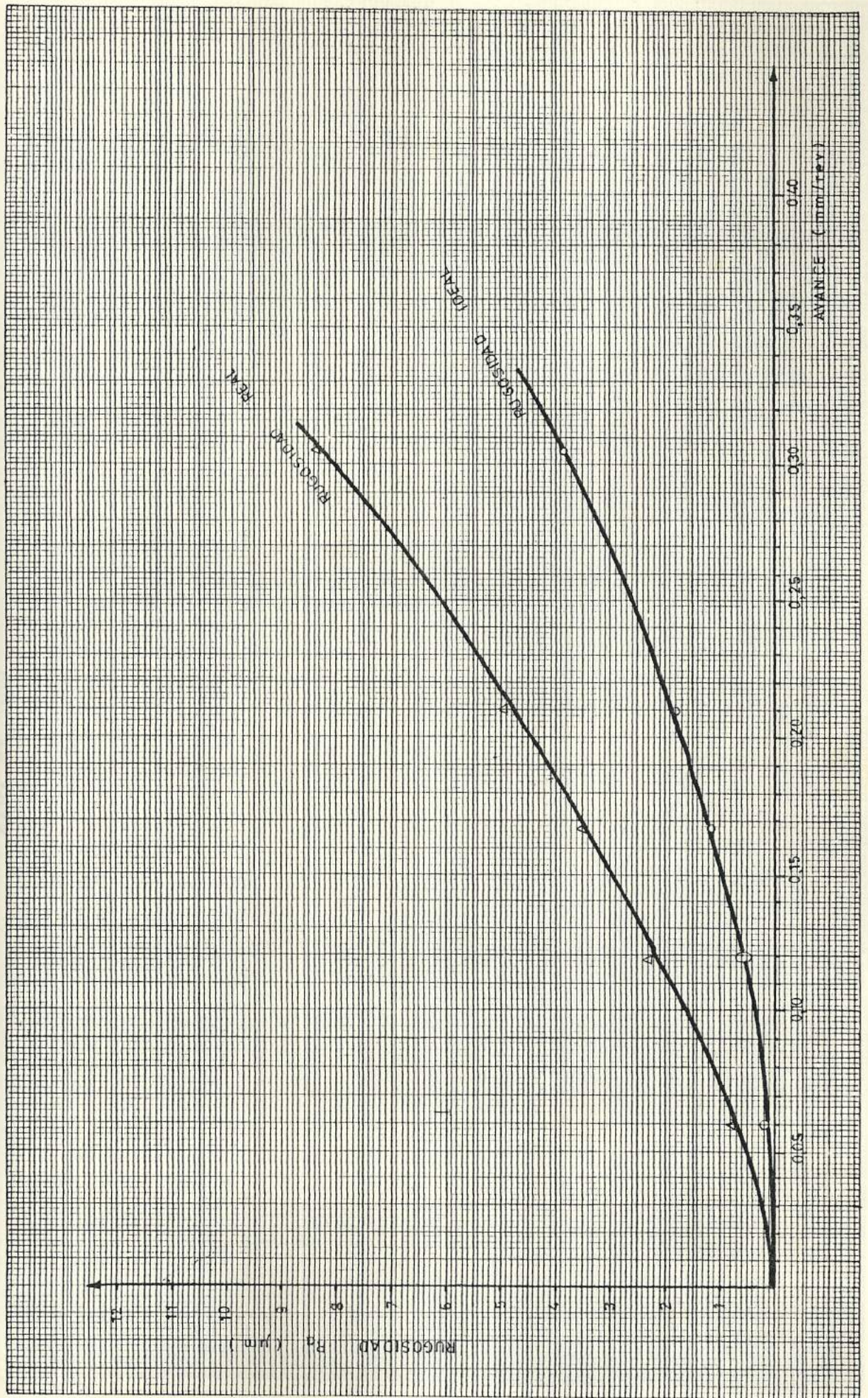
CURVA DE RUGOSIDAD vs. VELOCIDAD DE CORTE (3^{ra} Fundición)

TABLA Nº 23

VELOCIDAD ANGULAR ω (RPM)	AVANCE Z = 132 (mm / rev.)	PROFUNDIDAD DE CORTE (mm)	DIAMETRO d (mm)	VELOCIDAD DE CORTE V_c (m/seg)	RUGOSIDAD IDEAL R_{ai} (μm)	RUGOSIDAD REAL R_{ar} (μm)
1000	B1 = 0,060	1,5	20,00	1,05	0,14	0,80
800	B5 = 0,088	1,5	20,00	0,83	0,31	1,30
630	A1 = 0,120	1,5	20,00	0,66	0,58	2,30
500	A4 = 0,168	1,5	20,00	0,52	1,13	3,50
400	A7 = 0,211	1,5	20,00	0,42	1,79	4,90
250	C3 = 0,307	1,5	20,00	0,26	3,78	8,30

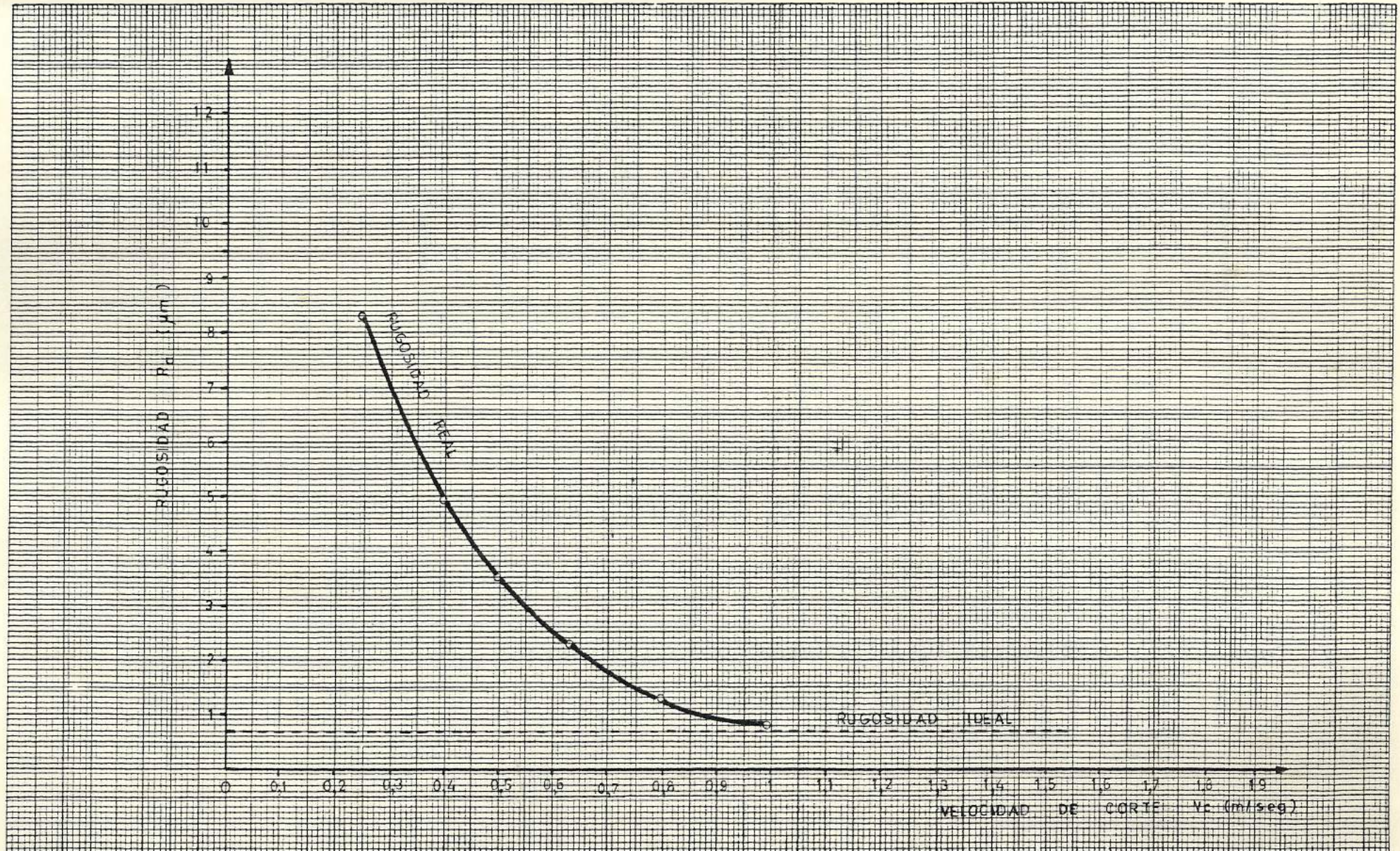
TABLA DE VALORES EXPERIMENTALES DE RUGOSIDAD (4^{ta} Fundición)

FIG. Nº 3.34



CURVA DE RUGOSIDAD vs. AVANCE (4^{to} Fundición)

FIG. Nº 3.35



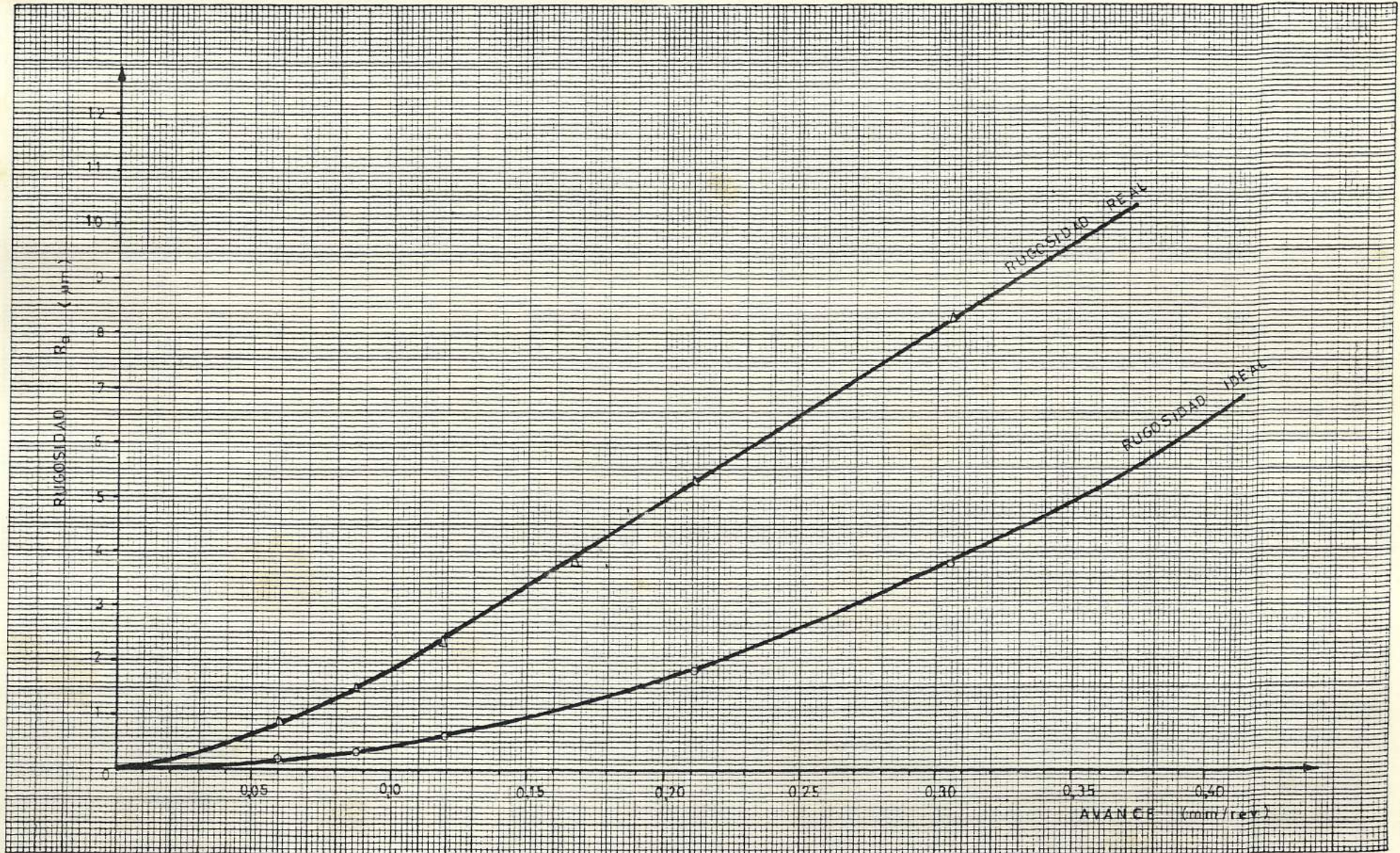
CURVA DE RUGOSIDAD vs. VELOCIDAD DE CORTE (4^{ta} Fundición)

TABLA Nº 24

VELOCIDAD ANGULAR ω (RPM)	AVANCE Z = 132 (mm/rev)	PROFUNDIDAD DE CORTE (mm)	DIAMETRO d (mm)	VELOCIDAD DE CORTE V_c (m/seg)	RUGOSIDAD IDEAL R_{ai} (μm)	RUGOSIDAD REAL R_{ar} (μm)
1000	B1 = 0,060	1,5	20,50	1,07	0,14	0,85
800	B5 = 0,088	1,5	20,50	0,86	0,31	1,45
630	A1 = 0,120	1,5	20,50	0,68	0,58	2,30
500	A4 = 0,168	1,5	20,50	0,54	1,13	3,75
400	A7 = 0,211	1,5	20,50	0,43	1,79	5,20
250	C3 = 0,307	1,5	20,50	0,27	3,78	8,25

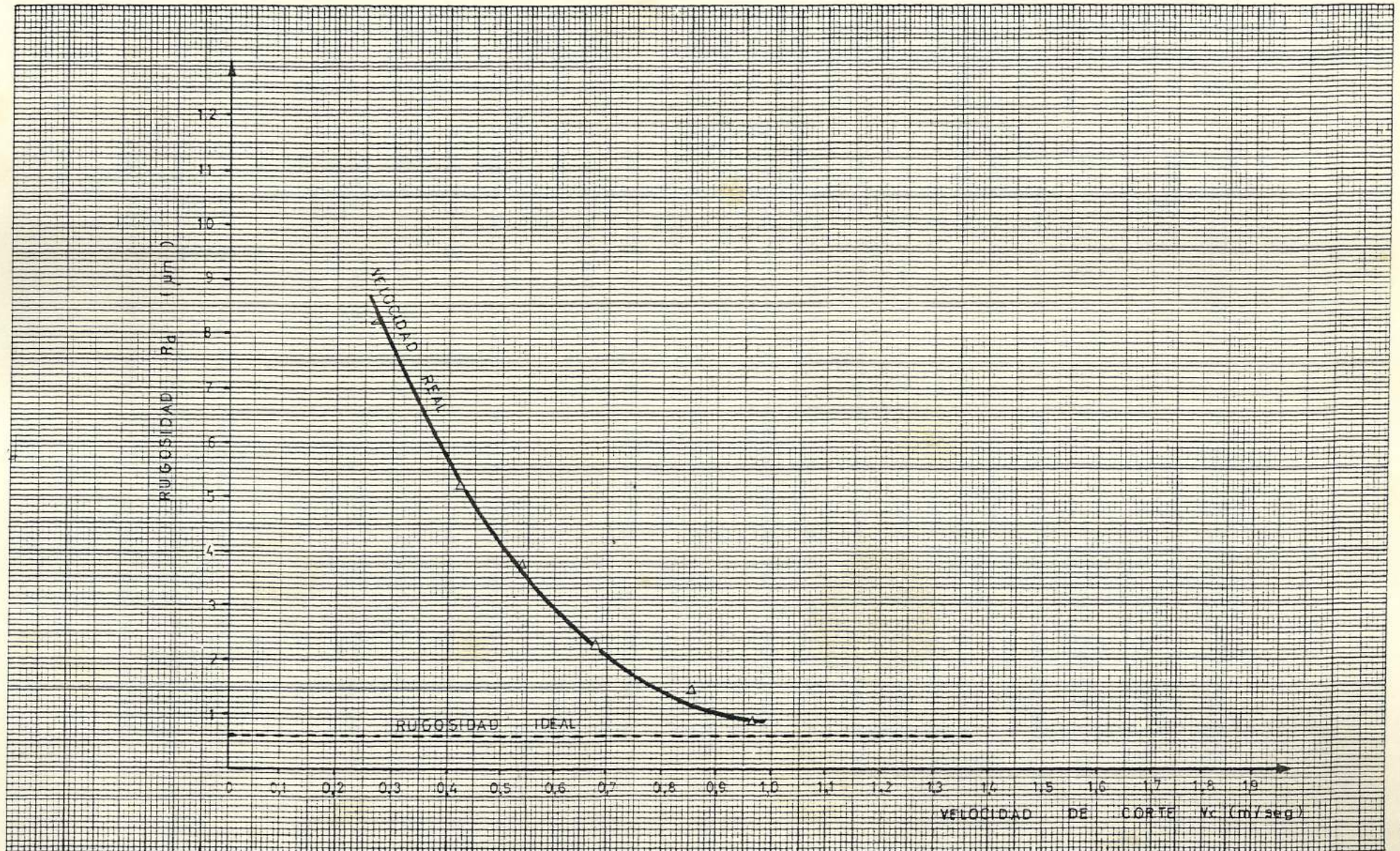
TABLA DE VALORES EXPERIMENTALES DE RUGOSIDAD (5^{ta} Fundición)

FIG. Nº 3.36



CURVA DE RUGOSIDAD vs. AVANCE (sta Fundición)

FIG. Nº 3.37



CURVA DE RUGOSIDAD vs. VELOCIDAD DE CORTE (5^{ta} Fundición)

3.3.3. Índice de maquinabilidad para determinada condición de corte

La velocidad de corte es un parámetro muy importante en el arranque de viruta porque es factor preponderante - para la duración de la herramienta.

La velocidad de corte equivalente, es la velocidad a la que la herramienta tendría una duración pre establecida. Utilizando este concepto, se añade al símbolo de la velocidad de corte y un subíndice indicando la duración.

Por ejemplo: $V_{900} = 0.5833$ m/seg. Significa que: A la velocidad de corte de 0.5833 m/seg., la duración del filo es de 900 segundos.

La velocidad de corte relativa es la velocidad a la cual la herramienta presenta la misma duración tanto para el material que se ensaya como para un material de referencia o patrón, manteniendo iguales las restantes condiciones de corte.

El índice de maquinabilidad I viene definido como la relación entre la velocidad de corte (por ejemplo V_{900}) del material en ensayo, y la que corresponde al material

patrón, para el que se tiene $I = 100$.

$$I = \frac{V_{900} \text{ del material a ensayar}}{V_{900} \text{ del material patrón}} \times 100$$

Por lo tanto, tienen índice I menores de 100 todos los materiales con maquinabilidad menor que el material patrón; y contrariamente tienen índice I mayor de 100 todos los más maquinables. Decir que un material tienen índice de maquinabilidad 200 significa que la velocidad de corte para este material puede alcanzar un valor doble (a igual duración de filo).

Si consideramos a la fundición N° 1 (hierro gris común) como el material de referencia o patrón podemos establecer un índice de maquinabilidad para una duración de la herramienta de 900 segundos (15 minutos).

C A P I T U L O I V

ANALISIS DE RESULTADOS

Considerando como material patrón a la fundición N°1(hierro gris común), de la figura N° 3.17., vemos que para un desgaste de $VB = 0.10$ mm., le corresponde un tiempo de mecanizado $t_m = 900$ seg.con una velocidad de corte $V_c = 0.56$ m/seg.

$$V_{900} = 0.56 \text{ m/seg.}$$

A partir de este material patrón se puede establecer un índice de maquinabilidad para las restantes fundiciones. Así tenemos:

$$I_2 = \frac{V_{900} \text{ de la 2da.fundición}}{V_{900} \text{ del material patrón}} \times 100 = \frac{0.80 \text{ m/seg.}}{0.56 \text{ m/seg.}} \times 100 = 142,86$$

$$I_3 = \frac{V_{900} \text{ de la 3ra.fundición}}{V_{900} \text{ del material patrón}} \times 100 = \frac{0.31 \text{ m/seg.}}{0.56 \text{ m/seg.}} \times 100 = 55,36$$

$$I_4 = \frac{V_{900} \text{ de la 4ta.fundición}}{V_{900} \text{ del material patrón}} \times 100 = \frac{0.91 \text{ m/seg.}}{0.56 \text{ m/seg.}} \times 100 = 162.50$$

$$I_5 = \frac{V_{900} \text{ de la 5ta. fundición}}{V_{900} \text{ del material patrón}} \times 100 = \frac{0.74 \text{ m/seg}}{0.56 \text{ m/seg.}} \times 100 = 132,14$$

$$I_2 = 142,80$$

Indica que la segunda fundición es más maquinable que la fundición gris común, y por lo tanto se pueden escoger velocidades de corte superiores a la primera en un 42,80 % para un desgaste $V_B = 0,10$ mm.

$$I_3 = 55,36$$

Indica que la tercera fundición es menos maquinable que la fundición gris común; las velocidades de corte serán inferiores en un 44.64 % , para un desgaste de $V_B = 0.10$ mm.

$$I_4 = 162.50$$

Indica que la cuarta fundición es más maquinable que la fundición gris común; las velocidades de corte serán superiores en un 62.50 % para un desgaste $V_B = 0.10$ mm.

$$I_5 = 132,10$$

Indica que la quinta fundición es más maquinable que la fundi

ción gris común; las velocidades de corte serán superiores en un 32,10 % para un desgaste $V_B = 0.10$ mm.

En definitiva este índice de maquinabilidad nos relaciona las velocidades de corte, dándonos la pauta de que la velocidad de corte equivalente debemos escoger con respecto a la fundición gris patrón en éste ensayo, de las figuras N° 3.16., 3.18., 3.20., 3.22., 3.24., (Curvas de desgaste del flanco Vs. tiempo de mecanizado), puede notarse que el desgaste del flanco $V_B = 0.10$ mm., corresponde a un desgaste final de la zona en donde éste aumenta uniformemente para velocidades de corte bajas. Además se puede establecer que para velocidades de corte inferiores a 0,6 m/seg., el desgaste es gradual; en tanto que para velocidades superiores de 0,6 m/seg., la herramienta rápidamente llega a un desgaste final prematuro no recomendable.

De las figuras N° 3.28., 3.30., 3.32., 3.34., 3.36., (Curvas de rugosidad Vs. Avance) se puede notar que la rugosidad real obtenida alcanza grados de rugosidad bastante altos, ya que hay que destacar que el rugosímetro palpador utilizado para la prueba no es el instrumento más aceptable.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis de resultados podemos decir que:

1. La velocidad de corte es el parámetro más importante en la mecanización, porque de éste depende el desgaste y duración de la herramienta, y nos ayuda a establecer un índice de maquinabilidad.
2. Los resultados obtenidos anteriormente son logrados exclusivamente bajo un conjunto de particularidades existentes al efectuar el ensayo; bajo otras condiciones se puede lograr maquinabilidad un tanto distinta.
3. El índice de maquinabilidad llamada también maquinabilidad relativa o porcentual da un significado cuantitativo, estableciendo ya en que porcentaje un material es más o menos maquinable y relacionándolo directamente con qué velocidades de corte se puede trabajar para lograr un máximo rendimiento.
4. Para índices de maquinabilidad menores que 100 ($I < 100$) se

recomienda aumentar los costos de mecanizado del material patrón (fundición gris común), ya que estos índices implican menor grado de maquinabilidad, o menor rendimiento de la herramienta.

5. Si se trata de mecanizar una fundición cualquiera es conveniente establecer un índice de maquinabilidad con el material patrón y tener de ésta manera, la idea clara del grado de mecanización ; para cuyo efecto es conveniente llegar a encontrar una velocidad de corte equivalente a la que la herramienta tendría una duración establecida.

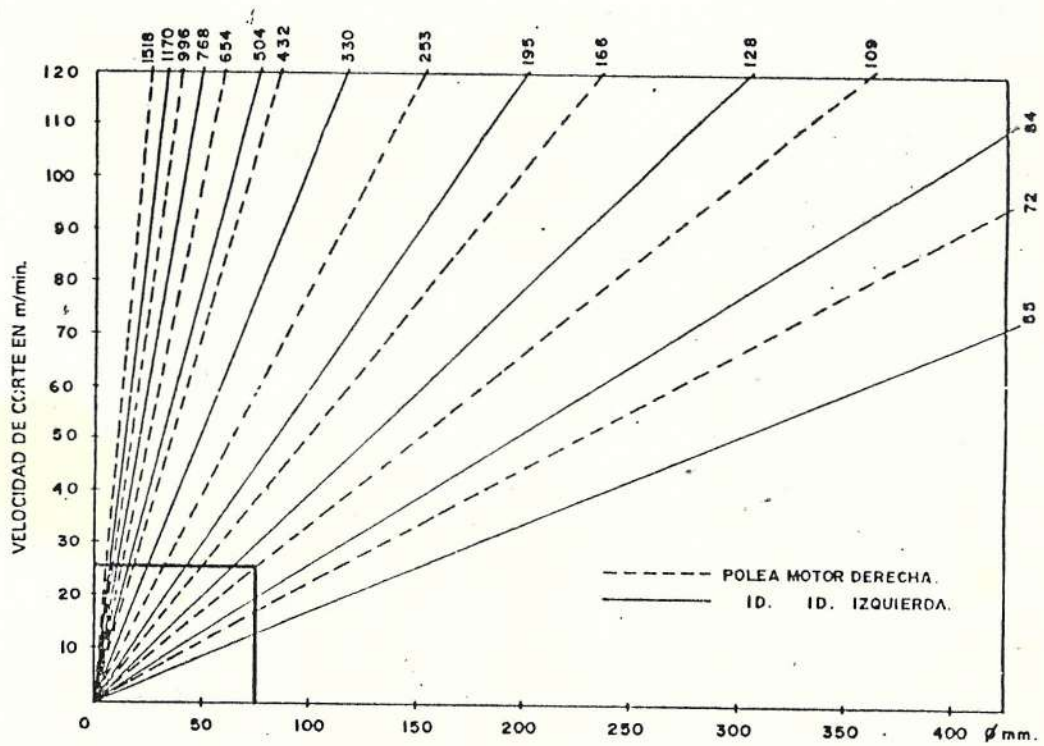
6. Si para una velocidad de corte de 0,6 m/seg., se obtienen 740 - segundos de mecanizado para un desgaste establecido de $V_B = 0.10$ mm., se recomienda trabajar con velocidades de corte menores de 0.6 m/seg., ya que para bajas velocidades un tiempo - mucho mejor de mecanizado, para el tipo de pastilla utilizado en el análisis.

A P E N D I C E S

TABLA N° 25

ABACO DE VELOCIDAD DE CORTE DE UN TORNO

CUMBRE 022 (Escalas decimales)

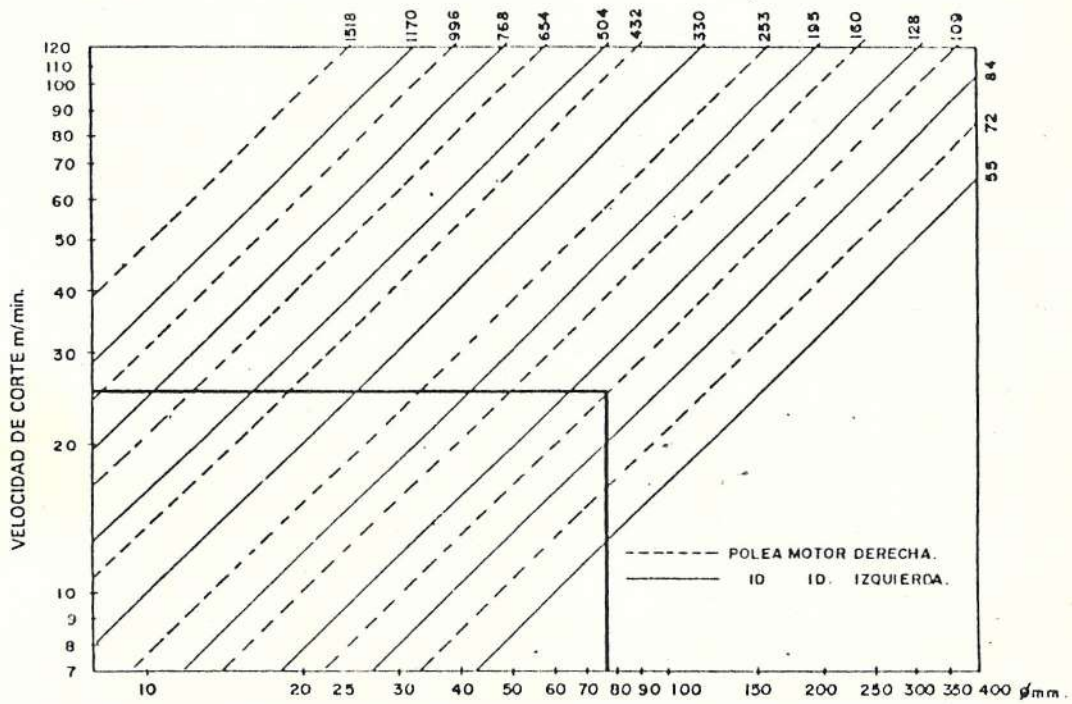


Fuente: Tecnología del Metal. Salgado F.J.
pág; 127.

TABLA N° 26

ABACO DE VELOCIDAD DE CORTE DE UN TORNO

CUMBRE 022 (Escalas logarítmicas)



Fuente: Tecnología del Metal. Salgado F.J.
pág. 128

TABLA Nº 27

CARACTERISTICAS DEL TRABAJO DE TORNO
CON METAL DURO.

MATERIAL QUE SE HA DE TRABAJAR Y RESISTENCIA kg/mm ²	Calidad	Condiciones de torneado					
		Para desbaster			Para afinar		
		Velocidad de corte m/min.	Avance-val. aprox. mm	Profundidad de corte mm	Velocidad de corte m/min.	Avance val. aprox. mm	Profundidad de corte mm
Hierro y acero hasta 50 kg/mm ²	P 10	150-250	1	hasta 10	250-350	hasta 0.2	1
	P 20	50-150	1	hasta 10	75-200	hasta 0.2	1
	P 30	30-80	1.5-2.5	hasta 10	50-100	hasta 0.2	1
Acero 50-60 kg/mm ² Acero 50-60 kg/mm ²	P 10	110-200	1	hasta 10	150-275	hasta 0.2	1
	P 20	35-120	1	hasta 10	50-150	hasta 0.2	1
	P 30	25-60	1-2	hasta 10	40-100	hasta 0.2	1
Acero 60-85 kg/mm ²	P 10	70-140	1	hasta 10	140-200	hasta 0.2	1
	P 20	22-70	1	hasta 10	40-150	hasta 0.2	1
	P 30	15-50	1-2	hasta 10	30-80	hasta 0.2	1
Acero 81-100 kg/mm ²	P 10	60-100	hasta 1	hasta 10	100-150	hasta 0.2	1
	P 20	20-65	hasta 1	hasta 10	20-70	hasta 0.2	1
Acero 100-140 kg/mm ²	P 10	45-70	1	5-10	70-100	0.2	1
	P 20	15-50	1	5-10	22-75	0.2	1
Acero 140-180 kg/mm ²	P 10	20-40	0.5	5-10	40-60	0.2	1
Acero inoxidable	P 10	50-70	1	4-8	80-120	hasta 0.2	1
	P 20	20-60	1	4-8	30-90	hasta 0.2	1
	P 30	10-40	hasta 2	hasta 10	20-70	hasta 0.2	1
Fundición de acero 50-70 kg/mm ²	P 10	60-100	1	5-10	100-150	hasta 0.2	1
	P 20	22-70	1	5-10	35-110	hasta 0.2	1
	P 30	15-60	hasta 2	hasta 10	25-100	hasta 0.2	1
70-100 kg/mm ²	P 10	30-60	1	5-10	50-80	hasta 0.2	1
	P 20	15-45	1	5-10	25-70	hasta 0.2	1
	P 30	10-30	hasta 1.5	hasta 10	20-60	hasta 0.2	1
Acero al Mn. al 12 % Acero al Mn. al 12 %	P 20	8-15	0.1-0.5	hasta 10	20-35	0.2	1
	P 10	10-20	0.3-0.5	3-10	20-35	0.2	1
	P 20	8-15	0.1-0.5	hasta 10	20-35	0.2	1
Hierro fundido hasta 180 Brinell	K 20	60-200	hasta 1.5	5-10	100-250	hasta 0.2	1
Hierro fundido de 180-250 Brinell	K 10	45-70	1	5-10	70-100	0.2	1
Hierro fundido de más de 250 Brinell	K 10	20-50	1	4-8	40-70	0.2	1
Fundición en coquilla	K 10	30-50	1	5-10	70-100	0.2	1
Fundición dura	K 10	hasta 10	hasta 1	hasta 10	hasta 20	0.2	1
Cobre	K 20	hasta 350	hasta 1	3-5	hasta 500	0.2	1
Aluminio	K 20	hasta 1.500	hasta 1	5-10	hasta 2.500	0.2	1
Duraluminio Bronce fosforoso	K 20	hasta 300	hasta 1	5-10	hasta 350	0.2	1
	K 20	hasta 250	hasta 1	5-10	hasta 350	0.2	1

TABLA DE VALORES DE VELOCIDAD DE CORTE Y AVANCE.

Fuente: Tecnología del Metal. Salgado F.J.

pág. 132.

TABLA Nº 28

VALORES RECOMENDABLES DEL ANGULO DE DESPRENDIMIENTO
PARA TRABAJAR DISTINTOS MATERIALES CON VARIOS TIPOS
DE HERRAMIENTAS.

Material a trabajar	Hta. de Acero Rápido (Tenacidad elevada)	Aleaciones fundidas (Estalita) (Tenacidad media)	Carburos Metálicos (Baja tenacidad)
Fundición de aluminio	20° 30°	15° 25°	10° 20°
Bronce de aluminio	15° 20°	10° 15°	6° 12°
Bronce de manganeso	10° 16°	8° 14°	4° 10°
Fundición de bronce	15° 20°	10° 15°	6° 12°
Fundición			
Blanda (170 Brinell)	12° 18°	10° 16°	6° 12°
Media (250 Brinell)	10° 15°	7° 12°	4° 9°
Dura (400 Brinell)	5° 10°	2° 7°	0° 5°
En coquilla	3° 5°	5° 2°	10° 0
Cobre	20° 30°	15° 25°	10° 20°
Mopel	10° 15°	7° 12°	4° 9°
Magnesio (fundido)	25° 35°	20° 30°	15° 25°
Hierro maleable	10° 15°	7° 12°	5° 10°
Fundición aleada	10° 15°	7° 12°	5° 10°
Plásticos	20° 35°	15° 30°	10° 25°
Aceros			
F 221	15° 25°	12° 20°	8° 15°
F 111	12° 20°	8° 16°	6° 12°
F 131	10° 15°	7° 12°	4° 8°
F 122	10° 15°	7° 12°	4° 8°
F 143	8° 14°	5° 10°	3° 7°
Tratado a 350 Brinell	5° 10°	0° 6°	0° 4°
Acero inox. de fácil mecan.	10° 15°	7° 12°	5° 10°
Acero inoxidable endurecido	5° 12°	3° 8°	0° 5°

Fuente: Herramientas de corte, Tomo I, Ramón Forn Valls, pág. 247

TABLA Nº 29

VALORES RECOMENDADOS DEL ANGULO DE INCIDENCIA ,
PARA TRABAJAR DISTINTOS MATERIALES CON
DISTINTAS CLASES DE HERRAMIENTAS.

Material a trabajar	Hta. de Acero Rápido (Tenacidad elevada)	Aleaciones fundidas (estelitas) (Tenacidad media)	Carburos me- tálicos (Baja tenaci- dad)
Fundición de aluminio	12° 14°	10° 12°	8° 10°
Bronce de aluminio	10° 12°	8° 10°	7° 9°
Bronce de manganeso	9° 11°	7° 9°	6° 8°
Fundición de bronce	10° 12°	8° 10°	7° 9°
Fundición			
Blando (170 Brinell)	8° 10°	7° 9°	6° 8°
Medio (250 Brinell)	7° 9°	6° 8°	5° 7°
Duro (400 Brinell)	5° 7°	4° 6°	3° 5°
en coquilla	3° 5°	2° 4°	2° 4°
Cobre	10° 12°	8° 10°	7° 9°
Monel	8° 10°	7° 9°	6° 8°
Magnesio (fundido)	12° 14°	10° 12°	6° 8°
Hierro maleable	7° 9°	6° 8°	5° 7°
Plásticos	14° 16°	11° 13°	9° 11°
Acero			
F 229	9° 11°	7° 9°	6° 8°
F 114	8° 10°	7° 9°	6° 8°
F 131	7° 9°	6° 8°	5° 7°
F 122	7° 9°	6° 8°	5° 7°
F 143	7° 9°	6° 8°	5° 7°
6° 8°	6° 8°	5° 7°	5° 6°
Tratado a 350 Brinell			

Nota: Emplear el ángulo menor para trabajos severos
y el mayor para trabajos ligeros.

Fuente: Herramientas de corte. Tomo I, Ramón Forn
Valls, pág.245.

TABLA N°30

VARIACION DE LA DURACION DE LA HERRAMIENTA CUANDO SE HACE VARIAR EL ANGULO DE INCIDENCIA , MANTENIENDO CONSTANTE TODAS LAS DEMAS CIRCUNSTANCIAS.

Angulo de incidencia	Número de piezas mecanizadas	% de duración respecto a la duración óptima
2	53	29 %
3	78	43 %
4	104	57 %
5	124	68 %
6	146	80 %
7	165	90 %
8	182	100 %
9	139	76 %
10	95	52 %
11	65	36 %
12	43	23 %

Ancho de la zona de desgaste: 1.2mm

Fuente: Herramienta de Corte. Ramón Forn Valls, Tomo I, pág.244

TABLA Nº 31

CLASIFICACION DE LOS MATERIALES
DE LAS HERRAMIENTAS SEGUN LA DUREZA EN CALIENTE

Clase de material	Dureza en caliente aproximada Rockwell C			Orden de excelencia
	550° C	600° C	650° C	
1 Diamante	demasiado duro para medir			máxima
2 Carburos metálicos	75	73	70	muy grande
3 Aleación fundida	56	55	53	grande
Acero rápido al Co con 12% de Co	57	55	44	muy buena
4 Acero rápido al Co con 8% de Co	54	51	40	buena
Acero rápido al Co con 5% de Co	53	48	34	bastante buena
5 Acero rápido normal	52	46	32	regular
6 Acero de herramienta al carbono	22	—	—	pobre

Fuente: Monografías CEAC, Vol. 21

TABLA Nº 32

VALORES INDICATIVOS DEL DESGASTE VB y KT
ADMISIBLES EN LAS HERRAMIENTAS DE TORNEAR.

Material de la herramienta	Tipo de desgaste	Condición I (mm)	Condición II (mm)	Condición III (mm)
Acero rápido	<i>franja VB</i>	0,20	0,50	1 ... 1,4
	<i>Cráter KT</i>	0,10	0,20	0,30
Metal duro	<i>franja VB</i>	0,3 ... 0,5	0,5 ... 0,7	0,5 ... 0,7
	<i>Cráter KT</i>	0,10	0,20	0,20
Cerámicas de corte	<i>franja VB</i>	0,15	0,30	0,30
	<i>Cráter KT</i>	--	0,10	0,10

Fuente: Criterios de Duración propuestos por ISO.

TABLA N° 33

RUGOSIDADES SUPERFICIALES REQUERIDAS SEGUN LA APLICACION

Rugosidad R_a (μm)	APLICACIONES (a título indicativo)
0,025	Planos de apoyo de micrómetros - Espejos - Bloques de comparación o contraste (Calas).
0,05	Caras de calibres de taller - Planos de apoyo de comparadores.
0,1	Caras de calibres correderos - Pernos de articulación - Útiles y herramientas de precisión - Cojinetes superacabados - Acoplamientos estancos de alta presión en movimiento alternativo - Superficies acopladas con partes en movimiento alternativo conteniendo líquido bajo presión - Superficies (bruñidas) de retención sin guarnición o retén.
0,2	Soportes de cigüeñales y árboles de levas - Pernos de biela - Pies de válvulas - Superficies de levas - Superficies de cilindros de bombas hidráulicas - Cojinetes lapeados - Pernos de turbinas (ejes) - Acoplamientos estancos móviles a mano - Guías de mesas de máquinas herramientas - Palancas alta velocidad - Pernos de árboles para motores de turbinas, reductores, etc.
0,4	Árboles acanalados - Cojinetes de árboles motores - Superficie exterior de pistones - Superficie de cilindros - Pernos de grandes máquinas eléctricas - Acoplamientos prensados - Asientos de válvulas - Superficies de retención de asientos y obturadores de válvulas, etc - Pernos de cigüeñales y soportes de alineación de árboles - Cojinetes de metal blanco - Superficies de partes deslizantes, como patines y sus guías.
0,8	Tambores de freno - Agujeros brochados - Cojinetes de bronce - Partes de precisión - Dientes de engranajes - Cojinetes rectificadas - Superficies de retención laterales sin retén o guarnición - Pernos de cigüeñales y soportes de líneas de árboles - Cojinetes de metal blanco (antifricción) - Superficies de partes deslizantes, como patines y sus guías.
1,6	Caras particulares de engranajes - Árboles y agujeros de engranajes - Cabeza de cilindro - Cajas de engranajes de fundición - Cara de émbolo - Superficies de retención laterales con guarniciones metálicas (retenes).
3	Pernos y cojinetes para transmisión a mano - Superficies de acoplamiento de partes fijas desmontables.
6	Superficies laterales de retención con retenes normales.

Fuente: Tecnología Mecánica, Micheletti, pág: 348

TABLA Nº 34



A: SISTEMA DE SUJECIÓN

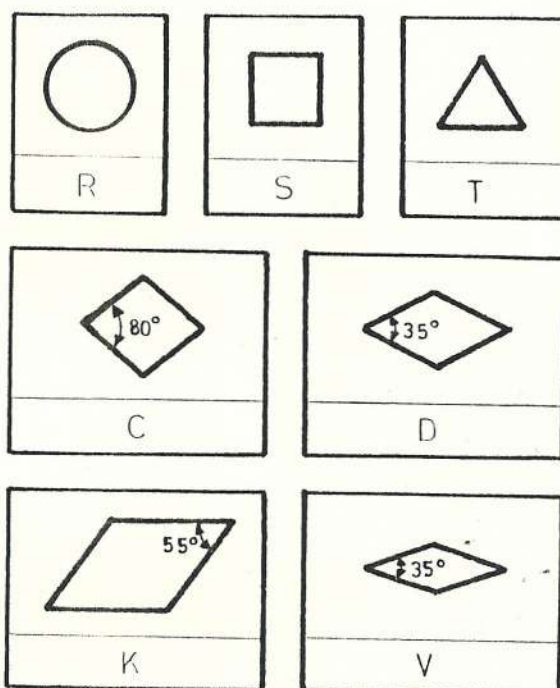
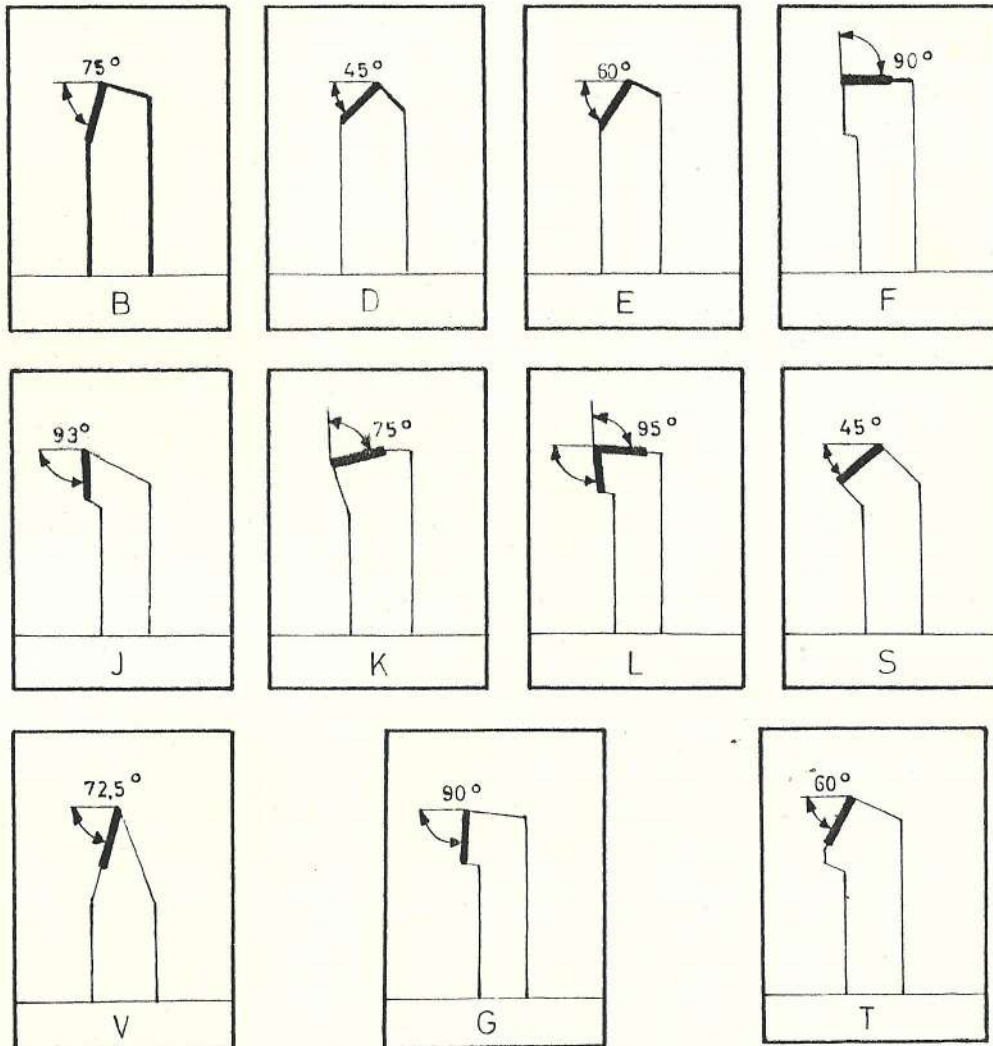
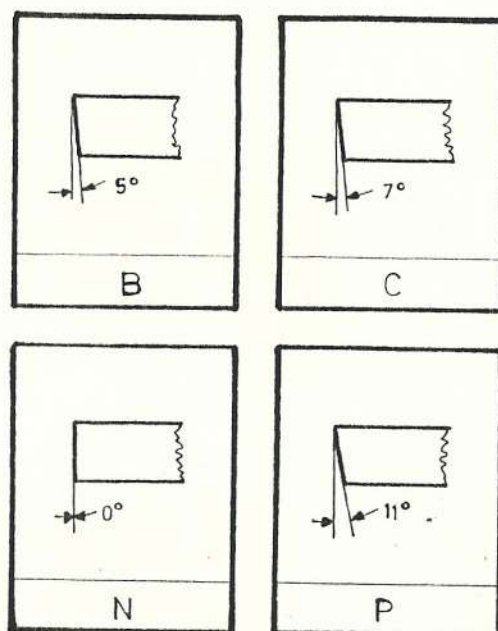
TABLA N^o 35B: FORMA DE LA PLAQUITA

TABLA Nº 36

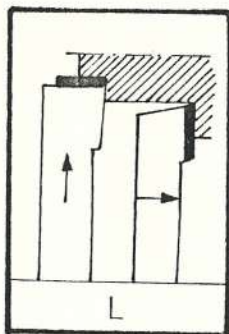
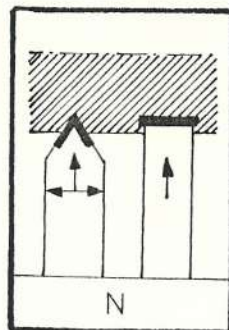
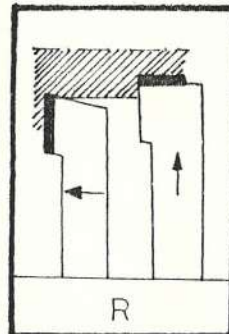


C: TIPO DE MANGO (Angulo de posición)

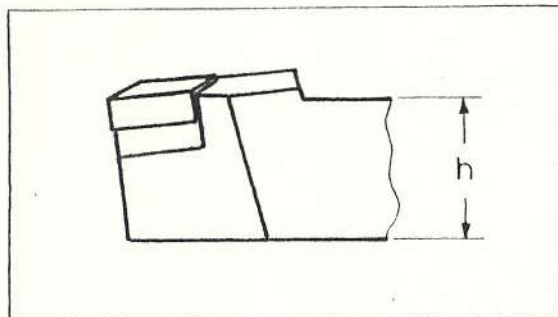
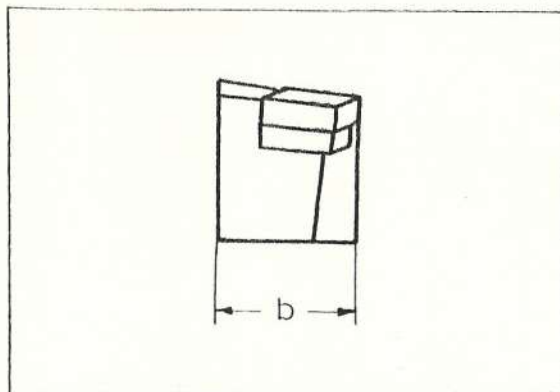
TABLA Nº 37

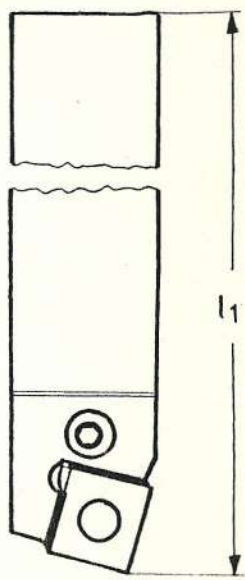


D: ANGULO DE INCIDENCIA DE LA PLAQUITA

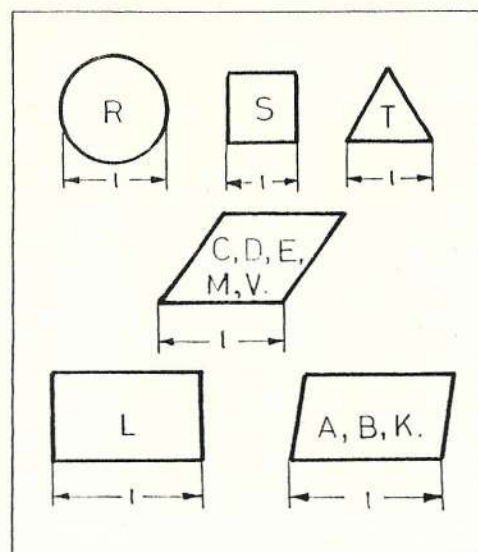
TABLA N^o 38

E: ACCION DE LA HERRAMIENTA

TABLA N^o 39aF: ALTURA DEL MANGOTABLA N^o 39bG: ANCHO DEL MANGO



l_1 mm	SIMBOLO	l_1 mm	SIMBOLO
Standard		150	M
32	A	160	N
40	B	170	P
50	C	180	Q
60	D	200	R
70	E	250	S
80	F	300	T
90	G	350	U
100	H	400	V
110	J	450	W
125	K	500	Y
140	L	Especial	X

TABLA N^o 40aH: LONGITUD DE LA HERRAMIENTATABLA N^o 40bI: LONGITUD DE LA ARISTA DE CORTE









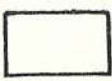
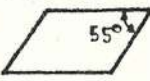
			
R	S	T	C
			
E	D	V	
			
W	L	K	

TABLA N^o 41 aA: FORMA DE LA PLAQUITA







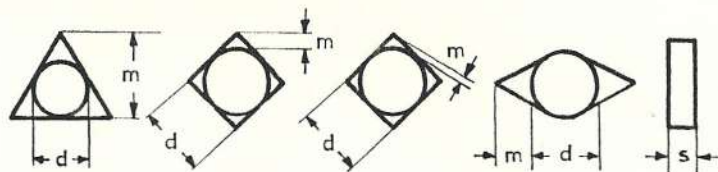
		
B	C	E
		
F	N	P

TABLA N^o 41 bB: FILO DE CORTE PRINCIPAL CON ANGULO DE
INCIDENCIA








CLASE	m	s	d
A	$\pm 0,005$	$\pm 0,025$	$\pm 0,025$
C	$\pm 0,013$	$\pm 0,025$	$\pm 0,025$
H	$\pm 0,013$	$\pm 0,025$	$\pm 0,013$
E	$\pm 0,025$	$\pm 0,025$	$\pm 0,025$
G	$\pm 0,025$	$\pm 0,13$	$\pm 0,025$
J	$\pm 0,005$	$\pm 0,025$	$\pm 0,05 - \pm 0,13$
K	$\pm 0,013$	$\pm 0,025$	$\pm 0,05 - \pm 0,13$
L	$\pm 0,025$	$\pm 0,025$	$\pm 0,05 - \pm 0,13$
M	$\pm 0,08 - \pm 0,18$	$\pm 0,13$	$\pm 0,05 - \pm 0,13$
U	$\pm 0,13 - \pm 0,38$	$\pm 0,13$	$\pm 0,08 - \pm 0,25$

TABLA N^o 42 aC : TOLERANCIAS (mm)

A	F	G
M	N	R

TABLA N^o 42 bD : TIPO DE FIJACION

TABLA N° 43

d							
d	R	S	T	C	D	V	W
3,97			06				
5,0	05						
5,56			09				03
6,0	06						
6,35			11	06			04
7,94							05
8,0	08						
9,525	09	09	16	09	11	15	06
10	10						
12	12						
12,7	12	12	22	12	15		08
15,875	15	15	27	16			
16	16						
19,05	19	19	33	19			
20	20						
25	25						
25,4	25	25					
31,75	31						
32	32						

E: TAMAÑO DE LA PLAQUITA

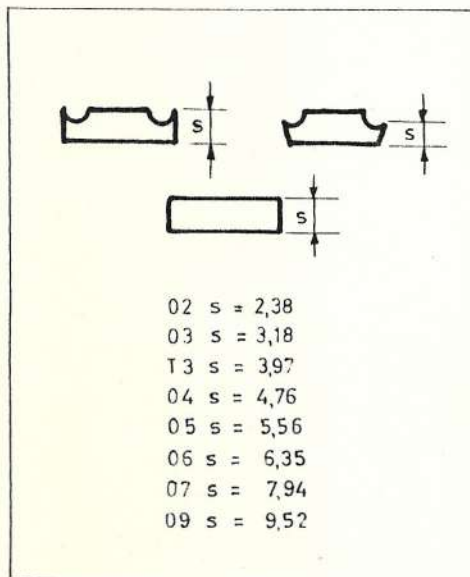


TABLA Nº 44 a

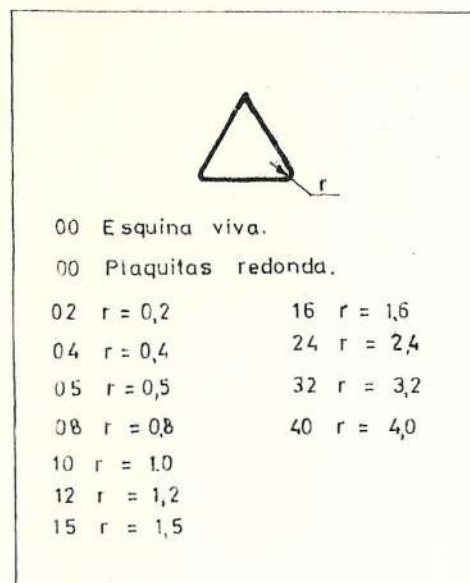
F: ESPESOR (mm)

TABLA Nº 44 b

G: RADIO (mm)

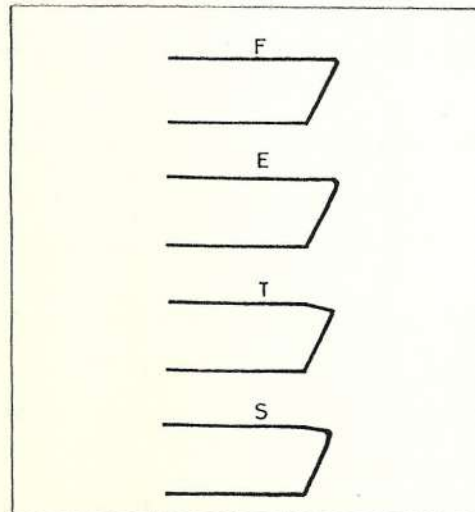
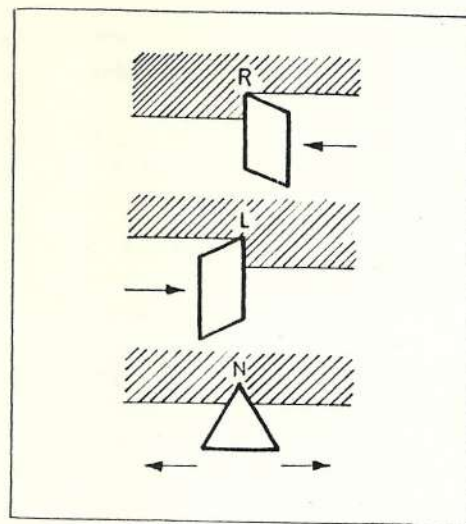
TABLA N^o 45 aH: TIPO DE FILO DE CORTETABLA N^o 45 bI: DIRECCION DEL AVANCE

TABLA Nº 46

- 15 = Amplias características del rompe-
virutas.
- 21 = Plaquitas de acabado.
- 31 = Plaquitas diseñadas para avances
más fuertes.
- 41 = Acero inoxidable y materiales resis-
tentes al calor.
- 51 = Filo de corte sinterizado.
- 52 = Filo de corte sinterizado.
- 53 = Filo de corte rectificado
- Plaquita de acabado
- 61 = Filo de corte sinterizado
- Plaquita de acabado
- 62 = Utilizado con grandes avances y
pequeñas fuerzas de corte.
- 63 = Filo de corte rectificado
- Plaquita de acabado.
- 71 = Filo de corte sinterizado
- Utilizado con grandes avances y
pequeñas fuerzas de corte.
- 73 = Filo de corte rectificado
- Plaquita de acabado para peque-
ñas fuerzas de corte.

J: OPCIONES DEL FABRICANTE

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

1. AVNER, SIDNEY H., Introducción a la Metalurgia Física. 2da. Edición. Editorial Mc Graw Hill, México, 1979.
2. BOOTHROYD, GEOFFREY, Fundamentos del corte de metales y de las máquinas - herramientas. Editorial Mc Graw Hill. Latinoamericano, S.A. Bogotá, 1978.
3. AMERICAN SOCIETY FOR METALS, Metals Hand Book, 8va. Edición - Metals - Park, 1976.
4. CENIM, Revista de Metalurgia. Vol. 13, Núm. 3, Mayo - Junio, 77.
5. MAQUINAS Y EQUIPOS, Publicación Mensual de Edigar S.A. Abril 1.985.
6. CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE, Laboratorio per la lavorazione dei Metalli, Pubblicazioni del Laboratorio del Triennio , 1970-1972.
7. MICHELETTI GIAN FEDERICO - Mecanizado por Arranque de Viruta , Barcelona, Editorial BLUME, 1980. Edición Castellana.
8. HUTTE, Manual del Ingeniero de Taller, Tomo I, Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, 1978.
9. MANUAL SANDVIK - COROMANT. Selección de las herramientas y las condiciones de corte para torneear, SP. 8040 B:2 , Suecia, 1981.
10. MANUAL SANDVIK - COROMANT, Herramientas de torno. Hv - 1000 - 1 - SPA, Suecia, 1981.

11. APARICIO F., Tecnología del metal, 2da. edición, Editorial Paraninfo, S.A. , Madrid, 1979.
12. SALGADO F.J., Tecnología del metal, 2da. edición, Editorial Paraninfo S.A., Madrid, 1977.