

NORMA DEF AyE 0582-A

RES. MD N° 08/73

ACTUALIZADA 09/12/13

COA N° 0000

MINISTERIO DE DEFENSA



COMITÉ SUPERIOR DE NORMALIZACIÓN

ARMAS Y EXPLOSIVOS

Crusher, técnicas de empleo

*** DISTRIBUCIÓN CONTROLADA ***

**PARA CONSULTAS O SUGERENCIAS
DIRIGIRSE A normalizacion@mindef.gov.ar**

SISTEMA DE NORMALIZACIÓN DE MEDIOS PARA LA DEFENSA

El Comité Superior de Normalización que aceptó la presente norma esta integrado por:

- Director General de Normalización y Certificación Técnica
Lic. Alberto Vicente BORSATO
- Director General del Servicio Logístico de la Defensa
Lic. Lucía KERSUL
- Jefe IV – Logística del Estado Mayor Conjunto de las Fuerzas Armadas
CL VGM Juan Carlos BAZÁN
- Director General de Material del Ejército Argentino
GB Carlos Alfredo SOLÉ
- Director General de Material de la Armada Argentina
CL Eduardo Jorge URRUTIA
- Director General de Material de la Fuerza Aérea
BR Jorge GUARNIERI

El estudio de los contenidos volcados ha sido realizado por el siguiente personal:

Lic. Andrés KOLESNIK	(DGNyCT – Ministerio de Defensa)
CR (R-Art 62) Rodolfo ACCARDI	(DGNyCT – Ministerio de Defensa)
SM (R-Art62) Juan RODIO	(DGNyCT – Ministerio de Defensa)
SM Raúl Roque PANIAGUA	(DGNyCT – Ministerio de Defensa)
Dis. Ind. Jesica KUBATOV	(DGNyCT – Ministerio de Defensa)
Srta. Carla CHIDICHIMO	(DGNyCT – Ministerio de Defensa)
TC Francisco J. OTEO	(DGSLD – Ministerio de Defensa)
CR Juan C. VILLANUEVA	(CITEDEF – Ministerio de Defensa)
MY Martín ARANA	(CITEDEF – Ministerio de Defensa)
CC Jessica SOTO	(CITEDEF – Ministerio de Defensa)
MY Pablo RUFFINI	(DGFFMM – Ministerio de Defensa)
TC Humberto CAREDDU	(Estado Mayor Conjunto)
CT Edgardo GALLARDO	(Ejército Argentino)
CT Carlos DE SOUSA	(Ejército Argentino)
SP Ángel CORIA	(Armada Argentina)
SI José SCARAFILE	(Armada Argentina)
CM. Luís GOMEZ	(Fuerza Aérea Argentina)
MY Guillermo CASTRO	(Fuerza Aérea Argentina)
Sup. I Alberto LORENZO	(Fuerza Aérea Argentina)

ÍNDICE

PREFACIO	2
INTRODUCCIÓN	3
1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	4
2. NORMAS PARA CONSULTA O DOCUMENTOS RELACIONADOS.....	4
3. DEFINICIONES.....	4
4. INTRODUCCIÓN AL MANÓMETRO CRUSHER.....	5
4.1. Descripción del manómetro Crusher	5
4.2. Dimensiones normalizadas del manómetro Crusher	5
5. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA PROBETA-CILINDRO CRUSHERS	7
5.1. Transmisión de la presión del gas al captor	7
5.2. Riesgo de atascamiento por dilatación del pistón en su canal.....	7
5.3. Curva de desarrollo de las presiones.....	8
5.4. Masa del pistón.....	8
6. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE CRUSHER MÁS CONVENIENTE	9
7. TÉCNICAS DE EMPLEO DE LAS PROBETAS Y CILINDROS CRUSHERS.....	12
8. DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN MEDIA MEDIANTE EL EMPLEO DE LA TABLA "M" Y TABLA DE TARAJE ESTÁTICA DE CILINDROS CRUSHERS	15
9. OBSERVACIONES	17
ANEXO A (Normativo)	18
Probeta y cilindro Crusher tipo LCAN, superficie pistón 50mm	18
ANEXO B (Informativo)	19
Curva de taraje	19
ANEXO C (Informativo)	20
Coeficientes de mayoración para cada sección de pistón de 7,5mm ²	20
ANEXO D (Informativo).....	21
Curva de aplastamiento del Crusher.....	21
ANEXO E (Informativo)	23
ANEXO E-1 (Informativo)	24
ANEXO E-2 (Informativo)	25
ANEXO E-3 (Informativo)	26
ANEXO E-4 (Informativo)	27
ANEXO F (Informativo)	28
ANEXO F-1 (Informativo)	29
ANEXO G (Informativo).....	30
Gráfico de correcciones para Crusher 4,90/3 lote 4/62 para pistón de 7,5mm ²	30

PREFACIO

El Ministerio de Defensa ha establecido el Sistema de Normalización de Medios para la Defensa, cuyo objetivo es normalizar los productos y procesos de uso común en la jurisdicción en la búsqueda de homogeneidad y el logro de economías de escala.

El Sistema es dirigido por la Dirección General de Normalización y Certificación Técnica con la asistencia técnica del Comité Superior de Normalización. Está conformado por el Ministerio de Defensa, el Estado Mayor Conjunto de las Fuerzas Armadas y las Fuerzas Armadas.

La elaboración de las normas la realizan Comisiones de Especialistas de las Fuerzas Armadas, las que pueden complementarse con especialistas de otros ámbitos interesados. Las comisiones son presididas y coordinadas por funcionarios de la Dirección General de Normalización y Certificación Técnica del Ministerio de Defensa.

Toda norma nueva elaborada por la Comisión responsable, es elevada al Comité Superior de Normalización para su "aceptación", quien a su vez la tramita ante el Ministerio de Defensa para su "aprobación".

Toda revisión de una norma vigente es realizada por la Comisión responsable y elevada al Comité Superior de Normalización para su "actualización".

La presente Norma DEF fue aceptada por el Comité Superior de Normalización en su reunión del día 09 de diciembre de 2013 y asentada en el Acta N° 02/13.

El Ministerio de Defensa aprobó la introducción de este documento normativo por Resolución MD N° 08/73.

INTRODUCCIÓN

La redacción de la presente norma DEF, se basó en la necesidad de contar con una herramienta técnica acorde a la necesidad de estandarizar las técnicas de empleo del cilindro Crusher en la jurisdicción del Ministerio de Defensa. Para tal fin se recurrió a la Nota Técnica N° 262 "Estado Actual de la Teoría del Crusher y las Técnicas Utilizadas en su Empleo" cuyo autor es el Mayor Roberto A. CORTI, integrante de CITEDEF en el año 1971.

El manómetro Crusher ha sido desde fines del siglo XIX el método más utilizado para la medición de la presión máxima interior de las armas de fuego.

Su invención se remonta al año 1860 y su autor fue el capitán Noble, el mismo que junto al inglés Abel años más tarde experimentaron con la combustión de la pólvora en recipientes cerrados, deduce la Ley conocida como la Ley de Noble y Abel.

La presente reemplaza a la Norma DEF E 582.

De las modificaciones introducidas que se presentan respecto de la versión anterior, merece destacarse que:

- Se actualizan algunos valores y parámetros.
- Se aplica el formato indicado en la Norma DEF GEN 1-G.

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

La presente norma establece el uso del Crusher y las técnicas utilizadas en su empleo.

Las prescripciones contenidas en la presente Norma DEF son de carácter obligatorio dentro de la jurisdicción.

2. NORMAS PARA CONSULTA O DOCUMENTOS RELACIONADOS

Para la presente Norma DEF no son necesarios.

Las Normas DEF pueden ser consultadas en línea en la página web http://www.mindef.gov.ar/normasdef/detalle_web.asp; en la Dirección General de Normalización y Certificación Técnica del Ministerio de Defensa, Azopardo 250, Ciudad Autónoma de Buenos Aires (C1107ADB), o solicitadas por correo electrónico a la casilla normalizacion@mindef.gov.ar.

NOTA Para la adquisición de normas nacionales e internacionales las Fuerzas Armadas deben consultar sobre descuentos especiales contemplados en el Convenio específico celebrado entre el IRAM y el Ministerio de Defensa, en la casilla de correo normalización@mindef.gov.ar.

3. DEFINICIONES

3.1. coeficiente de mayoración: Es un número mayor que uno, que indica la capacidad en exceso que tiene el sistema por sobre sus requerimientos.

4. INTRODUCCIÓN AL MANÓMETRO CRUSHER

4.1. Descripción del manómetro Crusher

El manómetro Crusher actualmente en uso, que no difiere básicamente en nada de aquel inventado por NOBEL en 1860. Está compuesto de un cuerpo cilíndrico de acero hueco, en uno de cuyos extremos está roscado un tapón agujereado en su centro con un conducto de paredes muy pulidas, en el que se desliza un pistón que hermetiza el interior (**ANEXO A**). Dentro del cuerpo del manómetro apoyado sobre el fondo, se ubica un cilindro de cobre rojo, el Crusher propiamente dicho, fabricado bajo condiciones muy severas de calidad, que recibe sobre su otra cara, el apoyo del pistón deslizante. En estas condiciones, estando bien ajustado el tapón, el manómetro se coloca en el recinto donde se quiere registrar la presión máxima (generalmente la recámara de un arma de fuego). Cuando el manómetro está sometido a una presión gaseosa, el pistón recibe un empuje hacia adentro que será proporcional a la superficie expuesta a los gases y ejercerá por consiguiente, sobre el Crusher un es fuerza F , tal que:

$$F = P \cdot S$$

Donde

- F= Esfuerzo de aplastamiento sobre el Crusher.
- P= Presión exterior que actúa sobre el manómetro.
- S= Sección del pistón expuesta a los gases

Bajo la acción de F , el Crusher se aplasta y se deforma permanentemente. De la medición cuidadosa de esta deformación realizada con un micrómetro, se deduce la presión actuante por medio de tablas de taraje y correcciones a tener en cuenta.

El pistón deslizante, es la pieza más importante del manómetro, por lo que tiene tolerancias muy ajustadas de fabricación (del orden de los micrones). El rozamiento desarrollado en el movimiento del pistón, debe ser lo suficientemente suave como para no influir en los resultados, y por otra parte, el ajuste debe ser tan perfecto como para evitar todo pasaje de gases que pueda producir erosiones y también influir en los resultados.

El centraje del Crusher en su alojamiento, se asegura por medio de un anillo guía, de caucho o cartón, que lo posiciona en el centro del manómetro haciendo coincidir el eje de simetría del cilindro de cobre con el eje del pistón.

Sobre el pistón se practican a veces, una o más canaladuras circulares, que en cada experiencia, se debe limpiar y llenar con un producto lubricante y sellador a la vez (actualmente se utiliza grasa siliconada) que evita el pasaje de gases.

4.2. Dimensiones normalizadas del manómetro Crusher

Las dimensiones de un manómetro Crusher, está en función del tamaño del cilindro Crusher a utilizar. En Francia, posteriormente a de las experiencias de SARRAU y VIELLE, fueron normalizados dos (2) tipos de cilindros Crusher:

El llamado Crusher de cañón de 13mm de largo por 8mm de diámetro conocido como Crusher 13/8; utilizado exclusivamente para artillería (de ahí su nombre) y el llamado Crusher de fusil, de 4,90mm de largo por 3mm de diámetro, conocido como Crusher 4,9/3, utilizado también antiguamente solo para armas portátiles.

Estos dos Crushers, eran fabricados en Francia por el "Laboratorio Central de la Artillería Naval" y provistos conjuntamente con su tabla de taraje manométrica.

Los manómetros Crusher para la utilización de estos cilindros normalizados, son también conocidos como "probetas Crusher" o "porta Crushers" y estaban normalizados en Francia; con una superficie útil de pistón de 50mm² para el Crusher 13/8 (llamado probeta L.C.F.A.) y con superficie útil de pistón de 7,5mm² para el Crusher 4,9/3 (llamado probeta L.C.A.N.) o de 15mm², para armas portátiles.

En estos países, fueron normalizados cilindros Crusher de distintas dimensiones, tales como los que indican en la siguiente tabla:

Tabla 1

Altura mm	Diámetro mm	Designación	País
7	5	7/5	Alemania
5	3	5/3	Varios
25	12	25/12	Varios
12,7	8,268	0,5/0,3255	USA
10,16	5,74	0,4/0,2259	UK
10,5	7	70/105	Alemania

Es de observar que un mismo cilindro Crusher asociado a distintas probetas, con diferentes secciones de pistones, podrán abarcar diversas gamas de presiones, de acuerdo con las tablas de tarajes correspondientes.

Un ejemplo de esto es el Crusher 4,9/3, que con una probeta de sección de pistón 7,5mm² (probeta L.C.F.A.) abarca una gama de presiones desde los 738kg/cm² hasta los 5264kg/cm². En cambio con una probeta de sección útil de pistón de 50cm², la gama es de 111kg/cm² hasta 1293kg/cm².

Esta posibilidad permitiría usar siempre un único Crusher para todas las presiones posibles, cambiando solo el tapón roscado y el pistón correspondiente, de modo tal que la sección útil del pistón, asociado a las dimensiones del Crusher Standard, provoque deformaciones que correspondan en la tabla de taraje a los valores de presión que deseen medirse. Esta alternativa a primera vista tan trivial, demoró prácticamente cien años desde la invención del manómetro Crusher, en adoptarse como norma general de trabajo, tal como lo veremos más adelante. La razón de su reciente adopción, no se debe a la simple estandarización de dimensiones, sino que el Crusher elegido precisamente el más pequeño de todos, el Crusher de fusil 4,90/3, reúne una serie de condiciones que hacen que su funcionamiento se acerque más al ideal del modelo teórico adoptado como consecuencia de los últimos estudios realizados, lo que aumenta la precisión de su empleo.

5. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA PROBETA-CILINDRO CRUSHERS

Los factores que influyen en el valor del coeficiente de mayoración son:

1. La transmisión de la presión del gas al captor
2. El riesgo de atascamiento por dilatación del pistón en su canal
3. Curvatura de la curva de desarrollo de las presiones
4. Efecto de la masa del pistón

5.1. Transmisión de la presión del gas al captor

La presión se transmite a través del canal perforado normalmente a la pared del pistón que comprime el Crusher o el cuarzo piezoeléctrico. Es necesario pues, interponer una junta estanco alrededor del pistón. Además, conviene que el canal sea corto para evitar pérdidas de carga en el gas y presiones ondulatorias.

La estanqueidad se aseguraba en un comienzo por un disco obturador de cobre, cuyos labios se apoyaban fuertemente sobre las paredes interiores del canal; este fenómeno, causa misma de la estanqueidad otorgada, era origen de grandes rozamientos y pérdida de carga, cuando el pistón se desplazaba. Esta solución, hoy en día desechada, es aún utilizada en los Crushers de 10,17mm/5,72mm, con un disco de goma sintética.

La solución actual de este problema, está en utilizar una grasa siliconada (los franceses recomiendan grasa según código SI.33) o en su defecto, una mezcla de sebo de vaca y cera de abejas. La antigua mezcla utilizada de sebo, parafina y vaselina, está también abandonada actualmente. El empleo de diferentes composiciones, puede ser causa de diferencias no despreciables.

5.2. Riesgo de atascamiento por dilatación del pistón en su canal

Los elementos constitutivos de las probetas Crushers son fabricadas en máquinas de precisión, poniendo sumo esmero en las operaciones de bruñido interior del canal y rectificado exterior del pistón, a fin de obtener un juego conveniente entre ellos.

Un juego muy grande dará lugar a fugas de gases. Este fenómeno hace acotar este juego en reposo, en un valor de 0,012mm a 0,013mm. Por el contrario, un juego muy pequeño puede dar lugar al atascamiento del pistón en su canal, con la aparición de rozamientos anormales que falsearían las mediciones al reducir el aplastamiento del Crusher.

Si consideramos el aplastamiento relativo de un cilindro de acero (cuerpo del pistón) bajo una presión de 1000kg/cm² para un pistón de 1cm² de superficie y 11,28mm de diámetro, este valor es:

$$\frac{dh}{h} = \frac{10}{22000} = 0,455 \text{ ‰}$$

El aumento diametral correspondiente, en régimen elástico, es pues (tomado por el coeficiente de POISSON el valor 3/8).

$$Dd : \frac{3}{8} \times 11,28 \times \frac{0,455}{1000} = 0,00192$$

Para otro diámetro de pistón será

Tabla 2

Presión	S=1cm ²	0,5cm ²	15mm ²	7,5mm ²
1000	0,00192	0,00136	0,00074	0,00053
2000	0,00324	0,00272	0,00149	0,00105
3000	0,00576	0,00408	0,00223	0,00108
4000	0,00768	0,00544	0,00297	0,00210
5000	0,00960	0,00680	0,00372	0,00263

Del análisis de la tabla anterior, surge que con los pistones de gran sección, el atascamiento es casi inevitable.

NOTA En 1938 el Crusher de 13/8, usado con la probeta correspondiente, de pistón de 50mm² (llamado block ICFA) daba idénticos valores de presión barométrica, mientras esta no superaba los 3000kg/cm², que la probeta DEFA tipo A, con pistón de 7,5mm² y Crusher de 4,9/3 usados actualmente. Para presiones mayores, se observa una diferencia progresivamente creciente que corresponde a un atascamiento creciente, del pistón de 50mm² con la probeta de pistón de 7,5mm², es necesario obtener un juego entre canal y pistón, comprendido entre 0,008mm y 0,01mm (en último caso, entre 0,006mm y 0,012mm). Para una presión de 4000kg/cm², el juego disminuye a 0,002mm, donde aún no se observan anomalías. Otra dificultad puede aparecer cuando el pistón tiene su longitud muy grande con respecto a su diámetro, pueden registrarse fenómenos de flexión (pandeo).

5.3. Curva de desarrollo de las presiones

Para realizar una comparación correcta entre las presiones Crusher y las piezoeléctricas, es necesario que la curva de desarrollo de las presiones presente una forma regular sin "dientes de sierra" y no esté afectada por perturbaciones debidas a efectos parásitos, tales como oscilaciones de la presión de los gases sobre el pistón cuando este se desplaza, efectos de burbujas de aire en la mezcla obturadora, frecuencias parásitas propias de los captosres de cuarzo y fenómenos de presión ondulatorias en el recinto donde se desarrollen los gases, entre otros.

5.4. Masa del pistón

SUTERLIN ha realizado una excelente recopilación de todos los resultados obtenidos en las experiencias realizadas para evaluar la influencia de la masa del pistón, llegando a la conclusión que la magnitud de esta influencia es proporcional a $\frac{m}{S}$ (m es la masa del pistón y S su sección recta). Si aceptamos la semejanza de los Crushers, el efecto de la inercia será proporcional a su diámetro. La inercia del pistón no es despreciable, la misma producirá un aplastamiento suplementario del Crusher, que hará reducir el coeficiente de mayoración previsto inicialmente.

La conclusión entonces surge sola: Los Crushers y los pistones de grandes dimensiones (8mm y aún de 5mm de diámetro) deberían ser dejados de lado, ya que su uso trae

aparejado el riesgo de atascamiento del pistón en su canal y el efecto de la inercia de la masa del pistón. Siempre que los rangos de presiones que se estiman obtener lo permitan, se debería optar por la utilización de los Crusher con menores diámetros de pistón. (ver **ANEXO D**).

6. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE CRUSHER MÁS CONVENIENTE

De acuerdo con las conclusiones obtenidas a lo largo de las experiencias, surge la necesidad de utilizar en lo posible cilindros Crushers de dimensiones y masa lo mas reducido posible, con pistones de masa y tamaños pequeños.

Ello ha llevado a adoptar el cilindro Crusher 4,9/3 (llamado originalmente "Crusher de fusil") como único para todo empleo. Esta adopción se ha realizado en general, en los países europeos, pero su empleo se generaliza día a día en todo el mundo. Paralelamente se ha adoptado la probeta para este tipo de Crusher, denominada en Francia como DEFA, tipo "A", con distintas secciones útil de pistón. El diseño de esta probeta al tener el canal y su pistón en el tapón roscado, permite el cambio de tapón y por consiguiente, el empleo de tapones con pistones de distintas secciones útiles.

Esto permite cubrir diferentes rangos de presiones, con la utilización del mismo cilindro Crusher y en el mismo cuerpo de probeta. Esto significa también que el volumen de la probeta será siempre el mismo, aún con diferentes pistones, lo que facilita el cálculo de la corrección a introducir a la presión media, por volumen de la probeta. (La introducción de la probeta en la recámara disminuye el volumen de ésta, aumentando por lo tanto la presión media).

La correspondencia normal entre los valores de esfuerzo F y deformación E , para el Crusher de 4,9/3, realizado a la temperatura de referencia de 21°C, se puede observar en la **tabla 3**.

Tabla 3

Altura remanente (4,9/3- E) en mm	Esfuerzo aplicado F en Kg
4,90	0
4,65	10
4,42	150
4,15	200
3,85	250
3,54	300
3,24	350
2,53	500
2,21	600

NOTA Amen de las experiencias recogidas de los países europeos, la experiencia obtenida por los técnicos y especialistas de CITEDEF, nos demostró que en los calibres de 105mm o superiores, se colocan dos (2) probetas en la recámara, mientras que en calibres inferiores solo una (1) probeta, para evitar la disminución del volumen de recámara disponible.

La transformación de estos valores de fuerza F a presiones, se hace mediante la aplicación de la superficie del pistón empleado, con lo que se determinan las tablas "M" de taraje estático.

Las superficies de pistón normalizadas actualmente son: 7,5mm², 12mm², 22,5mm², 50mm² y 100mm².

En el **ANEXO G** se encuentran las tablas "M" para las secciones de pistón indicadas.

El problema a analizar ahora, será el de determinar para cada caso en particular, la sección de pistón y por consiguiente la tabla "M" mas conveniente.

Podemos realizar un análisis de la gama útil de presiones, para cada sección normalizada de pistón, tomando como referencia el límite de deformación relativa aceptada para evitar fenómenos anormales debidos al calentamiento, deformaciones, función memoria, etc.

Considerando dos (2) valores de deformaciones relativas, el 25% y el 30%, tendremos los siguientes valores expresados en la **tabla 4**.

Tabla 4

Sección del pistón en mm ² (normalizado)	Valores útiles de presión (según tablas "M") para un límite de deformación relativo de	
	25% (altura remanente de 3,67mm)	30% (altura remanente de 3,43mm)
7,5	738-3716	738-4228
12,0	750-2322	750-2643
22,5	246-1239	246-1409
50,0	111-557	111-634
100,0	51-279	51-317

Para la elección del tamaño del pistón a utilizar en un caso particular, debemos considerar también la diferencia tabular que acusa cada tabla para el valor de presión a medir, que nos dará una idea de la precisión del tipo de pistón adoptado, es decir, de la variación de presión correspondiente a la mínima variación de la deformación del Crusher, susceptible de medición.

En efecto, partiendo del hecho de que la tolerancia de fabricación del Crusher 4,9/3 es de $\pm 0,01$ mm y la menor lectura de su deformación es también de 0,01mm, la precisión de la lectura de su altura remanente, será por consiguiente de $\pm 0,01$ mm, empleando un micrómetro que asegure la centésima de milímetro.

Suponiendo que el funcionamiento del sistema no aporta error alguno, el error final será \pm la diferencia tabular correspondiente al valor de presión medido en la tabla "M" correspondiente.

Esto nos permite elegir un pistón tal que la diferencia tabular, en la presión a medir, sea la mínima, teniendo en cuenta que la deformación relativa del Crusher no supere el 25% al 30%.

La **tabla 5** nos muestra como seleccionar el pistón y tabla M mas conveniente.

Tabla 5

Presiones en Kg/cm ²	Diferencia tabular de tabla M para secciones de pistón en mm ² de				
	7,5	12	22,5	50	100
500	-----	-----	11	3	2
1000	50	18	8	5	-----
1500	31	15	7	-----	-----
2000	26	14	10	-----	-----
2500	24	13	15	-----	-----
3000	22	16	-----	-----	-----
3500	20	17	-----	-----	-----
4000	21	-----	-----	-----	-----
4500	22	-----	-----	-----	-----
5000	24	-----	-----	-----	-----

Los valores resaltados en gris corresponden a las diferencias tabulares menores y que a la vez conciden con las presiones que no deforman al cilindro Crusher más allá del 30% de su dimensión inicial.

La **tabla 6** nos define el empleo de los distintos pistones.

Tabla 6

Superficie pistón en mm ²	Parámetros recomendado de presiones Kg/cm ²		Precisión en Kg/cm ²
	Desde	Hasta	
7,5	2000	4000	±39
12	1000	2500	±27
22,5	500	1400	±16
50	200	600	±4
100	50	300	±3

La precisión a obtener, par cada superficie de pistón se refiere a aquella inherente a los errores de fabricación del Crusher, taraje y medición, pero sin tener en cuenta los errores generados por las técnicas operatorias. Estos valores surgen de acuerdo con información proporcionada por el Laboratorio Central del Armamento Naval de Francia, en el sentido que las normas de calidad para la fabricación de los cilindros Crusher de 4,9/3 determinan como valor límite para promedio de los desvíos medios de una serie de 10 aplastamientos en los ensayos de taraje a 21C⁰, el de 0,015mm.

Este valor nos determina la precisión que surge de las diferencias tabulares para 0,01mm de aplastamiento indicados en la **tabla 5**.

7. TÉCNICAS DE EMPLEO DE LAS PROBETAS Y CILINDROS CRUSHERS

De acuerdo con las conclusiones obtenidas, surgen una serie de detalles y aspectos a tener en cuenta en la operación de las probetas y cilindros Crushers.

Para ello surgen las siguientes técnicas operativas:

1. En cada prueba que se realice tiro a tiro, todos los componentes de la probeta, especialmente su canal y pistón deben estar perfectamente limpios y ligeramente lubricados con grasa siliconada de buena calidad. La obturación se logrará con el mismo tipo de grasa sobre el canal donde actúa el pistón.

NOTA En reemplazo de la grasa siliconada puede utilizarse una mezcla de cebo de vaca con cera de abejas en proporciones iguales, no debiéndose emplear otros productos.

2. No deben existir cuerpos extraños en el interior de la probeta, en su canal ni en la superficie del pistón. Debe cuidarse especialmente que la grasa que obtura el canal no tenga burbujas de aire.
3. El huelgo entre el pistón y su conducto, debe estar comprendido entre $8\mu\text{m}$ y $10\mu\text{m}$.
Como excepción, puede aceptarse entre $6\mu\text{m}$ y $12\mu\text{m}$, únicamente para el pistón de $7,5\text{mm}^2$.
4. Si al armar la probeta con su cilindro Crusher colocado en el interior, se notare que el pistón tiene un cierto movimiento libre hasta hacer contacto con el Crusher en el fondo, es necesario apoyar aquel sobre éste, para evitar que bajo la acción de los gases, el pistón tenga un cierto recorrido libre hasta golpear sobre el Crusher creando así grandes fuerzas de inercia.
5. En cada tiro de una boca de fuego en el que se quiera medir la presión máxima mediante el uso del Crusher, es necesario colocar por lo menos dos (2) probetas idénticas en las mismas condiciones, para constatar sus valores. La diferencia de aplastamiento que ocurran entre sí no deben ser mayor $\pm 0,02\text{mm}$.
La utilización de una probeta en los calibres inferiores a 105mm se debe a no interferir en el volumen de la recámara.
6. La ubicación de las probetas en una boca de fuego, es en general dentro de la recámara lo más próxima al cierre o culata con su eje longitudinal paralelo al eje del ánima, con la superficie del pistón hacia delante. En el caso de materiales con vaina, el Crusher va dentro de ésta, de acuerdo a las indicaciones anteriores. Toda vez que se realicen mediciones de presión máxima con Crusher a una misma arma, debe utilizarse el mismo tipo de probeta y ubicadas en idéntica posición. Para armas portátiles en la que la probeta va firmemente atornillada exteriormente al cuerpo del cañón, es necesario reproducir las mismas condiciones geométricas toda vez que se construya un fusil-Crusher, par poder comparar sus mediciones.
7. Como norma general, debe medirse la altura inicial del cilindro Crusher ($4,90\text{mm}$), para corregir eventualmente la lectura final por cualquier desvío inicial. Este desvío inicial no debe ser superior a $\pm 0,01\text{mm}$ (es decir $4,89 < 1 < 4,91$).

8. La fecha de fabricación de los cilindros Crusher, no debe exceder los 6 años, para evitar que el fenómeno de acritud o envejecimiento del cobre pueda falsear los resultados.
9. La medición de la altura remanente del cilindro Crusher, se realiza con un micrómetro que asegure el centésimo de milímetro y debe realizarse con el cilindro ya deformado a una temperatura de 21C°. Debe tenerse la precaución que la elevación de la temperatura que sufre la probeta por acción de los gases y que transmite al cilindro Crusher por conducción, no sea de una magnitud tal que provoque errores en la lectura por la dilatación del cobre.
10. En el caso en que la temperatura del cilindro, al momento de producirse el aplastamiento, difiere de la temperatura de referencia de 21C°, (tal el caso de efectuar las mediciones en días de temperaturas extremas) deberá aplicarse la fórmula siguiente:

$$\Delta P = 4,2(21 - \theta) \left(\frac{P}{2000} - 0,3 \right)$$

Donde

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta P = \text{Variación de presión máxima} \\ \theta = \text{Temperatura de Crusher en el momento del} \\ \text{aplastamiento.} \\ P = \text{Presión manométrica de la tabla "M"} \end{array} \right.$$

11. Si el tiempo que transcurre entre tiro y tiro lo permite, deben utilizarse las mismas probetas para los tiros sucesivos, cuidando que su temperatura en el momento del disparo sea siempre la misma, y lo más próxima a los 21C°. Ello eliminará posibles diferencias que podrían existir al cambiar de probeta en cada tiro.
Es conveniente mantener en reserva permanente, dos (2) probetas nuevas como patrón para comparar periódicamente las probetas restantes en uso, o cuando surjan discrepancias anormales entre dos (2) probetas en uso o cuando quiera evaluarse el comportamiento de una probeta dudosa.
12. El cilindro Crusher debe colocarse en su alojamiento dentro del cuerpo de las probetas, perfectamente centrado. Para ello se utiliza un suplemento en forma de anillo o estrella de caucho sintético, que suele venir provisto con cada probeta. En su defecto emplearse arandelas de cartulina. Debe cuidarse que el volumen, dimensiones o rigidez de dicho suplemento, no impida ni perturbe el aumento de sección que sufre el cilindro como consecuencia de su aplastamiento.
13. El aplastamiento que sufre el cilindro Crusher, no debe superar el 25% al 30% de su longitud inicial. Este punto está considerado en detalle en los puntos anteriores, el tratar sobre la elección de la sección de pistón mas adecuada para cada caso.

- 14.El cierre y ajuste del tapón roscado en el cuerpo de la probeta, debe realizarse mediante una cupla no mayor de 0,8kgm a fin de evitar deformaciones en el canal que puedan introducir perturbaciones en el movimiento del pistón.
- 15.Los cilindros Crushers, deben ser desechados después de ser utilizados; no se deberá utilizar para medir presiones mayores a las ya medidas, porque ello lleva a errores significativos.
- 16.Las probetas deben ser desechadas a la menor duda sobre su correcto funcionamiento. La vida útil estimada promedio de una probeta con pistón de sección de 7,5mm², es de aproximadamente 50 disparos. Es conveniente renovar la probeta cada 50 disparos para evitar los errores que se puedan producir cuando exceda su vida útil, aunque aparentemente esté en buenas condiciones.

8. DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN MEDIA MEDIANTE EL EMPLEO DE LA TABLA "M" Y TABLA DE TARAJE ESTÁTICA DE CILINDROS CRUSHERS

La tabla manométrica o tabla "M", son válidas únicamente para un lote de cilindros Crushers estándar o referencia. Indudablemente, los distintos lotes de fabricación tendrán valores que pueden diferir en algo de los establecidos para el lote de referencia. Por esa razón, cada lote de cilindros Crushers fabricados, son sometidos a una prueba de taraje estático 21C², obtenido por medio de un manómetro de pistón libre (manómetro de AMAGAT) y los resultados de ese taraje, se vuelcan en una tabla, denominada tabla de taraje o ensayo del lote.

Para realizar la determinación de la presión máxima se procede de la siguiente manera:

1. Disponiendo de las tablas "M" correspondiente y tabla de taraje del lote del Crushers a utilizar, se confecciona la tabla de correcciones según se muestra en el **ANEXO F**.
Esta tabla de correcciones tiene impresas las equivalencias entre Fuerza aplicada (F) y alturas remanentes, según el lote patrón o tabla "M" y las correspondencias de presiones para cada tipo de pistón normalizado (columna 1, 2, 4, 7, 10, 13, y 16).
2. Por cada lote nuevo se transcribe en las columnas de la planilla, En primer término se transcriben los valores de los promedios finales de las alturas remanentes para cada uno de los valores de la carga F previstos (columna 3).
3. Con las alturas remanentes se leen las presiones correspondientes a cada tipo de pistón, en las respectivas tablas "M" y se transcriben en las columnas 5, 8, 11,14, y 17.
4. Se determinan las diferencias entre los valores correspondientes de las tablas "M" y el lote considerado; la diferencia se realiza en el orden indicado (columnas 4, 7, 10,13 y 16 menos las columnas 5, 8, 11,14 y 17 respectivamente) y se vuelcan esos valores obtenidos con sus respectivos signos en las columnas "corrección" (columnas 6, 9, 12, 15 y 18).
5. Los valores obtenidos constituyen las correcciones a introducir a las lecturas directas de la presión a partir de la tabla "M" correspondiente al tipo de pistón utilizado, a la que se entra ahora directamente con la deformación media sobre el Crusher empleado.
6. Es conveniente graficar los valores de las correcciones a introducir para cada valor de las presiones, confeccionando una curva por cada sección de pistón, lo que facilitará la determinación de las correcciones para valores intermedios.

Un ejemplo de este procedimiento se observa en el **ANEXO F1**, en esta tabla se observa las correcciones para un lote de Crusher 4,9/3 de origen francés, LKAN lote N° 4/62, cuya tabla de taraje se resume en la **tabla 7**.

Tabla 7

F (kg)	Altura remanente (mm)
100	4,663
150	4,441
200	4,183
250	3,871
300	3,557
350	3,244
500	2,543
600	2,222

La curva de corrección para el ejemplo anterior, en el caso del pistón de sección de 7,5mm², se observa en el **ANEXO G**.

9. OBSERVACIONES

De acuerdo a todo lo expuesto, se observa que el Crusher 4,90/3 integrado con la probeta y la sección útil de pistón adecuadas a cada caso particular, es un instrumento notablemente preciso y fiel, si bien no es especialmente apto para medir valores absolutos.

Los equipos electrónicos a transductores piezoeléctricos permiten efectuar la medición de presiones "verdaderas", siempre y cuando los montajes y los transductores estén librados al arma o cañón y que las operaciones de calibrado y contraste de los circuitos y transductores estén correctamente realizados y con los equipos apropiados.

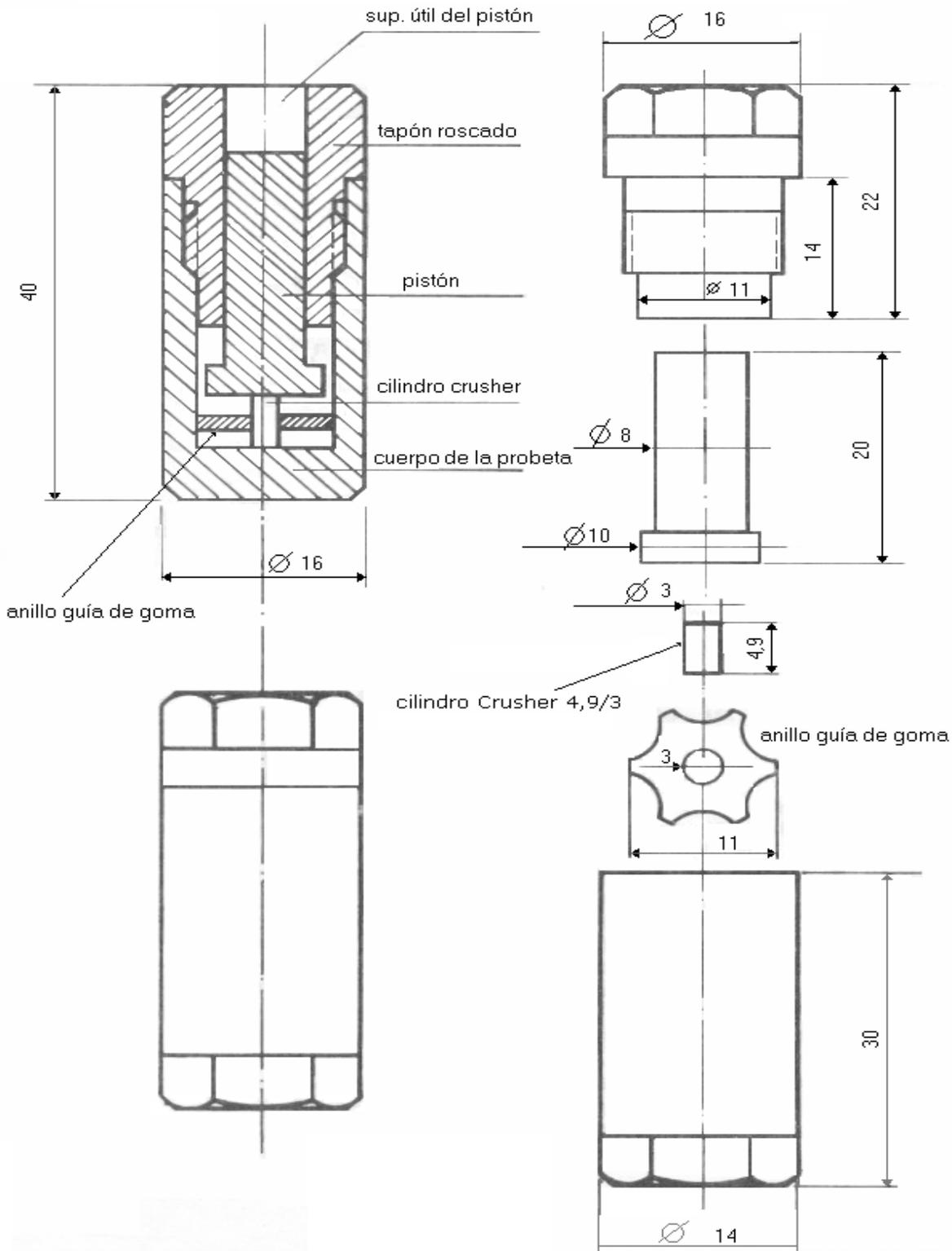
Por ello, podemos definir perfectamente el campo de utilización de cada uno de estos dos (2) métodos.

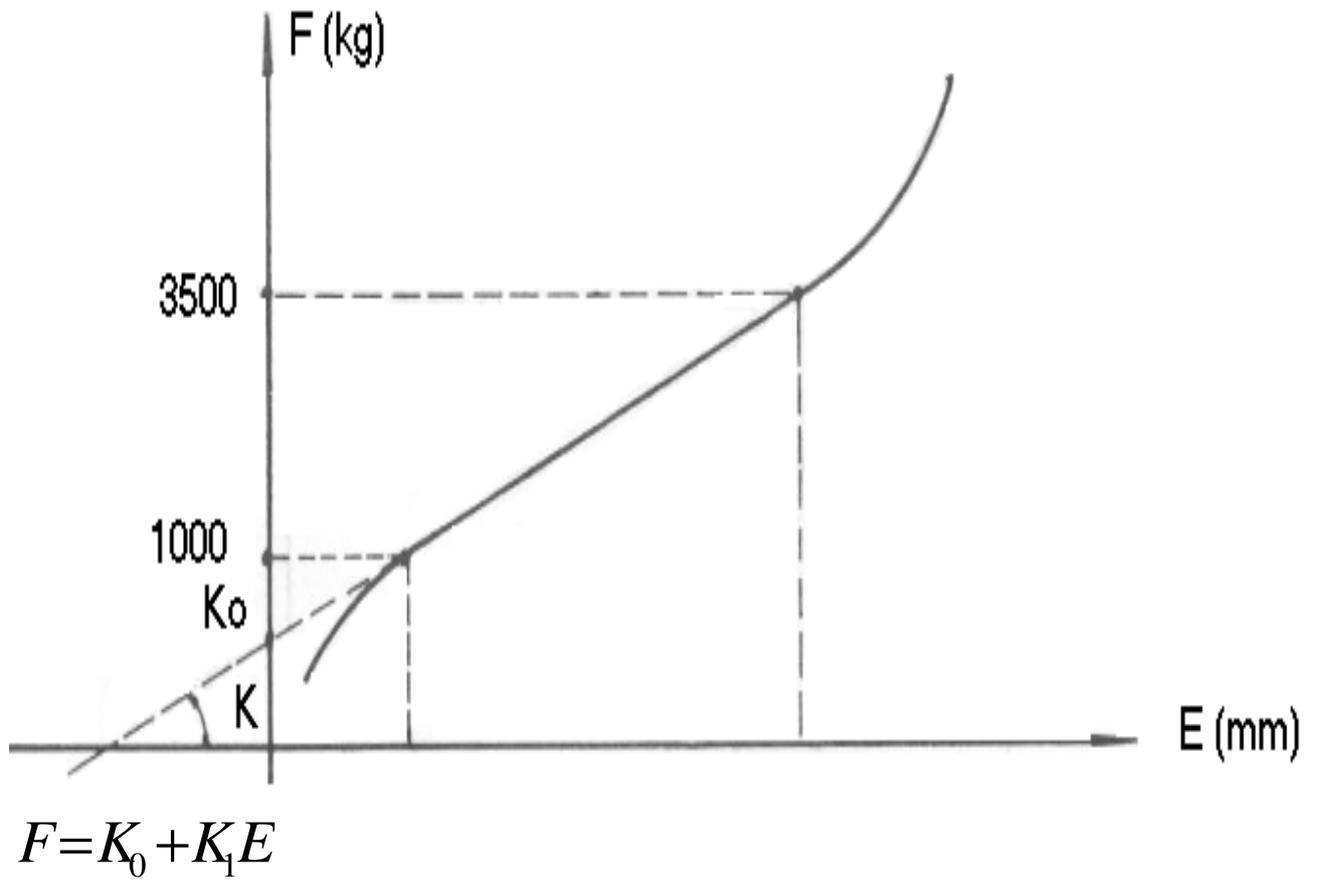
El Crusher será, dada su simplicidad de empleo y economía, el método más apto para mediciones comparativas, en fabricación y control de armas, etc. En estos casos es necesario referir la medición al método empleado y normalizar las técnicas operativas.

El método piezoeléctrico quedará reservado para la investigación y desarrollo de nuevas armas, investigación científica o cualquier otra actividad en la que sea necesario conocer con exactitud el desarrollo de las presiones verdaderas en el espacio o en el tiempo.

ANEXO A (Normativo)

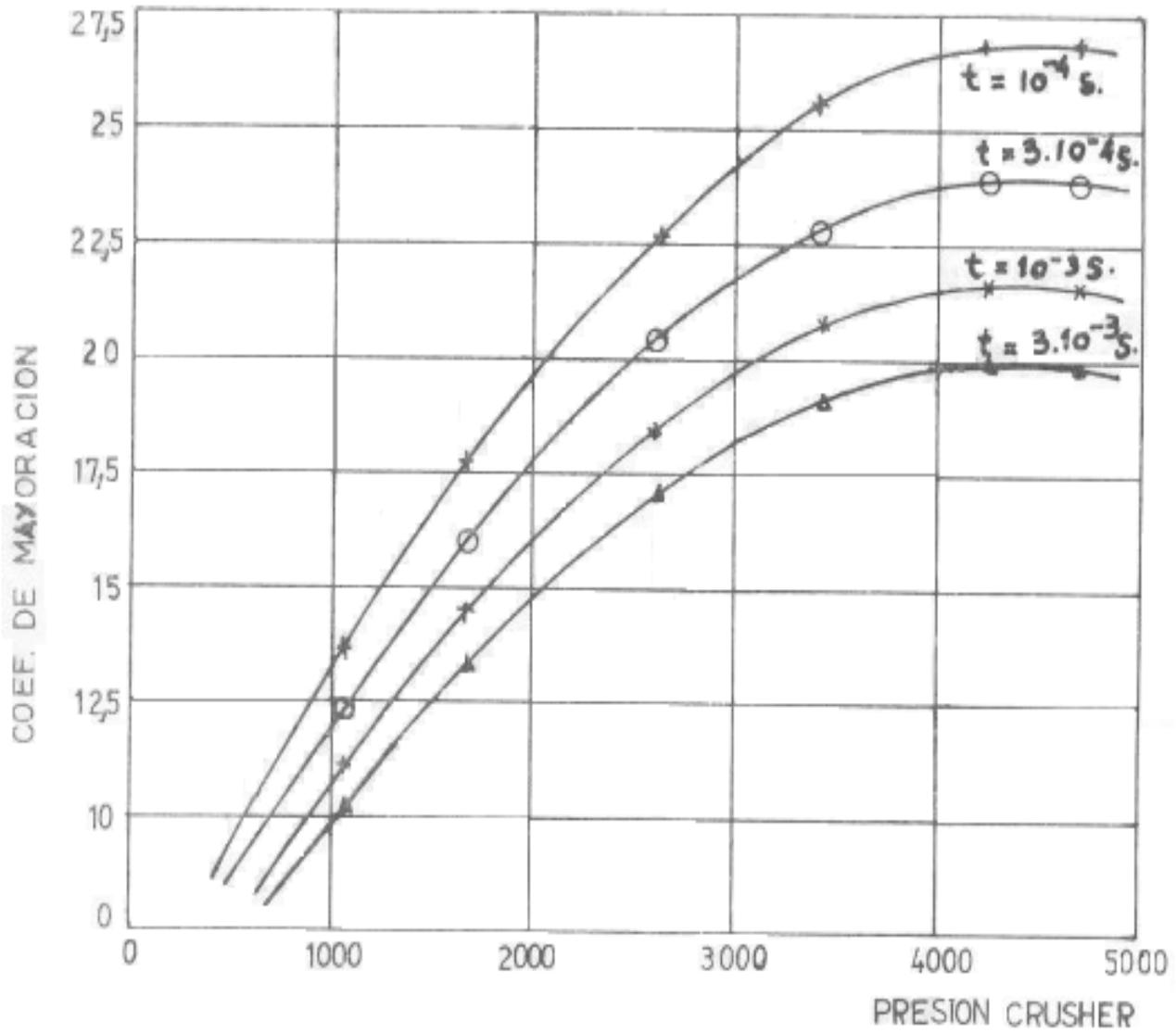
Probeta y cilindro Crusher tipo LCAN, superficie pistón 50mm



ANEXO B (Informativo)**Curva de taraje**

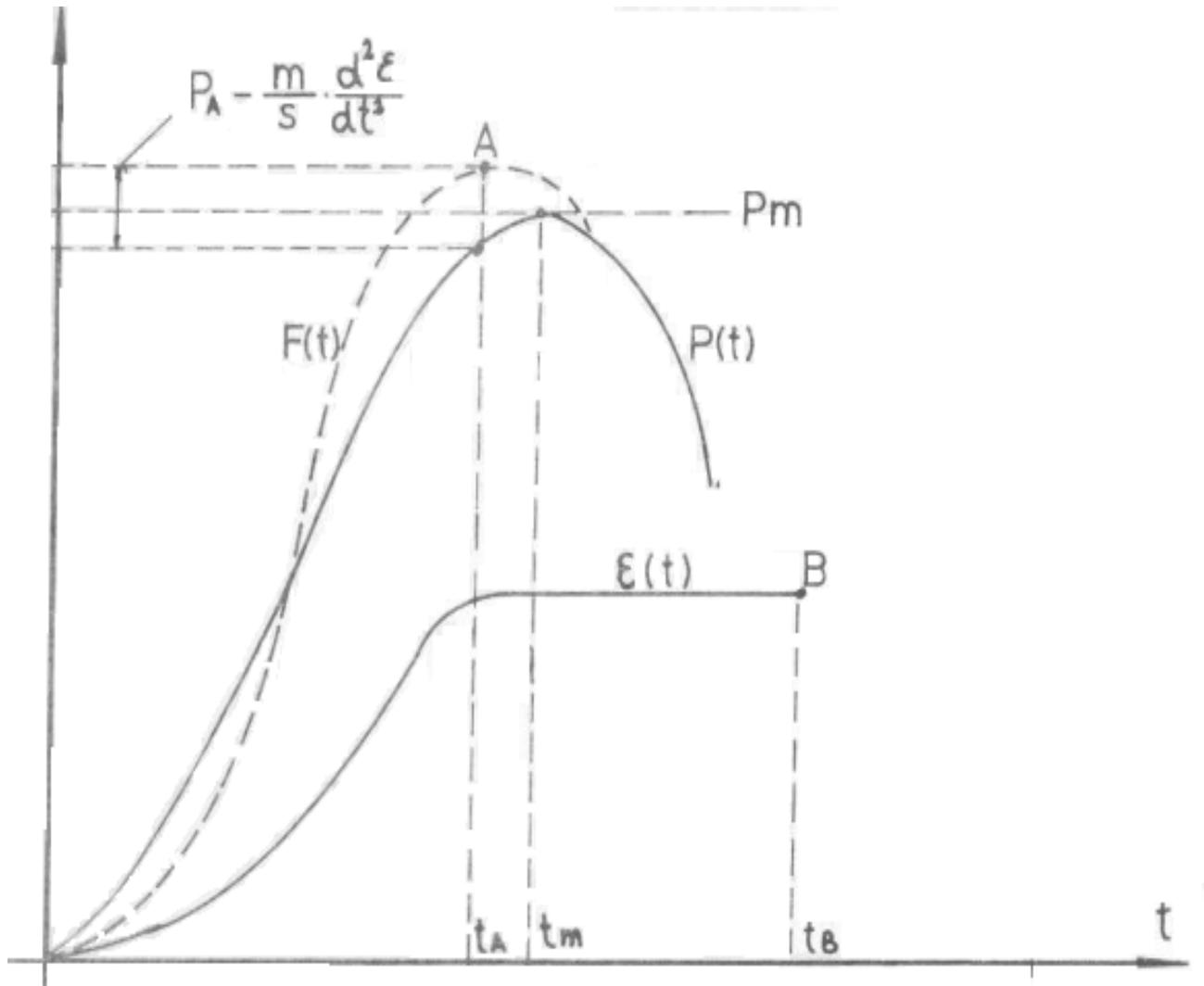
ANEXO C (Informativo)

Coefficientes de mayoración para cada sección de pistón de 7,5mm²



ANEXO D (Informativo)

Curva de aplastamiento del Crusher



Siendo P la presión, S la sección del pistón; la fuerza actuante sobre el pistón será:

$$F = P \cdot S - m \frac{d^2 E}{dt^2}$$

En general la velocidad de variación de la presión $\frac{dP}{dt}$, es máxima cuando la presión P llega a valores del orden de los $\frac{3}{4}$ de la presión máxima P_m ; el máximo de $\frac{dE}{dt}$ debe producirse prácticamente en el mismo instante que el máximo de $\frac{dP}{dt}$, es decir cuando $\frac{d^2 P}{dt^2} = 0$. A partir de ese momento, $\frac{d^2 P}{dt^2}$ se hace negativa, pero el pistón tenderá a aplastar el Crusher aún después de ese instante, por efecto de su inercia.

Al fin del aplastamiento $\frac{dE}{dt}$ se anula y $\frac{d^2E}{dt^2}$ debe igualmente decrecer para terminar anulándose, mientras que la $\frac{d^2P}{dt}$ tiene tendencia mantenerse constante en proximidades de la P_m .

Hemos visto ya que la deformación del Crusher cesa prácticamente desde que la presión decrece, pero se verifica el aplastamiento debido al efecto de inercia de la masa del pistón, que es del orden del 0,01mm y que ocurre durante algunos milisegundos.

Si el efecto de inercia caracterizado por $\frac{d^2E}{dt}$ es apreciable, podemos analizar en la fórmula inicialmente expresada, que ocurre. En efecto, si dividimos todo por S tendremos:

$$\frac{F}{S} = P - \frac{m}{S} \cdot \frac{d^2E}{dt^2}$$

Donde vemos que $\frac{F}{S}$ será mayor que P_m en el instante en que la presión llegue a un valor P_A un poco menor que su máximo, sin duda próximo a $0,99 P_m$; además el aplastamiento del Crusher estará terminando en el instante t_A , donde $\frac{F}{S}$ es máximo, un poco antes de t_m , pese a que la débil fluencia final termina un poco después, en el instante t_B

ANEXO E (Informativo)

Crusher de fusil 4,9/3											
TABLA "M"											
Superficie de pistón 0,075cm²											
Alturas remanentes en mm	Centésimas de mm										Alturas remanentes en mm
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0
2,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,1
2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,2
2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3
2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,4
2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5
2,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,6
2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,7
2,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8
2,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,9
3,0	5246	5238	5212	5186	5151	5135	5109	5083	5057	5032	3,0
3,1	5006	4982	4958	4932	4906	4881	4857	4833	4807	4781	3,1
3,2	4756	4730	4706	4682	4599	4636	4612	4587	4565	4542	3,2
3,3	4519	4497	4474	4452	4429	4407	4384	4361	4339	4316	3,3
3,4	4294	4273	4251	4228	4205	4183	4150	4138	4117	4097	3,4
3,5	4076	4056	4035	4014	3994	3973	3950	3926	3905	3884	3,5
3,6	3863	3842	3821	3800	3779	3758	3737	3716	3695	3674	3,6
3,7	3653	3631	3610	3589	3568	3547	3525	3505	3484	3463	3,7
3,8	3442	3421	3400	3379	3358	3335	3315	3293	3271	3250	3,8
3,9	3226	3204	3182	3161	3139	3117	3095	3073	3052	3030	3,9
4,0	3008	2986	2965	2943	2921	2897	2874	2852	2830	2808	4,0
4,1	2787	2765	2743	2721	2698	2674	2650	2625	2601	2577	4,1
4,2	2582	2528	2504	2480	2455	2431	2407	2382	2358	2334	4,2
4,3	2310	2285	2261	2237	2210	2184	2158	2131	2105	2079	4,3
4,4	2053	2026	2000	1973	1948	1924	1899	1872	1845	1818	4,4
4,5	1792	1765	1736	1707	1678	1649	1621	1592	1561	1530	4,5
4,6	1499	1467	1434	1401	1366	1533	1301	1268	1235	1200	4,6
4,7	1165	1128	1090	1047	1002	953	902	850	795	738	4,7
4,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,8
4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,9

ANEXO E-1 (Informativo)

TABLA "M"													
Crusher de fusil 4,9/3												Superficie de pistón 0,120cm²	
Alturas remanentes en mm	Centésimas de mm										Alturas remanentes en mm		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	
2,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,1	
2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,2	
2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3	
2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,4	
2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	
2,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,6	
2,7	-	-	-	-	-	3731	3712	3693	3675	3656	-	2,7	
2,8	3638	3619	3602	3584	3507	3541	3531	3512	3495	3477	-	2,8	
2,9	3460	3443	3425	3409	3393	3376	3358	3341	3323	3306	-	2,9	
3,0	3290	3274	3258	3242	3225	3209	3193	3177	3161	3145	-	3,0	
3,1	3129	3114	3099	3083	3087	3050	3036	3021	3005	2980	-	3,1	
3,2	2972	2956	2941	2926	2912	2898	2882	2867	2853	2839	-	3,2	
3,3	2825	2811	2796	2782	2768	2754	2740	2726	2712	2698	-	3,3	
3,4	2684	2671	2657	2643	2628	2614	2600	2586	2573	2560	-	3,4	
3,5	2548	2535	2522	2509	2496	2483	2468	2454	2441	2428	-	3,5	
3,6	2415	2401	2388	2375	2162	2349	2336	2322	2309	2296	-	3,6	
3,7	2283	2270	2257	2243	2230	2217	2204	2191	2177	2164	-	3,7	
3,8	2151	2138	2125	2112	2098	2087	2072	2058	2045	2031	-	3,8	
3,9	2016	2003	1989	1975	1962	1914	1935	1921	1907	1894	-	3,9	
4,0	1880	1867	1853	1839	1826	1811	1796	1782	1769	1755	-	4,0	
4,1	1742	1728	1714	1701	1686	1671	1656	1641	1626	1610	-	4,1	
4,2	1595	1580	1565	1550	1535	1519	1504	1489	1474	1459	-	4,2	
4,3	1443	1428	1413	1398	1381	1365	1349	1332	1316	1299	-	4,3	
4,4	1283	1266	1250	1233	1218	1202	1187	1170	1153	1136	-	4,4	
4,5	1120	1103	1085	1067	1049	1031	1033	995	976	956	-	4,5	
4,6	937	917	896	876	854	833	813	792	772	750	-	4,6	
4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,7	
4,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,8	
4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,9	

ANEXO E-2 (Informativo)

TABLA "M"											
Crusher de fusil 4,9/3										Superficie de pistón 0,225cm²	
Alturas remanentes en mm	Centésimas de mm										Alturas remanentes en mm
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0
2,1	2884	2865	2847	2829	2811	2793	2775	2757	2739	2721	2,1
2,2	2703	2687	2670	2653	2637	2621	2605	2588	2572	2556	2,2
2,3	2540	2525	2510	2495	2480	2465	2450	2435	2419	2404	2,3
2,4	2390	2376	2363	2350	2337	2324	2311	2298	2284	2272	2,4
2,5	2259	2247	2236	2224	2214	2203	2192	2181	2170	2159	2,5
2,6	2149	2138	2127	2118	2108	2097	2086	2076	2066	2055	2,6
2,7	2045	2035	2025	2015	2005	1995	1985	1975	1965	1955	2,7
2,8	1945	1935	1926	1916	1907	1898	1888	1878	1803	1859	2,8
2,9	1850	1841	1832	1823	1814	1805	1796	1766	1777	1768	2,9
3,0	1755	1746	1737	1729	1720	1712	1703	1684	1686	1677	3,0
3,1	1669	1661	1653	1644	1635	1627	1619	1611	1602	1594	3,1
3,2	1585	1577	1569	1561	1553	1545	1537	1529	1522	1514	3,2
3,3	1506	1499	1491	1484	1476	1469	1461	1454	1445	1439	3,3
3,4	1431	1424	1417	1409	1402	1394	1387	1379	1372	1366	3,4
3,5	1359	1353	1345	1338	1331	1324	1317	1309	1302	1295	3,5
3,6	1288	1281	1274	1267	1260	1253	1246	1239	1232	1225	3,6
3,7	1218	1210	1203	1195	1189	1182	1175	1168	1161	1154	3,7
3,8	1147	1140	1133	1126	1119	1112	1105	1098	1090	1083	3,8
3,9	1075	1068	1061	1054	1046	1039	1032	1024	1017	1010	3,9
4,0	1003	995	988	981	974	966	958	951	943	936	4,0
4,1	929	922	914	907	398	891	883	875	867	859	4,1
4,2	851	843	835	827	818	810	802	794	786	778	4,2
4,3	770	762	754	746	737	728	719	710	702	693	4,3
4,4	684	875	667	658	649	641	633	524	615	595	4,4
4,5	597	588	579	569	559	550	540	531	520	510	4,5
4,6	500	469	478	467	455	444	434	423	418	400	4,6
4,7	388	376	363	349	334	318	301	283	265	246	4,7
4,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,8
4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,9

ANEXO E-3 (Informativo)

TABLA "M"											
Crusher de fusil 4,9/3			Superficie de pistón 0,50cm²								
Alturas remanentes en mm	Centésimas de mm										Alturas remanentes en mm
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0
2,1	1293	1285	1277	1269	1261	1253	1246	1238	1230	1222	2,1
2,2	1214	1207	1200	1193	1186	1179	1172	1165	1158	1151	2,2
2,3	1144	1137	1131	1124	1118	1111	1105	1098	1052	1085	2,3
2,4	1079	1073	1067	1062	1057	1051	1045	1039	1034	1028	2,4
2,5	1023	1018	1013	1008	1004	999	994	989	984	979	2,5
2,6	974	969	964	960	955	951	946	941	937	932	2,6
2,7	927	922	918	913	909	904	900	895	891	886	2,7
2,8	882	877	873	869	855	861	856	852	847	843	2,8
2,9	839	835	831	827	823	819	814	810	806	802	2,9
3,0	790	786	782	778	774	770	766	762	759	755	3,0
3,1	751	747	744	740	736	732	729	725	721	717	3,1
3,2	713	709	706	702	699	695	692	688	685	681	3,2
3,3	678	675	671	668	664	661	658	654	651	647	3,3
3,4	644	641	638	634	631	627	624	621	618	614	3,4
3,5	611	608	605	602	599	596	592	589	586	583	3,5
3,6	579	576	573	570	567	564	561	557	554	551	3,6
3,7	548	545	542	538	515	532	529	526	523	519	3,7
3,8	516	513	510	507	504	500	497	494	491	487	3,8
3,9	484	481	477	474	471	468	464	461	458	454	3,9
4,0	451	448	445	441	438	435	431	428	425	421	4,0
4,1	418	415	411	408	405	401	397	394	390	387	4,1
4,2	383	379	376	372	358	365	361	357	354	350	4,2
4,3	346	343	339	335	332	328	324	320	316	312	4,3
4,4	308	304	300	296	292	289	285	281	277	273	4,4
4,5	269	265	260	256	252	247	243	239	234	230	4,5
4,6	225	220	215	210	205	200	195	190	185	180	4,6
4,7	175	169	163	157	150	143	135	127	119	111	4,7
4,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,8
4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,9

ANEXO E-4 (Informativo)

Crusher de fusil 4,9/3		TABLA "M"									Superficie de pistón 1cm²	
Alturas remanentes en mm	Centésimas de mm										Alturas remanentes en mm	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	
2,1	644	640	636	632	628	624	620	616	612	608	2,1	
2,2	604	601	597	593	590	586	583	579	575	572	2,2	
2,3	569	565	562	559	555	552	549	545	542	539	2,3	
2,4	535	532	530	527	524	521	518	515	512	510	2,4	
2,5	507	504	502	499	497	495	492	482	487	485	2,5	
2,6	482	480	478	475	473	471	469	466	464	461	2,6	
2,7	459	457	454	452	450	448	445	443	441	439	2,7	
2,8	437	434	432	430	428	426	424	421	419	417	2,8	
2,9	415	413	411	409	407	405	403	401	399	397	2,9	
3,0	395	393	391	389	387	385	383	381	379	377	3,0	
3,1	375	374	372	370	368	366	364	362	361	359	3,1	
3,2	357	355	353	351	349	348	346	344	342	341	3,2	
3,3	339	337	336	334	332	330	329	327	325	324	3,3	
3,4	322	320	319	317	315	314	312	310	309	307	3,4	
3,5	306	304	303	301	300	298	296	294	293	291	3,5	
3,6	290	288	287	285	283	282	280	279	277	276	3,6	
3,7	274	272	271	269	268	266	264	263	261	260	3,7	
3,8	258	257	255	253	252	250	249	247	245	244	3,8	
3,9	242	240	239	237	235	234	232	231	229	227	3,9	
4,0	226	224	222	221	219	217	216	214	212	211	4,0	
4,1	209	207	206	204	202	201	199	197	195	193	4,1	
4,2	191	190	188	186	184	182	181	179	177	175	4,2	
4,3	173	171	170	168	166	164	262	160	158	156	4,3	
4,4	154	152	150	148	146	144	142	140	138	136	4,4	
4,5	134	132	130	128	126	124	122	119	117	115	4,5	
4,6	112	110	108	105	102	100	98	95	93	90	4,6	
4,7	87	85	82	79	75	71	68	64	60	55	4,7	
4,8	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,8	
4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,9	

ANEXO F (Informativo)**Tabla de correcciones para Crushers 4,9/3****Lote:.....**

F Kg	Altura tabla M	Altura tabla taraje	Presiones Kg/cm ²														
			Pistón 7,5 cm ²			Pistón 12,0cm ²			Pistón 22,5cm ²			Pistón 50cm ²			Pistón 100cm ²		
			Tabla M	Lote considera	Correcc	Tabla M	Lote considera	Correcc	Tabla M	Lote considera	Correcc	Tabla M	Lote considera	Correcc	Tabla M	Lote considera	Correcc
100	4,65		1333			633			444			200			100		
150	4,42		2000			1250			667			300			150		
200	4,15		2674			1671			891			400			200		
250	3,85		3336			2085			1112			500			250		
300	3,54		3994			2496			1331			600			300		
350	3,24		4699			2912			1554			700			350		
500	2,53								2224			1000			500		
600	2,21								2687			1200			600		

ANEXO F-1 (Informativo)

Tabla de correcciones para Crushers 4,9/3

Lote:.....

F Kg	Altura tabla M	Altura tabla taraje	Presiones Kg/cm ²														
			Pistón 7,5 cm ²			Pistón 12,0cm ²			Pistón 22,5cm ²			Pistón 50cm ²			Pistón 100cm ²		
			Tabla M	Lote considera	Correcc	Tabla M	Lote considera	Correcc	Tabla M	Lote considera	Correcc	Tabla M	Lote considera	Correcc	Tabla M	Lote considera	Correcc
100	4,65	4,66	1333	1301	+32	633	813	+20	444	434	+10	200	195	+5	100	98	+2
150	4,42	4,44	2000	1948	+52	1250	1218	+32	667	649	+18	300	292	+8	150	146	+4
200	4,15	4,18	2674	2601	+73	1671	1626	+45	891	867	+24	400	390	+10	200	195	+5
250	3,85	3,87	3336	3293	+43	2085	2058	+27	1112	1098	+14	500	494	+6	250	247	+3
300	3,54	3,55	3994	3973	+21	2496	2483	+13	1331	1324	+7	600	596	+4	300	258	+2
350	3,24	3,24	4699	4699	0	2912	2912	0	1554	1554	0	700	700	0	350	350	0
500	2,53	2,54							2224	2214	+10	1000	1004	-4	500	497	+3
600	2,21	2,22							2687	2670	+17	1200	1200	0	600	597	+3

ANEXO G (Informativo)

Gráfico de correcciones para Crusher 4,90/3 lote 4/62 para pistón de 7,5mm²

