

---

ANALES  
DEL  
INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

---

NUEVO MÉTODO DE ENSAYE DE LA RESISTENCIA  
DE LOS METALES

POR  
RUBEN DÁVILA I.

---

En los momentos en que se piensa instalar la industria siderúrgica en el sur de nuestro territorio creo de utilidad reproducir ciertos párrafos de revistas europeas, sobre un nuevo método de ensaye de los aceros i fierros que se está abriendo paso en la práctica industrial.

Conviene, en efecto, estar preparados para poder apreciar i juzgar la calidad de los fierros i aceros que se fabricaran en el país i compararlos a los productos similares estranjeros.

El método que voi a esponer discutido i aun i que se presta a controversias en los centros científicos europeos está, sin embargo, admitido en la práctica i se le utiliza en varias usinas para darse cuenta rápidamente de la clase i resistencia por  $m/m^2$  de los fierros i aceros al carbono.

JENERALIDADES

Es indudable que en el momento actual el ensaye de traccion del fierro domina por completo los folletos de especificacion i condiciones de recepcion del fierro i acero.

Este ensaye permite determinar como se sabe, la carga de ruptura a la traccion por  $m/m$ , el alargamiento por ciento su striccion definida por la fórmula:

$$\Sigma = \frac{S-s}{S} \times 100$$

Siendo S la seccion primitiva de la muestra i s la mas pequeña seccion despues de ruptura.

Los inconvenientes del ensaye de traccion pueden resumirse como sigue. El ensaye de traccion da solo un resultado término medio. En muchos casos es útil tener mas bien un resultado local. El defecto anterior proviene jeneralmente de las dimensiones de las muestras que son de 13.8 m/m a 20 m/m de diámetro i 100 a 200 m/m de largo entre señas para poder medir el alargamiento.

Es pues, un ensayo costoso i largo; costoso por la preparacion de las muestras, la máquina que se necesita i aun el ensaye mismo. Largo por la preparacion de las muestras que sin ser delicadas necesita cierto tiempo, siendo el ensaye mismo dudoso.

Es, por último, un ensaye de interpretacion delicada, sobretodo en lo que concierne el límite de elasticidad.

Este jeneralmente se lee sobre un diagrama que describe la máquina. Se toma el punto en que los alargamientos no quedan ya proporcionales a la carga.

Este punto es mui neto para ciertos aceros para los cuales se vé en el diagrama un descanso, pero no lo es así en los demas productos metalúrgicos.

Habiendo citado los inconvenientes, es lójico preguntarse si otro método mas sencillo mas rápido i ménos costoso no podria dar los mismos resultados.

Hai que confesar, sin embargo, que el ensaye de traccion tiene en su favor una ventaja enorme i es que todos los ingenieros i ensayadores están perfectamente acostumbrados a él. Ha dado a las fábricas un lenguaje corriente que conocen perfectamente i que les presta grandes servicios. En una palabra, este método da datos que todos conocemos i aplicamos corrientemente en la práctica i que no se podrian cambiar repentinamente por otras notaciones.

¿A pesar de todo puede decirse acaso que el ensaye de traccion en el estado actual de las cosas pone en verdad a la vista todas las cualidades de un producto metalúrgico?

Colocándonos sucesivamente bajo estos dos puntos de vista, métodos susceptibles de reemplazar el ensaye de traccion i que dan siempre los mismos datos i métodos que dan otros datos que los deducidos del ensaye de traccion debemos examinar los recientes métodos que han sido objeto de mui interesantes discusiones en el último Congreso de métodos de ensaye de materiales de construccion que tuvo lugar en Bruselas en Setiembre de 1906.

Voluntariamente decimos aquí métodos que *pueden* sustituirse al ensaye de traccion i no que *deban* sustituirse a él.

Pensamos en efecto, que para la mayor parte de estos métodos debe seguirse un estudio mas completo que el que ya se ha hecho antes que puedan quedar definitivamente incluidos en los cuadernos de especificaciones i esto aun para el ensaye de la bola de Brinell que ya ha dado lugar a interesantes i numerosas memorias.

Estos métodos son: 1.º Método de la bola de Brinell, 2.º Dobladura, 3.º Agujereadura, 4.º Cizalle.

Sólo espondremos aquí el primero:

MÉTODO DE LA BOLA DE BRINELL

Fué en el Congreso de Paris de 1900 que el señor Brinell propuso su método el cual desde un principio tuvo éxito. El principio del método es el siguiente:

Una bola de un diámetro determinado se hunde en el metal estudiado bajo una presión conocida; resulta en el metal la impresión de un casquete esférico, cuya superficie se puede calcular fácilmente conocido el diámetro de la impresión en el plan superior de la muestra

$$s = 2 \pi r h$$

$$s = 2 \pi r (r - \sqrt{r^2 - r'^2})$$

Siendo R radio de la bola.

r radio de la impresión.

s superficie del casquete.

La cifra de Brinell o cifra de dureza, es dada por la fórmula

$$\Delta = \frac{P}{S}$$

siendo P la presión ejercitada sobre la bola i S la superficie del casquete esférico. En resumen la medida de la cifra de Brinell se reduce a una lectura de presión i a la determinación de un diámetro.

*Aparatos utilizados.*— Se puede dividir los aparatos para la determinación de la cifra de Brinell en dos grandes categorías:

- 1.º) Los aparatos obrando por presión o aparatos estáticos.
- 2.º) Los aparatos obrando por choque o aparatos dinámicos.

Los primeros se subdividen a su vez en aparatos de presión variable i aparatos de presión constante.

El único que posee la Universidad es el aparato de presión constante estático.

Los primeros ensayos hechos con la bola de Brinell han permitido determinar como lo veremos mas tarde la presión mas conveniente. Para el acero se ha visto que es la de 3 000 kgr.

El señor Guillery ha construido un aparato muy ingenioso basado en el principio siguiente: Se hunde la bolita en el metal mediante la presión dada por resortes Belleville; bajo una flecha determinada: este resorte interviene para limitar la presión. El aparato (fig. 1) se compone de una caja cilíndrica A atornillada sobre una tapa piso B i que soporta los resortes Belleville U i una cuña de graduación C la presión de los resortes es transmitida a la bola E mediante un soporte D. Este conjunto constituye el aparato de medida. Encima se encuentra una prensa de palanca que sirve para comprimir la

muestra sobre la bola hasta el momento en que la carga siendo suficiente el resorte se aplasta i la bola desaparece.

Esta prensa está constituida por un estribo G provisto de un tornillo de calaje Q que sirve para transmitir el esfuerzo, pero no para ejercer presión; en cuanto se produce el contacto el roce impide seguir apretando.

Una de las estremidades del estribo G está articulada a un eje escéntrico I provisto de una palanca O. La escentricidad siendo Se 1.5 m/m, resulta que por la rotacion de la palanca en 180° se baja la muestra en 1.5 m/m. Volviendo a principiar si es necesario, hasta que la bola no se hunda mas en el metal se está seguro que la impresion ha sido obtenida a una presión correspondiente a una flecha del resorte de 1.5 m/m, superior a la flecha en el reposo, es decir, bajo una presión rigurosamente constante.

Seria difícil arreglar este aparato para realizar una carga dada a priori. Se le gradua por comparacion como las máquinas de traccion. Esto se puede hacer tomando un metal de resistencia conocida i midiendo el diámetro de la impresion. El metal que puede ofrecer mas garantías de regularidad es el bronce de las monedas destinado a las medallas.

El aparato con bola de 10 m/m está arreglado de manera a dar una impresion de 7 m/m. en este metal.

*Aparatos dinámicos.*—Hai dos aparatos de estos. El uno es debido al señor Guillery i el otro al señor Brinell.

El aparato Guillery está basado sobre el mismo principio que el aparato estático ya descrito, pero la bola tiene un diámetro de 5 m/m i los resortes está calculados para resistir un peso de 740 kg.

La presión se da por un martillo de mano; hai que dar el golpe de martillo estando el aparato bien vertical de tal modo que el círculo que forma la base del aparato quede bien inscrito sobre el metal que se ensaya i esto para estar seguro que los resortes han cedido bajo el choque. Esta maniobra es delicada i se obtiene a menudo resultados erróneos (fig. 2).

El aparato al choque ideado por Brinell consiste en un tubo de acero en el cual se encuentra una masa B de 5 kg. Se puede sujetar la masa por un gancho A colocado en la parte superior del tubo. Un sistema de varillas i un boton exterior permiten soltar la masa. Cuando el tubo está vertical la masa cae libremente sobre un tope C colocado en la base del tubo i que lleva la bola de acero. La altura de caída i el peso de la masa están combinados de tal modo que en un fierro que contiene 1% de carbono dé el aparato una impresion idéntica a la que se obtendria con una carga de 3 000 kg (fig. 2).

*Medida del diámetro de la impresion.*—Cualquiera que sea el aparato utilizado, hai que medir el diámetro de la impresion en el plano de la muestra. Se puede efectuar esto de diversas maneras utilizando un microscópio de desplazamiento o por el método ideado por el señor Enrique L. Chatelier, que es ménos exacto pero lo suficiente en la práctica para medidas industriales.

El aparato consiste en una reglita de vidrio sobre la cual hai trazadas dos líneas diverjentes. Una de ellas lleva una graduacion. Se desliza la reglita sobre la muestra

hasta que las dos líneas queden tanjentes a la impresion i se lea la division correspondiente al punto de contacto.

*Interes del método de Brinell.*—Si el método de la bola de Brinell permitiera sólo determinar el número de dureza tal como lo hemos definido presentaria poco interes.

La cifra de dureza está en relacion directa con la carga de ruptura por traccion de tal modo que su determinacion, operacion en extremo sencilla, rápida i poco costosa puede sustituirse hasta cierto punto al ensayo de traccion cuyos defectos hemos señalado.

En su primera memoria Brinell declaraba que para los aceros que contenian ménos de 0,8 de carbono i recocidos se tenia

$$\frac{R}{\Delta} = 0,346$$

$R$  carga de ruptura por  $\text{mm}^2$ .

$\Delta$  cifra de dureza.

Ademas indicaba que el método de la bola permitia tambien la determinacion del límite elástico aparente; para esto se debia utilizar una bola de 5 mm de diámetro.

En el ensayo de dureza se toma jeralmente una bola de 10 mm. Se coloca la bola a 2 mm de la arista del metal i se anotaba la carga que acarrea una primera deformacion. Habia segun Brinell una relacion constante entre esta carga i el límite elástico a la traccion. En tercer lugar, el método debia permitir tambien determinar los alargamientos de traccion; para esto bastaba continuar el ensayo precedente hasta romper la arista del metal. Se media la altura del reborde i se tenia un número que estaba en relacion constante con el alargamiento a la traccion.

Este método era sólo aplicable en aceros recocidos. Hai que decirlo inmediatamente; todos los esperimentadores i el señor Brinell mismo han demostrado que las dos últimas afirmaciones eran falsas i que sólo debe subsistir la posibilidad de determinar la carga de ruptura por el método de la bola. Es bajo este punto de vista que vamos a considerarlo.

Varios puntos quedan que precisar. Primero: cuáles pueden ser la influencia de estos dos factores, diámetro de la bola i presion ejercitada.

Varias personas se han ocupado de ello, citaremos al señor Beirediks cuyos trabajos sobre aceros son conocidos. He aquí las conclusiones a que llega despues de ensayos de una precision notable.

1.º Se obtiene para un metal determinado una cifra de dureza constante multiplicando la cifra de dureza calculada segun el método de Brinell por la raiz quinta del radio de curvatura de la bola.

2.º Comparando los abacos de cifras de dureza obtenidos con fierros blandos sometidos a débiles presiones con los abacos de cifras de dureza del plomo se ha encontrado que todas las ordenadas del diagrama de uno de los metales difieren sólo en un factor constante de las ordenadas correspondientes a la misma presion en el diagrama de otro metal.

Esto permite, conociendo el grado de dureza encontrado para una presión determinada el calcular entre ciertos límites el valor de la cifra de dureza a una presión cualquiera.

Se tiene la relación

$$H_0 = H \times \frac{K + P_0}{K + P}$$

En que  $H_0$  represente la cifra de dureza correspondiente a la presión  $P_0$ ,  $H$  la cifra de dureza correspondiente a la presión  $P$ ,  $K$  una constante por lo ménos entre ciertos límites de presión. El señor Benedicks ha encontrado para  $K$  el valor 17 000 cuando la presión varía entre 500 i 4 000 kg.

El punto más importante que hai que fijar es el valor de la relación que existe entre la cifra de dureza i la carga de ruptura a la tracción por  $\text{mm}^2$ . ¿Esta relación varía acaso de un metal a otro?

Brinell habia dado como coeficiente 0,346.

Dillner propuso en el Congreso de Bruselas cuatro coeficientes distintos para los aceros recocidos.

	ESFUERZO	
	Perpendicular al laminaje	Paralelo al laminaje
Aceros cuya cifra de dureza es inferior a 175...	0.362	0.354
Aceros cuya cifra de dureza es superior a 175...	0.344	0.324

En los ensayos de Dillner la diferencia entre la carga de ruptura determinada por el método ordinario i la calculada por el intermedio de la cifra de Brinell alcanza a 3.3% para contenidos de carbono inferiores a 0.5% i 6% más o ménos para aceros más duros.

Por otro lado el señor Charpy, director de las Usinas de San Joaquin en Montluçon ha presentado hace ya varios años una memoria muy interesante sobre el mismo asunto a la sección francesa de la asociación de los métodos de ensaye. En sus conclusiones este sabio admitía un coeficiente de 0.35 para los aceros blandos i 0.336 para aceros duros siempre recocidos, la dirección del esfuerzo siendo paralela al sentido del laminaje. Se ve que estos coeficientes se separan poco de los de Dillner.

El señor Brenil, jefe de sección con el conservatorio de Artes i Oficios presentó al Congreso de Bruselas una memoria en la cual da cuenta de un gran número de experiencias hechas con el mismo objeto i declaró no haber encontrado la concordancia anunciada por Brinell entre  $\Delta$  i  $R$ . Sin embargo, agrega, hai que reconocer que la aproximación realizada es bastante notable. Esta manera de determinar la resistencia de ruptura podrá bastar para ciertos ensayos rápidos de la práctica i así en este caso de la opinión de Brinell. El señor Brenil reconoce por lo demás que la reglita de vidrio que ha utilizado, para determinar los diámetros de la impresión podía darle errores de 3 a 4%.

En fin en el Congreso de Bruselas, el señor Ast, ha dado los resultados de ensayos muy precisos, i de una concordancia notable sobre aceros recocidos cuyas cargas de ruptura varian entre 34 i 87 kgr. El coeficiente que se deduce de estos ensayos, es 0.356 muy cercano al coeficiente ya citado, a pesar del empleo de presiones muy distintas.

Ast aplicó la fórmula

$$R = \Delta \times 4.316 + 4.7$$

Como lo hace notar el señor Enrique Le Chatelier en un artículo publicado en la revista metalúrgica (Dic. 1906). «La consecuencia clara que se deduce de este conjunto de considerable de investigaciones es la siguiente. Para los aceros al carbono ordinario tomados en estado natural hai por término medio una relacion rigurosamente determinada vecina de la proporcionalidad, entre la tenacidad i la cifra de dureza.

«Las discordancias de cada experiencia individual son en la gran mayoría de los casos inferiores a las que se producen en cada uno de los métodos de ensaye tomados aisladamente.

«Si el hecho está ya comprobado para los aceros al carbono ordinarios i recocidos, lo está acaso para los productos que han sufrido tratamientos térmicos o mecánicos que les han llevado a un estado distinto, del normal? No lo pensamos, i sobre este punto estamos de acuerdo con los demas experimentadores.

«Hemos querido aplicar el procedimiento Brinell, a piezas brutas de fragua tal como productos majados, i hemos obtenido resultados muy distintos. Esto se explica facilmente, el metal está alterado superficialmente i ademas ha sufrido un temple al aire».

Si se toma la cifra de Brinell antes del recocido se obtiene una cifra muy alejada de aquella que da una determinacion semejante despues del recocido.

No hai concordancia entre la larga de ruptura i la cifra de Brinell mas que despues del recocido. Pasará lo mismo con toda muestra templada o templada i recocida, sobretudo si es de grandes dimensiones porque no es homogénea, i que el ensaye de traccion i el de Brinell no se aplican en el mismo punto.

Tambien hai que notar, que la definicion del estado en que se encuentra el metal es tan importante en el ensaye de traccion como en el de Brinell.

Creemos ademas que la aplicacion del método de Brinell a productos que han sufrido un tratamiento térmico o mecánico debe dar resultados mas interesantes que el ensaye de traccion, porque el primero es local, i permite por si mismo conocer la influencia del tratamiento en diversos puntos de la pieza. Por lo demas parece que aun sobre el acero templado, de manera a tener una homogeneidad tan grande como fusible; el coeficiente encontrado para los aceros recocidos no tiene aplicacion.

El señor Mesnager ha deducido las mismas conclusiones en un estudio que presentó en Marzo de 1907 a la seccion francesa de ensaye de materiales.

En resumen, los estudios hechos hasta ahora parecen permitir la sustitucion del ensaye de Brinell al de traccion para la determinacion de la carga de ruptura pero solo

sobre aceros i fierros al carbono recocidos i quizás tambien al estado natural. Es indudable que estudios mas precisos deben hacerse sobre los demas productos metalúrgicos, para que se pueda adelantar una conclusion cualesquiera.

Sin embargo el método de Brinell puede, fuera de cualquier otra consideracion prestar importantes servicios para examinar la homogeneidad de una pieza o de un lote de piezas i aun servir para dirigir ciertas fabricaciones; placas de blindaje o ciertos tratamientos como cementacion i temple.

Antes de concluir citaremos todavia la opinion del señor Guillery sobre este ensaye; es la siguiente:

Para que un ensaye mecánico de un metal sea bueno, debe cumplir con tres condiciones:

1.º Dar indicaciones precisas sobre el metal.

2.º Dar indicaciones numéricas indiscutibles no dejando nada a la apreciacion del experimentador.

3.º El ensayo, o mejor el conjunto de ensayes debe ser de un empleo cómodo, rápido seguro i barato.

Las dos primeras condiciones definen los métodos.

La tercera queda a la apreciacion del constructor o ensayador, es la eleccion de un método.

Los aparatos que os presento parecen cumplir con todos los deseos.

Resulta de nuestras esperiencias, que son necesarios, dos características i generalmente bastan para definir los metales corrientes, estas son:

La dureza i la fragilidad.

El límite elástico es para ciertos casos bastante interesante sobre todo en los aceros especiales.

Los aparatos que presentamos están basados:

1.º Para la resistencia sobre la penetracion de bolas sometidas a una presion constante, (procedimiento de Brinell).

2.º Para el límite elástico compresion de un sólido pulido procedimiento de M. Frémaut.

Para la fragilidad flexion por choque de barras con estalle.

Actualmente se determina ordinariamente la dureza bajo su forma de resistencia a la traccion, junto con él los cuadernos de especificaciones imponen una serie de ensayos: alargamiento, dobladura, ensayo al choque, etc., cuya variedad i número son un indicio que ninguno de ellos da indicaciones correctas, i que se les impone para ayudar al ensayador a formarse una opinion.

La dureza cifrada por el ensaye de traccion define imperfectamente esta funcion; es la razon del esfuerzo respecto a la seccion primitiva de la barra. No toma en cuenta la striccion que es la única que está en juego en el instante de la ruptura.

Se concibe perfectamente que dos metales que tienen la misma dureza darán resultados mui distintos a la traccion segun haya o no alargamiento o striccion mas o ménos acentuada.



Se sabe además que hai una diferencia notable de apreciación de la resistencia por tracción según la dimensión de las barritas de ensayo, según su forma etc.

El ensayo por impresión de la bola de acero es la verdadera característica de la dureza. Da un resultado homogéneo independiente de todas las funciones que influyen en las cifras de la resistencia por tracción.

Si, pues, se ha encontrado que existe la concordancia de estos dos métodos para los aceros y hierro al carbono, y no tanto para los aceros especiales. El error para estos últimos no proviene del ensayo de Brinell, pero sí del ensayo de tracción que define mal la dureza cuando los límites elásticos y los alargamientos no siguen la misma ley que en los aceros al carbono los cuales hicieron nacer el convencional ensayo de tracción.

Agregaré además que el procedimiento Brinell, presenta la gran ventaja de no exigir como preparación de la muestra, más que un pulido grosero de un elemento de superficie de algunos centímetros cuadrados y de poderse aplicar no a un trozo desprendido de la pieza por ensayar sino a la pieza misma, y en tantos lugares como se quiera y no inutilizando la pieza con el ensayo como sucede en la tracción.

La máquina además no puede ser más reducida de  $0.30 \times 0.40$  mts. a lo sumo y de costo insignificante comparado con el de la máquina de tracción.

Para concluir damos en los cuadros 1 y 2 el resultado de ensayos hechos sobre barras de acero y hierro belga en el Laboratorio de la Universidad.

He determinado la carga de ruptura por  $\text{mm}^2$  por medio de un ensayo de tracción y después sobre las cabezas de las barras cortadas, he aplicado el procedimiento de Brinell.

El cuadro núm. 1 da el resultado de ambas experiencias para barras de hierro belga núm. 2. Todas las muestras fueron tomadas de una misma barra. Así que el término medio de los resultados da la carga de ruptura para la barra de hierro.

En el ensayo de Brinell he calculado directamente la carga y he usado el abaco que viene en la máquina.

La diferencia de los resultados debe provenir de la fórmula usada para trazar el abaco que es distinta probablemente de la de Ast que fué la que usé para el cálculo.

En el cuadro núm. 2 están espuestos los resultados de experiencias a la tracción hechas sobre barras de distintos aceros en la Estación de los Ferrocarriles por el señor Filidor Olmedo. El ensayo Brinell fué hecho en el Laboratorio de la Universidad, sobre la cabeza de las barras como anteriormente.

RUBEN DÁVILA I.,

Jefe del Taller de Resistencia de Materiales  
de la Universidad de Chile.

CUADRO NUM. 1. — FIBRO BELGA NUM. 2

ENSAYE DE TRACCION							ENSAYE DE BRINELL								DIFERENCIAS					
NUM. DE LAS BARRAS (1)	Diámetro primitivo de la barra en milímetros (2)	Sección primitiva de barra en milímetro cuadrado (3)	Sección de stricción de la barra por milímetro cuadrado (4)	Alargamiento por ciento (5)	Resistencia a la ruptura en kgr. por milímetro cuadrado (6)	Resistencia respecto a la sección de stricción en kgr. por milímetro cuadrado (7)	Esfuerzo perpendicular al laminaje				Esfuerzo paralelo al laminaje				6-10	6-11	6-14	6-15	7-10	7-14
							Diámetro de la impresión en milímetro (8)	Cifra de dureza $\frac{P}{S}$ (9)	Resistencia en kgr. por milímetro cuadrado, dada por el abaco, etc. (10)	Resistencia en kgr. por milímetro cuadrado calculada por la fórmula de Asl. (11)	Diámetro de la impresión en milímetro (12)	Cifra de dureza $\frac{P}{S}$ (13)	Resistencia en kgr. por milímetro cuadrado, dada por el abaco. (14)	Resistencia en kgr. por milímetro cuadrado calculada por la fórmula de Asl. (15)						
1	20.03	314.94	261.39	15%	37.1	41.5	6.22	83.57	39	31.1	6.04	89.06	42.5	32.84	2.1	+6	-5.4	+4.26	+2.5	-1
2	19.96	312.74	235.59	6%	35.1	46.8	6.1	87.51	41	32.35	6.	90.76	43	33.38	-5.9	+2.75	-7.9	+1.72	+2.8	+3.8
4	19.08	313	236.49	18.5%	34.5	45.8	5.925	93.29	43.5	34.18	5.96	92.05	43.5	33.78	-9	+0.32	-9	+0.72	+2.3	+2.3
5	20.01	314.31	206.12	13.5%	30.2	46.09	5.687	102.33	47.5	37.03	5.9	93.56	44.5	34.26	7.28	-6.81	-14.32	-4.04	-1.41	+1.59
6	19.99	313	241.90	12%	35.14	45.40	5.975	91.58	43.25	33.64	5.96	92.05	43.5	33.78	-8.11	+1.5	-8.36	+1.36	+2.15	+1.9
7	20.49	326.85	232.35	16%	34.42	48.4	6.1	87.51	41.0	32.35	6.	90.76	43	33.38	-6.58	+2.07	8.58	+1.04	+7.4	+5.4
8	19.94	312.12	254.47	13%	37.4	45.9	6.012	90.31	42	33.24	6.02	90.76	42.5	33.13	-4.6	+4.16	-5.1	+4.27	+3.9	+3.4
Término medio					34.84	45.7			42.46	33.41			43.2	33.51	-7.62	+1.43	-8.44	+1.33	+3.24	+2.5

RUBEN DÁVILA I,  
Jefe del Taller de Resistencia de Materiales  
de la Universidad de Chile.

CUADRO NÚM. 2—ACEROS ESPECIALES

ENSAYE DE TRACCION			ENSAYE DE BRINELL.—ESFUERZO PERPENDICULAR AL LAMINAJE				DIFERENCIAS	
Número de las barras	Diámetro primitivo en m/m.	Carga de ruptura respecto a la sección primitiva en kgs. por m.m. <sup>2</sup> .	Diámetro de la impresión en m/m	Cifra de dureza P S	Carga de ruptura obtenida mediante el abaco de la máquina en kgs. por m.m. <sup>2</sup>	Carga de ruptura obtenida por cálculo valiéndose de la fórmula de Ast. en kgs. por m.m. <sup>2</sup>	3-6	7-8
1	2	3	4	5	6	7		
1	18.52	39.7	6.275	82.37	38.5	30.73	+1.2	+ 9.03
2	18.02	39.5	5.75	99.75	47	36.2	-7.5	+ 3.3
3	19.10	39.8	5.95	92.62	43.5	33.97	-3.7	+ 5.97
4	19	38.6	6.025	90.04	42	33.15	+3.4	+ 5.55
S <sub>1</sub>	18.48	41.5	6.275	82.37	38.5	30.73	-3	+10.85
S	18.48	41.5	6.35	80.07	37.5	30.00	-4	+11.5

RUBEN DÁVILA I.

Jefe del Taller de Resistencia de Materiales de la Universidad de Chile.

# NUEVO MÉTODO DE ENSAYE DE METALES

**R. DÁVILA I.**

